

Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

**DOTTORATO DI RICERCA
IN ARCHITETTURA
E CULTURE DEL PROGETTO**

Ciclo XXXIII

Settore Concorsuale:

08/C1 - DESIGN E PROGETTAZIONE TECNOLOGICA DELL'ARCHITETTURA

Settore Scientifico Disciplinare:

ICAR/13 DISEGNO INDUSTRIALE

**SVILUPPO DI PROCESSI DI COMUNICAZIONE APTICI
TRA UOMO E MACCHINA**

Presentata da: **Giorgio Dall'Osso**

Coordinatrice Dottorato

Prof.ssa Annalisa Trentin

Supervisore

Prof. Flaviano Celaschi

Co-Supervisore

Prof. Michele Zannoni

Esame finale anno 2021

*Questa ricerca deve molto al contributo di tante persone
che mi hanno accolto, sostenuto, suggerito e protetto.*

Laura prima di tutto, Andrea e Anita.

Flaviano Celaschi e Michele Zannoni che ringrazio per la guida.

Luca, Laura, Alberto e Ludovica per rendere le fatiche un momento condiviso.



SOMMARIO

ABSTRACT	9
-----------------	---

Contestualizzazione

IL CONTESTO PROBLEMatico

Introduzione	11
Obiettivo della ricerca	13
Contenuti	13
Metodo	15
Risultati attesi	15

Stato dell'arte

PROGETTARE CON IL CORPO

Metafora e teoria embodiment	17
Linguaggio	18
Memoria	20
Percezione	21
Attenzione e contesto	22

CORPO E TECNOLOGIA, LE PROTESI DIGITALI

Interfacce tra corpo e dato	27
Corpo e tecnologia digitale	28
Modificare il corpo dall'interno o dall'esterno	28
Modificare gli oggetti e la realtà intorno al corpo, le trasformazioni	29
Modificare i linguaggi con cui comunichiamo con noi stessi e con gli altri	30
Wearable	36
Biofeedback	40
Aptica generale	41
Aptica e Linguaggi	43
Cambio di forma – trasformazione	46
Aptica e apprendimento	47
Emozioni e aptica	48

TERRITORIO E PIEDE TECNOLOGICO

Progetti di finanziamento e gruppi di lavoro attivati	53
Sperimentazione didattica	56
Corridoi e brief progettuali piede/tecnologia	57
Fatto con i piedi, seminario di ricerca	62

Conclusioni del seminario	66
Esiti sperimentazione didattica	67

IL PIEDE COME PIATTAFORMA ESPLORATIVA PER UNA TECNOLOGIA INTEGRATA

Il piede parte del corpo	73
Calzatura, strumento comunicativo e tecnologico	75
La tecnologia digitale e il piede, stato dell'arte	77
Aptica applicata al piede	82
Aptica nel piede e temperatura	84
Aptica nel piede e posizione	85
Aptica nel piede e vibrazione	92
Vibrazione puntuale	92
Vibrazione, simulazione del movimento e forme	94
Vibrazione fono-aptica	95
Aree di applicazione della vibrazione nel piede	95
Aptica nel piede e pressione	96

IL RITMO

Il ritmo, reticolo strutturale linguistico	100
Il ritmo e il corpo	103
Trascinamento e Sincronia	105
Ritmo e aptica	106
Il ritmo nel piede	107
Il Ritmo e il contesto	109

Contributo originale

RITMO PODOTATTILE	111
Ritmo Podotattile, affordance dello spazio	112
Ritmo Podotattile, tre capacità	113
Ritmo Podotattile, alternanza omotipica	113

SPERIMENTAZIONE DEL RITMO PODOTATTILE

Metodologia della sperimentazione	117
Le tre capacità del ritmo podotattile	117
Capacità di Provocazione	120
Capacità di Narrazione	121
Capacità conferimento di consapevolezza	122
Elaborazione delle Ritmiche Podotattili	123
Prototipo n.1	124
Analisi dei dati prototipo n.1	127
Conclusioni test prototipo n.1	129
Prototipo n.2	129

Componenti per la raccolta dei dati	132
Descrizione dei test e risultati attesi	133
Analisi dati dei test sul prototipo n.2	139
Conclusioni test prototipo n.2	148
<hr/>	
CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI	
Conclusioni	159
Sviluppi futuri	161
<hr/>	
INDICE IMMAGINI	165
<hr/>	
REFERENCES	169
<hr/>	
APPENDICI	
Casi studio corpo / tecnologia	181
Casi studio piede / tecnologia	231

ABSTRACT

La ricerca si focalizza sul rapporto tra tecnologie abilitanti e corpo umano. La miniaturizzazione delle tecnologie, unita alla loro maggiore diffusione negli ambienti, porta ad interrogarsi sull'efficacia dell'integrazione di esse con corpo e attività ad esso connesse.

Il contesto problematico della ricerca riguarda i dispositivi indossabili e il progetto di soluzioni destinate a risolvere inediti bisogni o potenziare i sensi umani.

La letteratura scientifica e i casi studio circoscrivono il piede come efficace piattaforma per la sperimentazione di interfacce aptiche di comunicazione uomo/macchina, atte a connettere il corpo con informazioni referenziate all'ambiente.

Il piede, elemento motorio duplice e simmetrico, ha un'elevata qualità percettiva ed è morfologicamente adeguato all'applicazione di tecnologie emergenti. La posizione di soglia, tra spazio e corpo, consente la raccolta di stimoli da entrambe le aree.

La bibliografia evidenzia quanto la pressione, rispetto alla vibrazione, sia preferibile nella comunicazione aptica in quanto componente naturale dei linguaggi relazionali del corpo.

Dall'analisi multidisciplinare emerge infine l'opportunità di sviluppo del ritmo come componente strutturale dei messaggi. I legami relazionali tra ritmo, corpo e comportamenti umani sono evidenti in molteplici meccanismi: *trascinamento ritmico*, *mimesi ritmica*, *sincronia*.

La messa in relazione di piede, pressione e ritmo diventa *affordance* dello spazio, capace di suggerire, enfatizzare o attivare determinati comportamenti. L'unione di questi elementi è qui definita *Ritmica Podotattile* ed esplicitata nella tesi della descrizione delle sue caratteristiche, dalla circoscrizione di campi e azioni applicative e dalla raccolta dati sui test effettuati con i prototipi costruiti.

Le analisi quantitative e qualitative dei dati di lettura del movimento e delle emozioni dimostrano quanto l'utilizzo di un linguaggio ritmico aptico nel piede esprima elevate potenzialità di integrazione con il corpo nel rispetto del comfort e dell'equilibrio attentivo nei flussi di azione preesistenti.

I risultati aprono riflessioni su nuove applicazioni progettuali nel campo museale, lavorativo e urbano.

IL CONTESTO PROBLEMATICO

INTRODUZIONE

Il corpo, meravigliosa macchina biologica, si regge su equilibri di sistemi intrecciati e comunicanti. Le connessioni tra un sistema e l'altro sono continue, per questo motivo, quando una parte del corpo subisce un trauma, le ripercussioni spesso invadono o si manifestano in altre parti del corpo. Un esempio tra gli altri è il modello tensegritivo (Flemons, 2007, 2012) del sistema muscolo/scheletrico che descrive la connessione di ogni elemento del sistema in una fitta e coesa rete di tensioni e compressioni.

Il corpo non vive in equilibrio unicamente con ciò che riempie il suo volume biologico ma anche con i contesti in cui è immerso, che indaga percettivamente e con cui si relaziona socialmente.

Nel dialogo tra corpo e spazio il progettista interviene e trova da sempre l'ambito principale della sua azione creativa. Spazio e corpo, divisi dal limite corporale della pelle (Blumer, 2009), sono riuniti all'interno del campo di studio della percezione dove la definizione del limite è sfumata. Ciò che l'uomo percepisce in ogni momento è una personale ricreazione e ricostruzione del mondo (Merleau-Ponty, 1945, p. 283); la realtà del singolo uomo è essenzialmente un dialogo continuo tra corpo e spazio. Le qualità presenti nello spazio, colori, forme, profumi, si lasciano “riconoscere da un tipo di comportamento che cerca di coglierle nella sua essenza: ecco perché, non appena il mio corpo adotta l'atteggiamento del blu, io ottengo una quasi-presenza del blu.” (Merleau-Ponty, 1945, p. 288)

L'aspetto motorio del corpo e quello percettivo sono vasi comunicanti, le sensazioni portano con sé un naturale *accompagnamento motorio*. Merleau-Ponty, in riferimento al rapporto tra spazio e corpo afferma

“così il sensibile ha non solo un significato motorio e vitale, ma non è altro che un certo modo di essere al mondo che ci viene proposto da un punto dello spazio e che il nostro corpo, se ne è capace, riprende e assume: la sensazione è alla lettera una comunione.” (p. 288):

L'importanza del movimento del corpo nell'esperienza umana è la base delle teorie *embodiment* che legano esso direttamente alle emozioni, al pensiero e al linguaggio.

Il pensiero si sviluppa attraverso processi neurali uguali a quelli motori, come spiega la teoria dei *neuroni specchio*: osservare un movimento compiuto da un soggetto qualunque attiva la stessa classe di neuroni messi in gioco per compiere il movimento stesso.

Il linguaggio umano trova nel corpo un'efficace chiave metaforica su cui incerniere un'alta quantità di espressioni; il gesto, movimento consapevole o inconsapevole, accompagna e sostiene parallelamente lo sviluppo del complesso sistema multimodale linguistico degli adulti (Campisi, 2018, p. 90); il linguaggio progettuale architettonico lega le più efficaci metafore compositive a simboli che hanno una ripercussione sui sensi (Mallgrave, 2015, p. 73). “Gli oggetti in tutte le loro fasi ci disegnano, ci creano, ci fanno essere” (Blumer, 2016, p. 285).

L'uomo non interviene tuttavia unicamente fuori dal sé, primariamente egli fa uso del proprio corpo per agire nel mondo, è il corpo la materia prima del progetto che gli consente di intervenire sulla realtà. Egli adatta e modifica la propria corazza (Celaschi, 2017, p. 29) per entrare in relazioni rinnovate con gli spazi che ha attorno. L'uomo modifica sé stesso per entrare in relazione con la realtà, la quale, ricreata, modifica essa stessa l'uomo.

Tesaurizzare i linguaggi espressivi, le tecnologie e i comportamenti in cui l'uomo attua la modificazione di sé (Celaschi, 2017, p. 36) e della realtà significa comprendere appieno le relazioni tra le parti nel rispetto di un'omeostasi precaria, pronta a rinnovarsi pur di mantenersi.

Come l'uomo contemporaneo modella la propria corazza è centro della riflessione di questa tesi che focalizza l'attenzione sui modi in cui il corpo dialoga con le recenti tecnologie abilitanti.

In un orizzonte temporale, che in parte è già quello odierno, in cui il corpo diventa *cyborg* attraverso il densificarsi di interventi tecnologici (Maldonado, 1997, p. 139) intra ed extra-dermici, come potrà essere conservato un equilibrio tra i fattori?

Un corpo tecnologico capace di produrre ininterrottamente informazioni digitali (Celaschi & Casoni, 2020, p. 49) deve trovare modalità di trasduzione degli stessi che lo abilitino a vivere in equilibrio l'*agorà overground* (Zannoni, 2018, p. 38) densa di dati digitali georeferenziati in cui si trova immerso.

La continua negoziazione tra possibilità tecnologiche e ripensamento delle azioni umane identifica il nuovo orizzonte dell'*interaction design* verso la ricerca dell'equilibrio inteso come benessere psico-fisico. Questo equilibrio non è più unicamente misurabile con strumenti qualitativi, infatti, lo sviluppo delle tecniche di *machine learning* legate all'analisi delle immagini e la lettura sempre più precisa di parametri corporei come variabilità della frequenza cardiaca e conduttanza cutanea,

rendono possibile analizzare quantitativamente le emozioni che i progetti generano sui loro destinatari (De Luca, 2016).

OBIETTIVO DELLA RICERCA

Addentrando nei campi tematici che circoscrivono il rapporto tra il corpo dell'uomo e i dispositivi che egli produce e porta con sé, la ricerca mira ad individuare traiettorie progettuali focalizzate al benessere.

Il tema del benessere è qui inteso come equilibrio tra il corpo e le componenti tecnologiche che ad esso vengono sommate per scopi ricreativi, lavorativi, rappresentativi, comunicativi, etc. L'equilibrio tra corpo e tecnologia, in cui la componente tecnica è rappresentata dalle tecnologie abilitanti, è qui intesa come raggiungimento di un dialogo efficace e non prevaricante tra l'uomo e i dati digitali fruiti durante le attività che esso vive.

Un ulteriore scopo dell'indagine, iscritto nell'obiettivo generale di omeostasi, è la raccolta di dati e l'osservazione fenomenologica di soggetti che attraversano uno spazio caratterizzato da stimoli ritmici indotti all'interno dell'area plantare attraverso attuatori aptici. L'approfondimento sperimentale, destinato alla raccolta di dati descrittivi gli effetti della stimolazione aptica sui comportamenti, farà da supporto alla proposta della *ritmica podotattile* come elemento equilibratore all'interno degli scenari in cui entra in gioco il rapporto tra corpo e dato digitale.

CONTENUTI

I contenuti disciplinari in cui la ricerca si addentra sono trattati dal punto di vista del design, cioè focalizzando l'attenzione sulle ricadute dell'utilizzo della tecnologia sull'uomo. In particolare, è di interesse approfondire la ricaduta sui comportamenti fisici e comunicativi al fine di trarre linee guida meta-progettuali e progettuali.

I molteplici ambiti richiamati nella ricerca presentano una predominanza nel campo dell'informatica applicata ai dispositivi indossabili. Altri contenuti afferiscono all'area della psicologia, delle neuroscienze e delle arti. I contenuti estratti da queste discipline hanno come linea comune le riflessioni sul tema del ritmo e sui rapporti che esso genera con il corpo.

La ricerca è strutturata in tre parti articolate: una fotografia del contesto nel quale la riflessione si inserisce precede un'analisi dello stato dell'arte delle tecnologie abilitanti e del rapporto che esse hanno con il corpo umano. A seguire sono presentati i contributi originali della ricerca, le fasi di sperimentazione, verifica e analisi dei dati.

Il primo capitolo definisce il campo problematico a cui la tesi fa riferimento. Vengono quindi descritti i contenuti della ricerca, il metodo e i risultati attesi da essa.

Il secondo capitolo, riferendosi in particolare all'approccio *person center design*, inquadra le molteplici sfaccettature in cui si articola il rapporto tra corpo e tecnologie abilitanti. Vengono approfonditi diversi focus su cui i progetti di design debbono rivolgere l'attenzione per porsi in relazione con il corpo: linguaggi, teoria *embodiment*, rapporto tra memoria e movimento, metafore, attenzione.

Il terzo capitolo, attingendo alle definizioni di Tomás Maldonado in "Critica della ragione informatica" (1997) e dai successivi sviluppi di Michele Zannoni in "Progetto e Interazione" (2018) approfondisce il tema delle protesi digitali, cioè di quei dispositivi, in particolare nel campo merceologico del *wearable*, che entrano in stretta connessione con il corpo a differenti livelli qualitativi. In relazione a questi dispositivi viene approfondito l'attuale stato degli input aptici sul corpo.

Nel quarto capitolo si da conto dei contatti attivati nel corso del dottorato, con particolare riferimento alle aziende che hanno mostrato interesse verso il campo della ricerca attraverso la scrittura coordinata di progetti di ricerca finanziata e l'attivazione di collaborazioni con la didattica nei corsi nella magistrale di Advanced Design dell'Università di Bologna. Il capitolo è chiuso dalla sintesi del seminario "Fatto coi piedi. Tecnologie e Design per l'innovazione nelle calzature" organizzato sui temi in oggetto.

Il quinto capitolo discute i motivi per cui il piede risulta essere un luogo privilegiato per la sperimentazione nel campo dei *wearable* avanzati. L'analisi avviene su più livelli: anatomico, percettivo e semantico. Oltre al piede come parte del corpo si inseriscono nella riflessione spunti culturali e tecnici con cui l'uomo ha trattato il piede e i dispositivi ad esso legati.

Il sesto capitolo chiude la parte dello stato dell'arte addentrando nella tematica del ritmo, sia come componente strutturale di molteplici linguaggi naturali dall'uomo riconosciuti sia come elemento attivo nei rapporti percettivi tra l'uomo e il contesto in cui vive.

Il contributo originale della tesi viene introdotto dal settimo capitolo in cui si discute l'utilizzo di linguaggi aptici basati sulla ritmica applicati al piede al fine di condizionare determinate azioni umane nel corso della deambulazione. Nel capitolo vengono evidenziati le opportunità e le potenzialità di tale applicazione e si definiscono differenti scenari applicativi.

L'ottavo capitolo riporta le fasi di progettazione dei prototipi di studio e le analisi dei dati rilevati durante le verifiche sul campo. Seguono le conclusioni della ricerca e una riflessione sugli sviluppi futuri.

Corredano la tesi due appendici in cui sono raccolti i casi studio sul rapporto tra uomo e tecnologia e su quello specifico tra piede e tecnologia abilitante.

METODO

La ricerca ha avuto due cardini di sviluppo: un approfondimento teorico volto a scandagliare trasversalmente molteplici discipline indaganti il rapporto tra corpo e tecnologia e la strutturazione di un repository di casi studio applicativi o di ricerca volti a verificare ipotesi teoriche attraverso prototipi e progetti. Il metodo scientifico con cui è stata condotta la ricerca ha utilizzato, soprattutto in fase di formulazione dell'apparato teorico, processi euristici.

Le analisi svolte hanno fatto emergere aree progettuali e teoriche di potenziale approfondimento sul tema delle interfacce uomo/macchina. Le comuni tematiche tra le attuali linee di ricerca nel campo della tecnologia applicata al corpo e l'interesse di realtà produttive del territorio verso possibili fronti di innovazione rispetto all'area merceologica della calzatura, hanno permesso di affrontare una seconda parte di lavoro, direzionata all'ideazione di scenari applicativi, prototipi di verifica e analisi dei dati.

Gli scenari applicativi sono formulati con l'obiettivo di abbracciare molteplici sviluppi futuri sia dal punto di vista delle funzionalità sia dei contesti scelti.

I prototipi sviluppati hanno avuto obiettivi differenti: in primo luogo si è voluto valutare l'interesse dei tester rispetto alle caratteristiche rese evidenti dalle fasi della ricerca; è stato quindi necessario verificare, attraverso dati oggettivi, gli effetti di uno stimolo ritmico erogato sul piede nei comportamenti e nelle dinamiche del corpo.

Per quanto riguarda il primo prototipo è stato proposto ai tester un questionario post- erogazione dell'impulso ritmico; sul secondo prototipo sono stati raccolti e messi a confronto dati molteplici, qualitativi e quantitativi, raccolti durante i test valutativi.

RISULTATI ATTESI

La ricerca ha l'obiettivo di generare strumenti per l'utilizzo progettuale di stimoli aptici che mettano in comunicazione il corpo in movimento nello spazio con i dati digitali a quello spazio referenziati.

Il processo di definizione di questi strumenti di indirizzo sarà supportato dalla verifica attraverso modelli e prototipi di studio volti a raccogliere osservazioni fenomenologiche sui comportamenti del corpo che si muove nello spazio quando il piede è sottoposto ad uno stimolo aptico ritmico temporalmente prolungato.

PROGETTARE CON IL CORPO

La contemporanea proliferazione di informazioni digitali determina uno scenario in cui difficilmente qualcosa riesce a sedimentarsi nella memoria delle esperienze. Nel turbinio di dati in entrata e uscita nelle interazioni con gli oggetti la progettazione dei flussi ottimali dell'informazione non è sufficiente a determinare un equilibrio tra corpo e tecnologia. È necessario quindi caratterizzare i flussi con momenti di pausa, distacco, riflessione, capaci di dare senso alle informazioni ricevute (Bagnara & Pozzi, 2014, p. 54). Partendo da questa lettura Sebastiano Bagnara e Simone Pozzi propongono una rimodulazione del concetto di *user center design* in *person center design*, dimensione progettuale in cui l'esperienza si densifica non attraverso la rappresentazione quantitativa dei dati ma con l'inserimento di umani momenti di riflessione e serendipità.

L'approccio *person center design* è caratterizzato da una lettura del progetto dell'interazione che considera la macchina autonoma a servizio del corpo e dell'esperienza diversamente da un orizzonte in cui le funzionalità umane si assoggettino alle esigenze della macchina.

Progettare in questa direzione vuole dire conoscere il corpo umano nelle sue caratteristiche biologiche e nelle esigenze cognitive. Per delineare un'azione progettuale efficace tra corpo e tecnologia è opportuno approfondire le tematiche dell'*embodiment*, delle metafore, della costruzione dei linguaggi, della memoria, della percezione, dell'attenzione. In questo modo sarà possibile progettare non per il corpo ma con il corpo.

METAFORA E TEORIA EMBODIMENT

La metafora è quella figura retorica attraverso la quale due soggetti, afferenti a realtà differenti, vengono associati alla base di un sentito identico¹. La metafora appartiene sia ai processi linguistici sia a quelli cognitivi ed esprime in numerosi casi la stretta relazione che questi hanno con il movimento del corpo (Mallgrave, 2015).

Il linguaggio, trasversalmente ai vari idiomi, è composto di un elevato numero di espressioni metaforiche che fanno riferimento diretto al corpo umano (Lakoff & Johnson, 2004) (es. mi *alzo* la mattina, mi *trascino* sul divano). Spesso le metafore più efficaci sembrano essere quelle che si riferiscono al mondo fisico con il quale l'uomo nutre un rapporto conoscitivo attraverso l'esperienza del corpo. Tra i principali meccanismi messi in campo per comprendere la realtà in cui viviamo il

¹ Cfr. metafora, voce in Vocabolario Treccani, www.treccani.it/enciclopedia/metafora/

cervello utilizza la metafora per classificare e creare modelli di interpretazione.

I rapporti che le metafore esplicitano nel linguaggio sconfinano quindi il livello dello stesso e agiscono a livello profondo nella percezione della realtà.

Le teorie *embodiment* e quelle sui *neuroni specchio* affermano come lo schema neuronale collegato al pensiero di una determinata azione corrisponda a quello per realizzare l'azione stessa. Quando il pensiero e il linguaggio fanno utilizzo dello strumento della metafora il corpo mette in campo lo schema neurale di una azione corporea sovrapponendolo ad un concetto astratto.

Nel linguaggio alcune metafore diventano di uso comune e si tramandano nelle generazioni, queste sono spesso rintracciabili nei *detti* o *modi di dire*. Gli elementi del linguaggio che utilizzano l'azione del corpo come narrazione della realtà risultano quindi di particolare interesse per le discipline del progetto. L'attenzione del progettista dovrà certamente fare conseguire una contestualizzazione socio-culturale in quanto componente influenzante il rapporto corpo / linguaggio / percezione.

LINGUAGGIO

Le teorie *embodiment* evidenziano in maniera esplicita lo stretto rapporto di interconnessione tra movimento e linguaggio. Tra i movimenti che il corpo esercita ce ne sono alcuni che sono vettori linguistici silenziosi, i gesti. Le ricerche che affrontano questo ambito sono riconosciute in ambito internazionale con il nome di *Gesture Studies* e si pongono in una prospettiva di forte interesse per il progetto dell'interazione.

La gestualità entra in azione nel linguaggio umano attraverso azioni sia comunicative sia interattive (Campisi, 2018, p. 65) diventando supporto per contenuti semantici più o meno articolati e permettendo un forte relazione tra l'interlocutore e il contesto.

Inoltre la gestualità ha profonde connessioni con i meccanismi della memoria, le ipotesi del *recupero lessicale* indicano la maggiore facilità del processo di recupero di un termine se nel contempo interviene una gesticolazione (Campisi, 2018, p. 51). Le evidenze della ricerca documentano inoltre un aumento delle capacità di apprendimento quando l'insegnante accompagna l'azione oratoria con la gesticolazione (Campisi, 2018, p. 69).

Il gesto è quindi una componente essenziale della connessione interattiva tra il mittente e il ricevitore e testimone dello stretto rapporto tra il movimento del corpo e i linguaggi.

La complessità del linguaggio che si può instaurare è tuttavia molto più ampia e sostegno di un possibile intervento sperimentale è essenziale la categorizzazione

introdotta da Jakobson (2002) in merito alle differenti componenti di un messaggio.

L'autore evidenzia quanto, nel momento della trasmissione tra due individui, il corpo del mittente sia esso stesso un veicolo per una narrazione semantica che coinvolge tutta l'interezza dell'individuo (*funzione emotiva*) e il destinatario, nell'atto di interpretare il contenuto del dialogo, possa percepire un'ampia gamma degli elementi extralinguistici del messaggio (*funzione conativa*).

Tra questi due apici della comunicazione si interpongono quattro funzioni che caratterizzano il messaggio stesso: la *funzione referenziale*, descrivente il contesto reale a cui il messaggio fa riferimento; la *funzione poetica*, descrivente l'organizzazione del linguaggio e la sua struttura; la *funzione fàtica*, descrivente i sistemi che consentono di mantenere acceso il contatto; la *funzione metalinguistica*, descrivente gli elementi orientati alla definizione del codice di messaggio.

**COSA CONTIENE
UN MESSAGGIO**
Jakobson Roman

MITTENTE
FUNZIONE EMOTIVA
Atteggiamento
del mittente
rispetto a ciò
che ci sta attorno



CONTESTO

FUNZIONE REFERENZIALE
Rapporto tra messaggio e mondo,
il messaggio parla di qualche cosa.

MESSAGGIO

FUNZIONE POETICA
Organizzazione del linguaggio,
com'è realizzato e strutturato.

CANALE O CONTATTO

FUNZIONE FÀTICA
Impegno a garantire il contatto
(es: "Pronto?" al telefono)

CODICE

FUNZIONE METALINGUISTICA
Elementi nel messaggio orientati
a definire il codice stesso.
Chiarimenti su termini,
parole, grammatica.



DESTINATARIO

FUNZIONE CONATIVA
Tendenza del messaggio
ad avere sul destinatario
effetti extralinguistici.
(ordini, consigli, preghiere,
suppliche, etc.)

Figura 1
Saggi di linguistica generale, (Jakobson, 2002)

MEMORIA

Una delle sfide progettuali di chi affronta il rapporto tra tecnologie abilitanti e corpo è raggiungere una complementarità tra i dispositivi e le azioni umane; questo al fine di aiutare l'uomo a raggiungere un più alto livello di benessere (Norman, 2008). Una delle integrazioni a cui il progettista deve porre maggiore attenzione intervenendo sul corpo è quella che lega il dato digitale con la memoria dell'esperienza.

La memoria umana sedimenta il ricordo di immagini, sensazioni, emozioni e movimenti del corpo. Il rapporto tra queste aree della memoria è interconnesso a livello profondo legando tra sé campi come movimento ed emozione. La *memoria corporea* è una risultate delle esperienze motorie passate che il corpo ha eseguito e che la percezione ha appreso dai movimenti altrui; ad essa vengono legate qualità: un movimento leggero, ad esempio, evoca un ricordo positivo rispetto ad uno forte (Koch et al., 2014).

Il rapporto tra movimento e memoria non è solo qualitativo ma anche migliorativo: un atleta che pratica quotidianamente l'esercizio della danza dimostrerà una capacità mnemonica migliore rispetto ad un non professionista se gli verrà chiesto di ripetere una sequenza di movimenti coreutici (Nicoletti & Borghi, 2007). La medesima connessione è ben rappresentata nell'abilità di alcuni artigiani (Sennet, 2009) la cui destrezza manuale è conseguenza del rapporto stretto tra il movimento del corpo e le esperienze memorizzate.

Il rapporto tra memoria e movimento è suggestivo e apre fronti progettuali ibridi tra reale e digitale. Un esempio che mostra come movimento, percezione e memoria possano interagire è illustrato nelle sperimentazioni su esercizi coreutici tenutesi presso l'università Cotè d'Azur di Nizza (Giomi, 2017): ad alcune studentesse è stato chiesto di produrre una gestualità con il corpo che rappresentasse l'esperienza di esplorazione tattile che precedentemente avevano effettuato su oggetti. In seguito è stato applicato sul corpo delle ragazze un dispositivo *motion capture* legante i movimenti nello spazio a specifici suoni ed è stato chiesto loro di ripetere l'esplorazione tattile e l'ideazione del movimento descrittivo l'esperienza. Il risultato della sperimentazione ha mostrato quanto il movimento conseguente alla percezione mediata dalla tecnologia digitale risentisse delle informazioni uditive aggiunte. La sperimentazione evidenzia quanto la sovrapposizione tra dato digitale ed esperienza reale crei inevitabilmente conseguenze sulla percezione e la memoria degli eventi.

Le possibilità di intervento delle tecnologie abilitanti con la memoria non si limitano al rapporto con la percezione e il movimento ma aprono fronti inesplorati con il tempo passato personale², in cui l'uomo inserisce dentro di sé un memoria

I casi studio riportati nelle note a fondo pagina sono visualizzabili all'interno delle due appendici fornite con la ricerca.

Nella nota sono riportati il riferimento all'appendice, corpo o piede, il numero e il nome del caso studio.

² Caso studio Corpo n.01, "Time Capsule"

digitale, e comunitario (Formia & Zannoni, 2018) in cui le persone condividono uno spazio reale denso di dati geo-referenziati.

PERCEZIONE

Il dialogo tra tecnologie abilitanti e corpo umano mette inevitabilmente in campo molteplici riflessioni sulle possibili conseguenze percettive.

Le ricerche sulla percezione sono ampie e indagate da discipline come la fisiologia e la psicologia. Alcuni concetti, estratti da “Fenomenologia della percezione” scritto da Maurice Merleau-Ponty nel 1945 sono chiarificatori rispetto la profonda connessione che lega la percezione al comportamento.

Per Merleau-Ponty la percezione è ri-creazione o ri-costituzione del mondo in ogni momento (Merleau-Ponty, 2019, p.283); essa attinge da qualità sensibili del mondo e attraverso la loro messa in relazione porta alla presa di coscienza della propria realtà. Il corpo non è trasmettitore di messaggi ma parte creatrice dell'esperienza percettiva.

La percezione è un processo di comunione (Merleau-Ponty, 2019, p.289) tra il corpo e lo spazio; questa connessione profonda genera ripercussioni sul movimento e i comportamenti. Merleau-Ponty descrive l'*accompagnamento motorio* delle sensazioni, cioè quel processo attraverso il quale le qualità della realtà determinano *movimenti nascenti* affermando una relazione diretta tra l'aspetto percettivo e l'aspetto motorio. Un esempio esplicativo è il *significato motorio* dei colori per cui ad una qualità cromatica percepita corrisponde una risposta motoria del corpo. L'esperienza spaziale, il comportamento motorio umano, è quindi strettamente legato a vista, tatto, odorato e udito (Maldonado, 1997, p.162).

La modifica intenzionale o meno del corpo e l'apporto di tecnologia su di esso cambia il rapporto tra corpo e spazio e ha ricadute sulla percezione e sulle azioni dei soggetti (Maldonado, 1997, p.159; Giomi, 2017).

I confini della percezione corporea sono labili come dimostra il meccanismo del *tatto per procura* (Buiatti, 2014) cioè le qualità tattili rilevate non dalla pelle della mano ma dalla punta della matita che diventata protesi aggiunta al volume umano. La tecnologia digitale può espandere ancora di più il confine del corpo, connettendolo verso realtà digitali astratte o sovrapposte al reale come la *cyborg* Moon Ribas³ che accoglie nei propri piedi vibratori che si attivano in relazione ai dati dei terremoti del mondo raccolti in tempo reale.

La percezione è infine un fenomeno dinamico, che si adatta costantemente alle mutate condizioni e all'esperienza stratificata. Una dimostrazione di questo è la scelta di strumenti sempre più precisi a mano a mano che si diventa esperti nella pratica sportiva. (Nicoletti & Borghi, 2007, p.222).

³ Caso studio Pie-de n.44, “Senso sismico”

ATTENZIONE E CONTESTO

L'uomo ha la capacità di compiere molteplici azioni contemporaneamente dividendo tra esse la propria capacità cognitiva. Esiste un limite nelle risorse utilizzabili e l'esecuzione in contemporanea di più compiti può provocare fenomeni di interferenza (Nicoletti & Borghi, 2007, p.230) che causano fenomeni di decadimento qualitativo della prestazione.

I compiti possono richiedere un totale, parziale o nullo utilizzo delle risorse cognitive, quest'ultimo caso avviene quando essi sono automatizzati. Il carico cognitivo dedicato ad un compito tende a variare in base a parametri come larghezza di banda dell'informazione, carico di memoria richiesto e livello di abilità dell'operatore che esegue il compito (Wickens, 2002). La gestione delle risorse cognitive è un campo della ricerca che indaga il modo attraverso il quale l'attenzione si distribuisce e si orienta in relazione alle azioni e a tempi e spazi in cui esse avvengono.

Il corpo umano ha a disposizione un totale di risorse cognitive limitato che occupa per elaborare le informazioni. La *teoria delle risorse multiple* (Wickens, 2002) indaga il modo in cui l'elaborazione delle informazioni si divide in più parti. La teoria indica la facilità che il corpo ha di elaborare due flussi di informazioni simultanei quando essi transitano attraverso canali sensoriali differenti.

Se il compito primario occupa risorse cognitive legate alle informazioni rilevate dalla vista è possibile creare minori interferenze utilizzando un codice di informazione legato ad un senso come udito o tatto.

La teoria apre una riflessione specifica sulle notifiche che i dispositivi digitali inviano al corpo collegandolo a persone o spazi remoti o segnalando informazioni digitali in realtà aumentata. L'interrogativo a cui queste ricerche tentano di rispondere è se sia possibile progettare notifiche e informazioni che non distolgano l'attenzione degli utenti dai compiti che stanno eseguendo. Risposte a questa domanda avvengono in due modi: il primo utilizza l'elaborazione in tempo reale di dati molteplici per comprendere le situazioni in cui l'uomo è immerso e modulare le informazioni in entrata; la seconda studiando tipologie di notifiche innovative e le ripercussioni delle stesse sulla percezione e le risorse cognitive.

Al fine di preservare le risorse cognitive dedicate al compito primario è stato indagato come gerarchizzare le informazioni sui livelli che compongono l'attenzione: disattenzione, attenzione divisa e attenzione focalizzata. Nella disattenzione gli stimoli non vengono avvertiti ma possono influenzare i comportamenti, nell'attenzione divisa e in quella focalizzata l'informazione è letta consapevolmente.

In base a questi livelli di attenzione sono stati proposti livelli di notifica corrispondenti (Matthews et al., 2004): da ignorare (informazione da non comunicare),

cambiare alla cieca (disattenzione), rendere consapevoli (attenzione divisa), interrompere e richiedere un'azione (attenzione focalizzata), transizione verso una notifica.

Per il campo del progetto appare promettente volgere lo sguardo sulle tecnologie che attuano le notifiche sul corpo e sui linguaggi tra le parti in gioco. Tra i vari canali il tatto si candida ad essere il senso adibito a molteplici tipologie di notifiche; questo senso è infatti spesso sottoutilizzato in molti contesti e in accordo con la *teoria delle risorse multiple* potrebbe consentire l'entrata di informazioni senza interferire negativamente su altri compiti. In questa direzione indagano recenti ricerche (Löffler et al., 2019) le quali confermano le capacità del tatto, stimolato da *feedback* di tipo vibratorio o pressoreo, di integrarsi con le azioni primarie in una modalità che si potrebbe definire umile. Le stesse ricerche affermano parallelamente l'importanza delle caratteristiche del contesto di intervento sulla percezione stessa delle informazioni che si manifestano sul corpo.

Dalle sperimentazioni rilevate nella bibliografia emerge un'indicazione importante circa l'efficacia di una tipologia di notifiche legate alla metafora del tempo: l'aumento della pressione direttamente proporzionale all'avvicinamento temporale di un evento a cui riporre l'attenzione, è percepito in maniera positiva senza che avvenga una rottura delle risorse cognitive destinate all'attività prevalente. Le notifiche inoltre risultano efficaci per direzionare l'attenzione anche quando sono legate allo spazio; un esempio è l'utilizzo, all'interno di automobili, di tasche gonfiabili applicate al volante capaci di segnalare un punto dello spazio esterno all'auto su cui riporre l'attenzione (Enriquez et al., 2001).

Rispetto le notifiche tattili sono stati indagati (Baumann et al., 2010) meccanismi meno invadenti che potessero trasmettere agli utenti sensazioni gradevoli capaci di attirare l'attenzione con maggiore o minore urgenza. Per trovare sensazioni leggibili con il minimo sforzo cognitivo la ricerca prende spunto dalla capacità dei gesti umani di attirare su di sé l'attenzione variando velocità, forza, durata e posizione. I risultati mostrano un'interessante relazione tra la forma d'onda dello stimolo erogato e le sensazioni percepite (Cfr. Cap. Emozioni e aptica).

Sono state successivamente esplorate alcune possibilità di *feedback* del corpo attraverso stimoli vibrazionali in modo da definire delle linee guida per il loro utilizzo (Karuei et al., 2011). Rispetto al posizionamento degli attuatori sul corpo i test di Karuei e colleghi evidenziano quanto la velocità di risposta del tatto sia simile su tutto il corpo mentre la qualità della percezione vari nettamente in base alla capacità percettiva e all'estensione dell'area. Il movimento del corpo viene rilevato come fattore discriminante la qualità della percezione così come un alto tasso di impegno visivo. Infine, è stato rilevato che le interfacce a siti multipli portino l'utente ricevitore del messaggio ad una sensazione di stupore mentre quelle a singolo punto

mostrano una percentuale di lettura dello stimolo erogato più alta.

Un campo della ricerca che ha fatto suo il focus del rapporto informazione e ambiente è quello aperto da Karon E. MacLean, l'*ambient information display* (2009). Secondo l'autrice il sollievo, in ambienti caratterizzati da sovraccarichi di attenzione, può avvenire attraverso interfacce che forniscano informazioni mettendosi sullo sfondo dei processi sensoriali e cognitivi in atto. I computer, infatti, mostrano spesso difficoltà nel riconoscere il momento giusto in cui interrompere un'azione e nel preparare il cervello ad una intrusione informativa, per questo motivo si manifestano frequentemente interruzioni fastidiose, sovraccarichi di informazioni e stress. Molte delle informazioni rilevanti ma non urgenti dovrebbero essere collocate in un'attenzione periferica in modo da non distrarre ed entrare con gentilezza nel campo percettivo nel momento adeguato. Nello stessa direzione si parla di *interazione naturale* (Norman, 2008) quando ci si riferisce all'esempio dei *feedback* rilasciati da un bollitore che lentamente si modificano raccontandoci il processo di riscaldamento dell'acqua ma senza gridare in continuazione un allarme di attenzione.

Spesso i computer tralasciano informazioni di sottofondo concentrandosi sulle urgenze; un esempio è il settore *automotive* con ricerche concentrate al manifestare un pericolo imminente piuttosto che informare lo stato mediocre del fondo stradale (MacLean, 2009, p.125). Inoltre i computer spesso non valutano il tema delle transizioni da un compito all'altro e non considerano modi interlacciati di lavorare. L'autrice fa quindi alcune osservazioni riguardo le naturali caratteristiche degli ambienti:

- “Gli ambienti forniscono le informazioni riguardanti le situazioni intorno per monitorare le situazioni in modo automatico e quindi cognitivamente a basso impatto;
- Nell'ambiente si manifestano normalmente dei cambiamenti rilevanti e in quei casi non è solamente un parametro informativo a variare (es. quando un predatore entra in un prato in cui prima si avvertiva un insieme di rumori improvvisamente oltre al suono generato dal suo movimento si avverte anche un silenzio improvviso del contesto che lo accoglie);
- L'ambiente è legato ai cambiamenti automatici;
- L'ambiente ci mette a conoscenza delle informazioni per via graduale;
- L'ambiente influisce sui processi inconsci umani.”

Progetti di *ambient information display* sono le icone uditive applicate agli ambienti desktop destinate a rafforzare e accompagnare azioni digitali (es. carta accartocciata quando si elimina un oggetto, il suono di notifica dell'arrivo di una mail, etc.). Un altro esempio è il prototipo della maniglia “Aladdin” (MacClean & Roderick, 1999) capace di inviare un *feedback* termico a chi la impugna relazionato all'affolla-

mento maggiore o minore della stanza alla quale si sta accedendo.

Le interfacce ambientali hanno l'obiettivo di informare ed eventualmente persuadere verso un cambiamento senza che ci sia una effettiva costrizione similmente alla strategia descritta col nome di "Nudge, spinta gentile" (Thaler & Sunstein, 2020). Questa strategia interviene sull'irrazionalità umana inserendo nei piccoli contesti delle scelte quotidiane dei pungoli capaci di orientare automaticamente il comportamento verso qualcosa di predefinito ma non obbligatorio.

Maclean individua tre tipologie di *ambient information display*: individuali, condivisi e pubblici. I display individuali sono quelli che mettono in relazione l'uomo con l'esterno (es. volante dell'auto che mette in comunicazione con l'esterno dell'auto segnalando automezzi), i condivisi sono quelli che relazionano l'uomo con un altro utente o oggetto e si differenziano da quelli pubblici in quanto i primi sono riservati a determinati utenti mentre i secondi hanno un accesso aperto.

Nell'*ambient information display* vengono indicati molteplici fronti della ricerca (MacLean, 2009, p.131):

- Sviluppo della tipologia di *feedback* aptico verso obiettivi di naturalezza, inevitabilità e tempestività;
- Sviluppo di sistemi di comunicazione *senza sforzo*;
- Sviluppo di comunicazioni capaci di facilitare un assorbimento di informazioni a basso sforzo;
- Controllo dell'ampiezza dei contenuti e loro filtraggio;
- Sviluppo di sistemi che permettano alle informazioni di mettersi in mostra solamente quando necessario.

CORPO E TECNOLOGIA, LE PROTESI DIGITALI

INTERFACCE TRA CORPO E DATO

L'orizzonte del progettista di interfacce per il corpo umano vede un elemento chiave alla base del design del futuro: la molteplicità e quindi l'ecosistema digitale (Bagnara & Pozzi, 2016, pp. 216-219). Questo elemento contraddistingue l'attuale fase tecnologica di una parte del mondo occidentale in cui le interfacce cominciano ad essere distribuite su una moltitudine di oggetti capaci di dialogare tra di loro con scambio di informazioni. Per generare un miglioramento progressivo dei dispositivi progettati vanno gestite dunque sia le domande a cui questa moltitudine di oggetti devono dare risposta sia le modalità in cui le risposte vengono date. Bagnara e Pozzi suggeriscono due temi importanti per l'interaction designer di oggi: la comprensione del corpo come strumento di interazione e la comprensione dell'ambiente come ecosistema digitale.

La prima di queste due tematiche trova le radici in una strutturata riflessione sul rapporto tra il corpo e gli oggetti ad esso interfacciati, aggrappati e a volte incorporati: le protesi.

In "Critica della ragione informatica" Tomás Maldonado categorizza gli artefatti che si interfacciano con l'uomo attraverso quattro categorie: *protesi motorie* (che aumentano le capacità di forza e movimento), *protesi sensorio-percettive* (che sostituiscono o aumentano la capacità dei canali sensoriali), *protesi intellettive* (capaci di immagazzinare dati) e *protesi sincretiche* (aggregazione funzionale delle precedenti) (Maldonado, 1997). Gli oggetti che l'autore ricollega al tema delle protesi sono unicamente quelli vincolati meccanicamente al corpo, ad esempio il linguaggio e la scrittura sono da lui comprese nelle *protesi intellettive*.

Successivamente Zannoni riprende il tema delle protesi specificando la differenza tra protesi migliorative e protesi sostitutive, destinate a migliorare una parte o funzione del corpo o addirittura sostituirla. Al fine di questo approfondimento risulta di particolare rilevanza le ultime categorie che l'autore introduce: le *protesi passive* e le *protesi interattive* (Zannoni, 2018, p. 82). Le prime sono quelle capaci di rapportarsi in modo diretto con la realtà restituendo una lettura ritenuta nella norma; le seconde prevedono un controllo da parte dell'utente che le usa.

L'elencazione di queste categorie aiuta a definire gli obiettivi e le modalità di applicazione della tecnologia al corpo.

La presenza sempre maggiore di protesi interattive prevede il fatto che la comunicazione tra corpo e oggetto avvenga in modo efficace, in modo tale da arricchire le nostre vite non aumentando lo stress (Norman, 2008, p. 132). Norman mette come punto di partenza per progettare in questa direzione l'osservazione dei sistemi in quiete.

La quiete, a differenza del silenzio, può essere caratterizzata da informazioni, esse però entrano in relazione con lo spazio senza richiamare un'attenzione immediata e totalizzante da parte dell'uomo. La quiete si compone di linguaggi naturali, che l'uomo riesce ad interpretare nel loro divenire come l'esempio del bollitore che muta il suono emesso a mano a mano che aumenta la temperatura dell'acqua. La quiete dunque rappresenta bene una comunicazione continua ma non intrusiva, caratteristica fondamentale di sistemi digitali che caratterizzeranno la nostra realtà.

Sempre Norman traccia una direzione utile a definire l'orizzonte della tecnologia in dialogo con il corpo: le *affordance* come forma di comunicazione (Norman, 2008, pp. 63-65). Esse sono per Norman elementi di dialogo tra uomo e oggetti o spazi; esse sono capaci di guidare l'interazione senza coercizione.

Nell'attuale stato della tecnologia è dirimente pensare ad attuazioni progettuali che, ponendosi come medium tra corpo e dato, diventino capaci di guidare l'uomo nel vivere una realtà densa di dati aumentando la qualità dell'esperienza.

CORPO E TECNOLOGIA DIGITALE

Per analizzare i modi in cui corpo e tecnologia digitale entrano in relazione sono stati raccolti alcuni casi studio da differenti ambiti. La raccolta ha l'obiettivo di scandagliare le caratteristiche di questo rapporto con particolare attenzione ai comportamenti attivati, ai linguaggi utilizzati e alle tecnologie abilitanti coinvolte (Celaschi, 2017, p.36). Le caratteristiche sono state indagate trasversalmente attraverso tre macro-categorie seguenti:

MODIFICARE IL CORPO DALL'INTERNO O DALL'ESTERNO

In questo gruppo sono stati raccolti i casi studio che intervengono con tecnologia digitale all'interno del corpo o sulla superficie di esso. Gli interventi in questo gruppo, reversibili o non reversibili, sono in genere fortemente legati al corpo e non removibili. I casi studio indagano diverse tematiche attingendo dall'arte e dai movimenti biohacker che tentano applicazioni volte ad attuare una realtà *cyborg* dell'uomo. I compiti che la tecnologia in questi casi collabora a risolvere sono:

- raccogliere una memoria dentro il proprio corpo (Caso studio Corpo n.01)⁴;
- collegare ad un pubblico allargato il proprio corpo e la propria percezione (Caso studio Corpo n.02);

⁴ I casi studio sono visualizzabili all'interno delle Appendici in coda al documento.

- creare percezioni sinestetiche (Caso studio Corpo n.03);
- portare dati dentro il proprio corpo (Caso studio Corpo n.04);
- sentire informazioni tattili dentro il proprio corpo (Caso studio Corpo n.05)
- identificare il nord magnetico attraverso la gestualità (Caso studio Corpo n.05_2)
- rilevare dati del proprio corpo (Caso studio Corpo n.05_3);
- controllare oggetti a distanza (Caso studio Corpo n.06);
- esporre su di sé un messaggio udibile tramite mediazione tecnologica (Caso studio Corpo n.07);
- esporre su di sé attuatori e controller digitali (Caso studio Corpo n.08);

modificare stati emotivi attraverso il *trascinamento ritmico* aptico (Caso studio Corpo n.46).

MODIFICARE GLI OGGETTI E LA REALTÀ INTORNO AL CORPO, LE TRASFORMAZIONI

In questo gruppo sono raccolti i casi studio di oggetti che si ancorano al corpo umano e sono removibili. Questa raccolta prevede sia oggetti derivati dalla grande categoria merceologica del *wearable* sia oggetti derivati dal campo dell'arte; essa poi si focalizza su quegli interventi che apportano una trasformazione formale o percettiva di sé stessi o del corpo dell'utente. I casi studio presentati mostrano queste funzioni:

- permettere di sperimentare esperienze poli-sensoriali da fermi o in movimento (Casi studio Corpo n.09 e n.10);
- entrare in contatto con gli oggetti attraverso sensazioni nuove (Caso studio Corpo n.11);
- attuare azioni per portare beneficio quando se ne presenta la necessità (Caso studio Corpo n.12);
- fornire indicazioni nelle azioni del corpo (Caso studio Corpo n.13);
- sostenere un'azione umana (Caso studio Corpo n.14);
- proteggere il corpo (Casi studio Corpo n.15 e n.16);
- lasciare una traccia digitale artistica nello spazio (Caso studio Corpo n.17);
- attivare contenuti tangibili nell'aria (Caso studio Corpo n.18);
- trasformare contenuti digitali in contenuti tangibili (Casi studio Corpo n.19 e n.20);
- modificare le tensioni e le proprietà del tessuto in modo dinamico rispetto alle attività svolte (Casi studio Corpo n.43 e n.44).

MODIFICARE I LINGUAGGI CON CUI COMUNICHIAMO CON NOI STESSI E CON GLI ALTRI

In questo gruppo sono raccolti i casi studio in cui l'intervento progettuale ha un obiettivo prettamente comunicativo. Nella comunicazione con noi stessi sono elencati alcuni esempi di raccolta di dati legati al corpo che vengono elaborati e presentati all'utente in modo che possa:

- comprendere e monitorare il proprio corpo attraverso linguaggi visuali dei dati (Casi studio Corpo n.21, n.22, n.24 e n.27);
- comprendere e monitorare il corpo altrui attraverso linguaggi visuali dei dati (Caso studio Corpo n.32);
- gestire la comunicazione tra il proprio corpo e i dispositivi digitali che trasportano e che spesso
- richiedono troppo frequentemente l'attenzione (Caso studio Corpo n.23);
- comprendere un proprio comportamento e attuare una modifica immediata attraverso linguaggi mediati da oggetti (Casi studio Corpo n.26 e n.28);
- comprendere la realtà convertendo informazioni da un senso all'altro: da visive a tattili (Casi studio Corpo n.25 e n.30), da propriocettive a visive (Caso studio Corpo n.29), da uditive a tattili (Caso studio Corpo n.45);
- comunicare utilizzando linguaggi aptici in entrata e/o in uscita (Casi studio Corpo n.38 e n.41);
- comunicare con gli oggetti trasportati attraverso linguaggi derivati dalla gestualità (Caso studio Corpo n.45);
- comunicare con gli oggetti intorno a noi attraverso linguaggi derivati dalla gestualità (Casi studio Corpo n.37, n.39, n.40);
- comunicare agli altri le proprie intenzioni o comportamenti amplificando i nostri segnali corporei (Caso studio Corpo n.33);
- comunicare attraverso il tatto con per persone a distanza (Caso studio Corpo n.34);
- comunicare con gli altri riducendo i volumi della tecnologia all'estremo (Caso studio Corpo n.35);
- comunicare con gli altri mediando tra linguaggi eterogenei (Caso studio Corpo n.36);
- interpretare e monitorare i linguaggi del corpo di un animale (Caso studio Corpo n.42).

La prevalenza dei casi studio raccolti si relazionano con le tecnologie di elaborazione del dato digitale. La diffusione sempre più ampia e la maturazione delle tecnologie abilitanti stanno fornendo strumenti per aumentare la quantità di progetti che agiscono direttamente sul corpo e la sua relazione con gli ambienti circostanti.

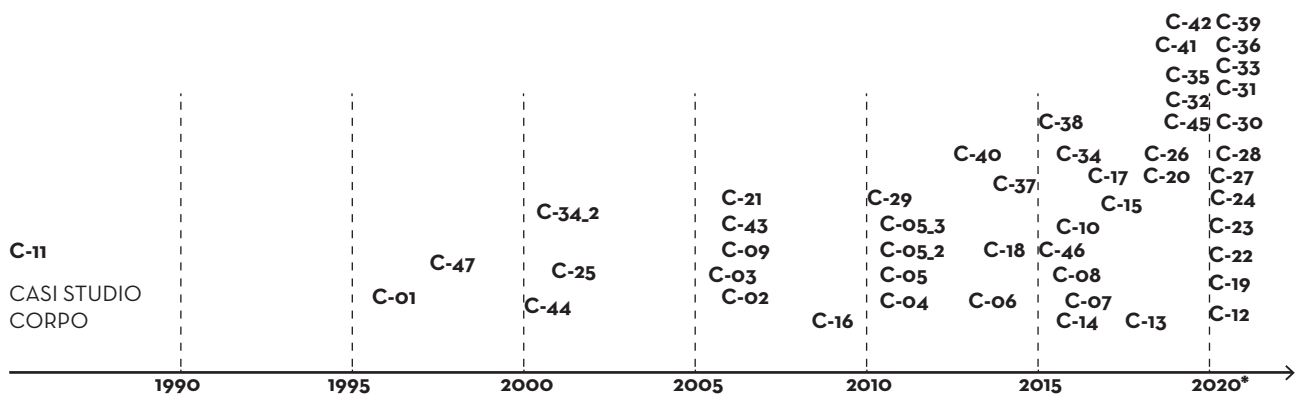


Figura 2

Distribuzione temporale dei casi studio su Corpo/Tecnologia. Alla data 2020 fanno riferimento sia i progetti presentati in questo anno sia quelli di cui non si trovano informazioni ma sono attivi.

La raccolta dei casi studio sulla relazione corpo e tecnologia ha l'obiettivo di scandagliare modalità attraverso le quali le componenti si intersecano diventando strumenti di relazione.

Le relazioni evidenziate dai casi studio avvengono tra sé stessi, tra sé stessi e gli altri e tra sé stessi e i contesti. La tecnologia è coinvolta come mediatrice delle relazioni attraverso la generazione, l'elaborazione e la presentazione dei dati al corpo. I dati appartenenti al passato sono quelli registrati dalla realtà o progettati, quelli del presente sono quelli generati dalla realtà ed elaborati in tempo reale, quelli del futuro sono dati del presente che, attraverso l'intelligenza artificiale, tentano di prevedere una realtà prossima. La tecnologia è applicata al corpo entrando *dentro* la superficie della pelle (es. *cyborg*), aggrappandosi *sul* corpo (es. *wearable*), relazionandosi con esso da *fuori*, a partire da oggetti o dal contesto.

I tre grafici seguenti mostrano come le relazioni si svolgono attraverso il mezzo della tecnologia applicata al corpo.

Nel primo grafico si leggono i casi studio che hanno la caratteristica di raccogliere dati dal proprio corpo e di elaborare e mostrare gli stessi unicamente alla persona

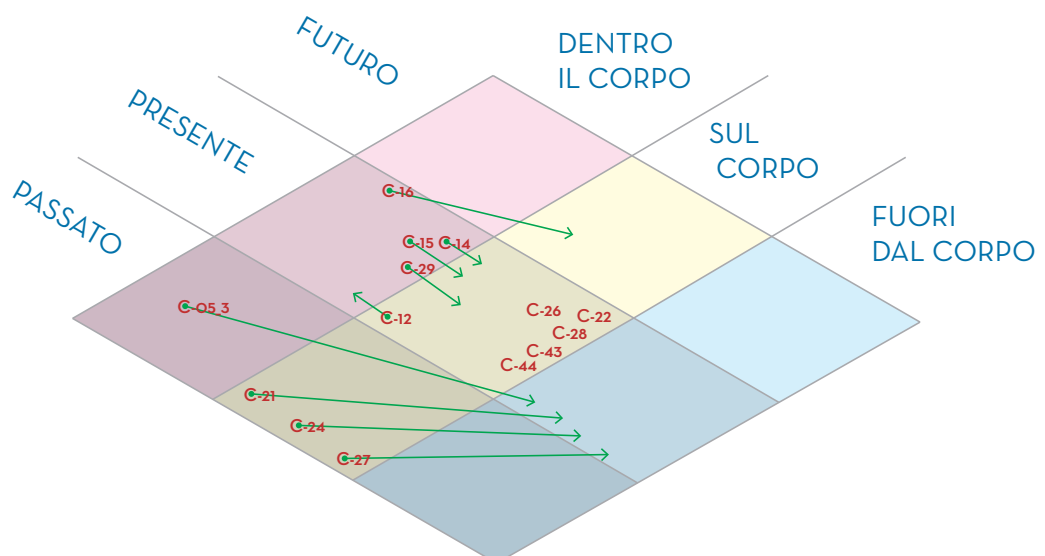


Figura 3
Relazione tra il sé e il sé

che li ha generati.

I dati del passato riguardano dati relativi a sé stessi che vengono mostrati successivamente per comprendere un proprio comportamento o una propria prestazione. Questi casi studio afferiscono alla tematica progettuale del *quantified self*.

Diversamente dai dati trasportati nel presente dal passato, i casi studio che utilizzano dati raccolti ed elaborati in *real-time* hanno l'obiettivo di stimolare dei cambiamenti nell'uomo senza che ci sia una vera presa di consapevolezza di sé stessi. Stessa cosa per il caso studio "Wearable proteggi caduta"⁵ che, come gli airbag all'interno delle tute Dainese, elabora dati in tempo reale per predire una situazione di pericolo in cui intervenire.

Il secondo grafico mostra i casi studio che intervengono sulla relazione tra sé stessi e gli altri. Quando il dato parte dal corpo i casi studio raccolti raccontano che principalmente esso viene mostrato nel contesto in cui l'altro è immerso; unica eccezione è il dispositivo "Dbglove"⁶ di dialogo per sordomuti basato sul codice Malossi che permette di dialogare agendo e comprendendo informazioni sulla nostra pelle. I dati utilizzati per queste relazioni sono in *real-time* quando avvengono tra due

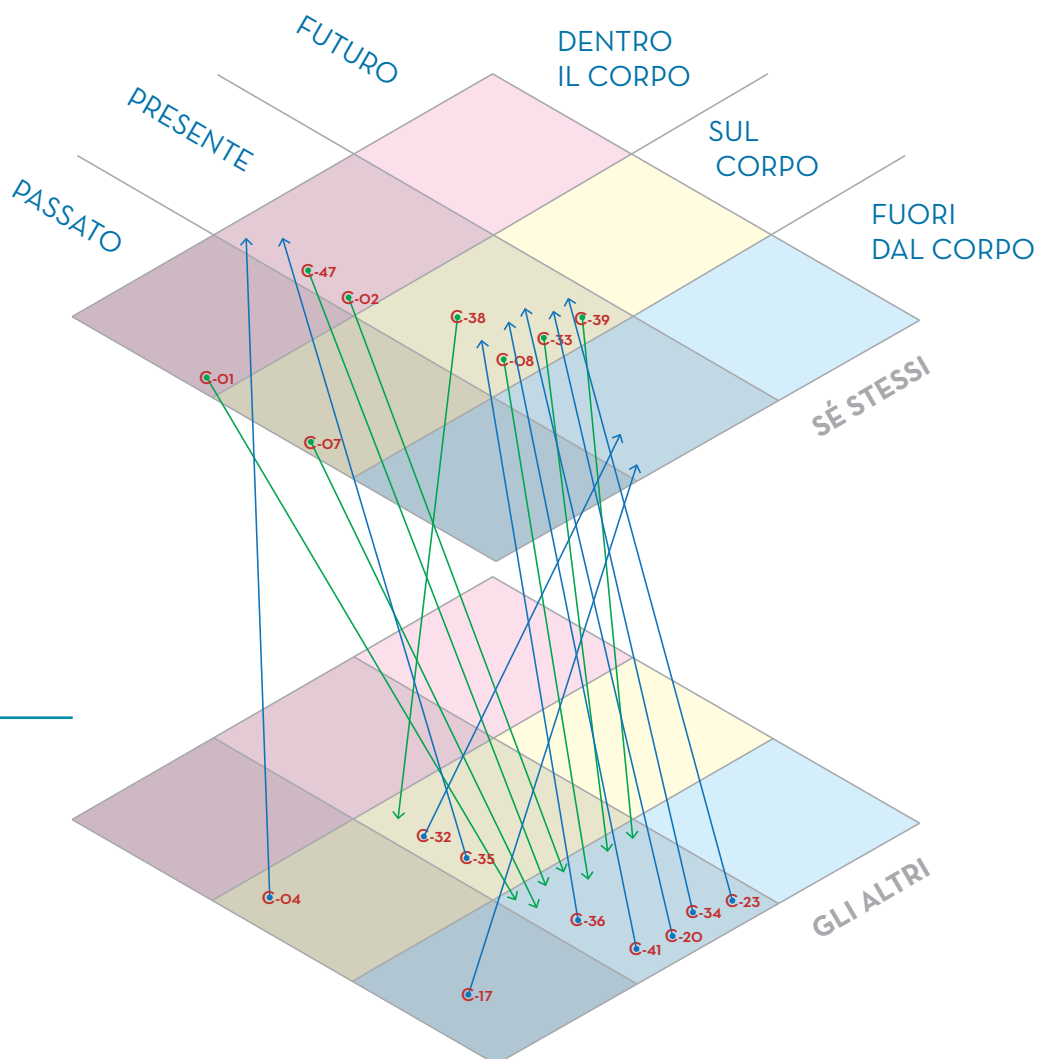


Figura 4
Relazione tra gli
altri e il sé

⁵ Caso studio
Corpo n.16

⁶ Caso studio
Corpo n.38

utenti o dal passato al presente quando si interpone un progetto del dato. Leggermente più eterogenee sono le modalità in cui i dati prodotti da altri si manifestano sul corpo; in questa area la principale modalità riguarda dati *real-time* emessi dall'altro che vengono elaborati e poi trasmessi sul corpo attraverso dispositivi *wearable*.

In questa area i dati legati del passato si mostrano come dati registrati e fruiti nel presente, come gli auricolari incorporati nel lobo dell'orecchio⁷, o dati a cui è possibile accedere tramite strumenti a noi vicini tramite realtà aumentata (come nel caso studio "Norman AR"⁸).

Le relazioni più complesse tra i casi studio raccolti sono quelle che collegano i contesti e gli oggetti al corpo del soggetto.

Partendo dal sé i casi studio mostrano tutti l'attitudine a comandare a distanza oggetti reali o virtuali. Il soggetto invece utilizza i dati del contesto in modi differenti. I dati del passato sono utilizzati per caratterizzare uno spazio o aumentare la portata di messaggi veicolati normalmente tramite altri sensi. Stessa cosa viene fatta con i dati raccolti in *real-time* dal contesto.

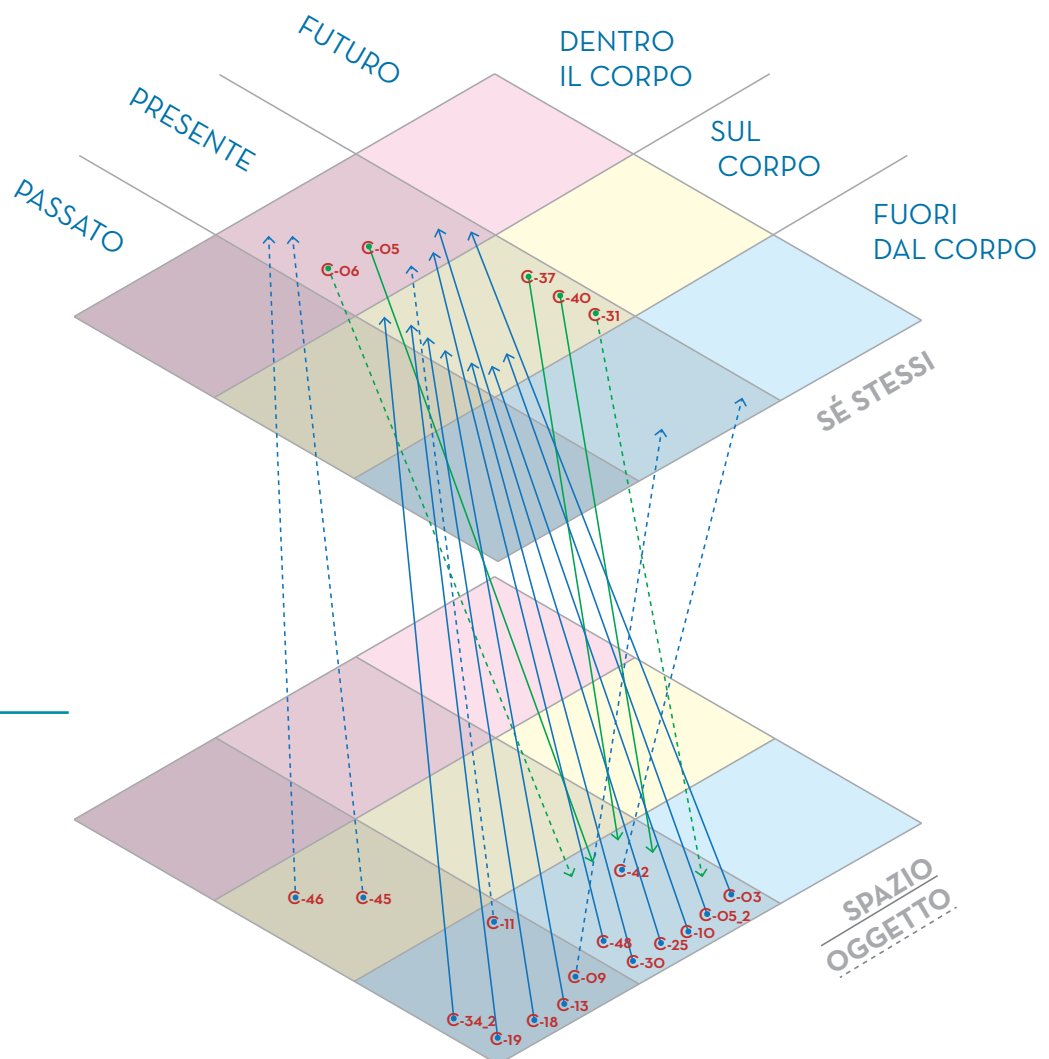


Figura 5
Relazione tra il
contesto e il sé

⁷ Caso studio
Corpo n.04

⁸ Caso studio
Corpo n.17

Trasversalmente alla lettura di questi grafici è importante indagare i fenomeni volontari e involontari nella raccolta del dato e consapevoli e inconsapevoli nella comunicazione dello stesso.

Nella raccolta dati si attua la volontarietà quando il dato è immesso attraverso un'interfaccia specifica, l'involontarietà è invece conseguente a tutti quei dati che vengono raccolti dai sensori senza che venga richiesto un intervento specifico da parte dell'utente, se non l'accensione del dispositivo.

In comunicazione la consapevolezza è l'inconsapevolezza sono legate ai comportamenti generati dai dati inviati all'utente. Comportamenti consapevoli sono ad esempio la scelta di seguire stili di vita più sani consigliati dai dispositivi o le scelte effettuate in seguito all'accesso ad informazioni digitali aggiunte alla realtà (AR); comportamenti involontari sono generati ad esempio dal caso studio "Doppel"⁹ dove viene utilizzato il principio del *trascinamento ritmico* al fine di infondere calma nel soggetto ricevente lo stimolo.

Nel grafico che segue il paragrafo sono stati distribuiti sugli assi cartesiani i casi studio raccolti in cui si agisce sulla comunicazione dato/corpo. L'asse delle ascisse rappresenta il carico attentivo richiesto all'utente dal dispositivo durante l'erogazione dei *feedback*, l'asse delle ordinate descrive l'aumento della complessità del linguaggio utilizzato. L'asse delle ordinate è scandito da cinque step descrittivi i linguaggi a cui si fa riferimento:

- *Alert*: vibrazioni puntuali, suonerie del telefono, rumori degli oggetti (Norman, 2008). che ci avvertono di un qualcosa che sta avvenendo o che è avvenuto. Alcuni di questi *alerts* sono specificatamente associati ad un significato, altri semplicemente attestano il fatto che sia successo qualcosa e in base all'intensità dello stimolo ricevuto l'utente decide se distogliere o meno l'attenzione da ciò che sta facendo.
- Segnali emozionali o spaziali: elementi percettivi simili agli *alerts* che fanno riferimento ad una specifica collocazione spaziale o emozione. In questo caso all'utente è richiesto un minimo sforzo attentivo che lo ricollega allo spazio attraversato o all'emozione letta.
- Gestii e ritmi: oggetti che richiedono un'attenzione specifica durante una fase di apprendimento ma che successivamente vedono il carico attentivo calare. In questi dispositivi sono compresi i dispositivi. Tra i casi studio raccolti si trovano oggetti che utilizzano gesti semplici per poter comunicare con gli oggetti o *feedback* che comunicano proprietà specifiche dell'oggetto tramite variazione di frequenza, velocità e intensità degli stimoli.
- Immagini e musica: linguaggi a cui l'utente può dedicare una maggiore o minore quantità di attenzione in base al proprio allenamento o alle caratteristiche stesse degli elementi.
- Alfabeti: linguaggi ad alta densità di contenuto a cui l'utente deve dedicare un carico attenzione molto alto.

Nel grafico si può notare una notevole concentrazione di elementi in altro a destra; questi casi studio hanno la comune caratteristica di mostrare attraverso interfacce visuali elaborazioni di grandi moli di dati. All'estremità opposta, in basso a sinistra, si trovano quei dispositivi che si limitano ad avvertire l'utente di un problema generico attraverso un allarme o che automaticamente rispondono a una esigenza mutata dal contesto.

Una minore presenza di casi studio si attesta nella zona intermedia dove le risorse attentive richieste all'utente sono minime e il linguaggio è a bassa portata significativa (segnali emozionali, spaziali, ritmo, gesti). In questa posizione gli interventi progettuali risultano complessi in quanto la certezza del raggiungimento dello stimolo erogato dipende dall'esperienza che si ha con lo stimolo stesso.

Quest'area di intervento presenta un elevato potenziale conseguente la semplicità dei linguaggi utilizzati e la forte relazione spaziali il contesto (caratteristica comune ai casi studio). Ambiti e situazioni in cui queste tipologie di dispositivi possano riferirsi sono molteplici e hanno la comune caratteristica di intervenire durante azioni quotidiane apportando informazioni di contesto e senza richiedere una totale diminuzione dell'attenzione dall'azione principale che l'utente sta svolgendo.

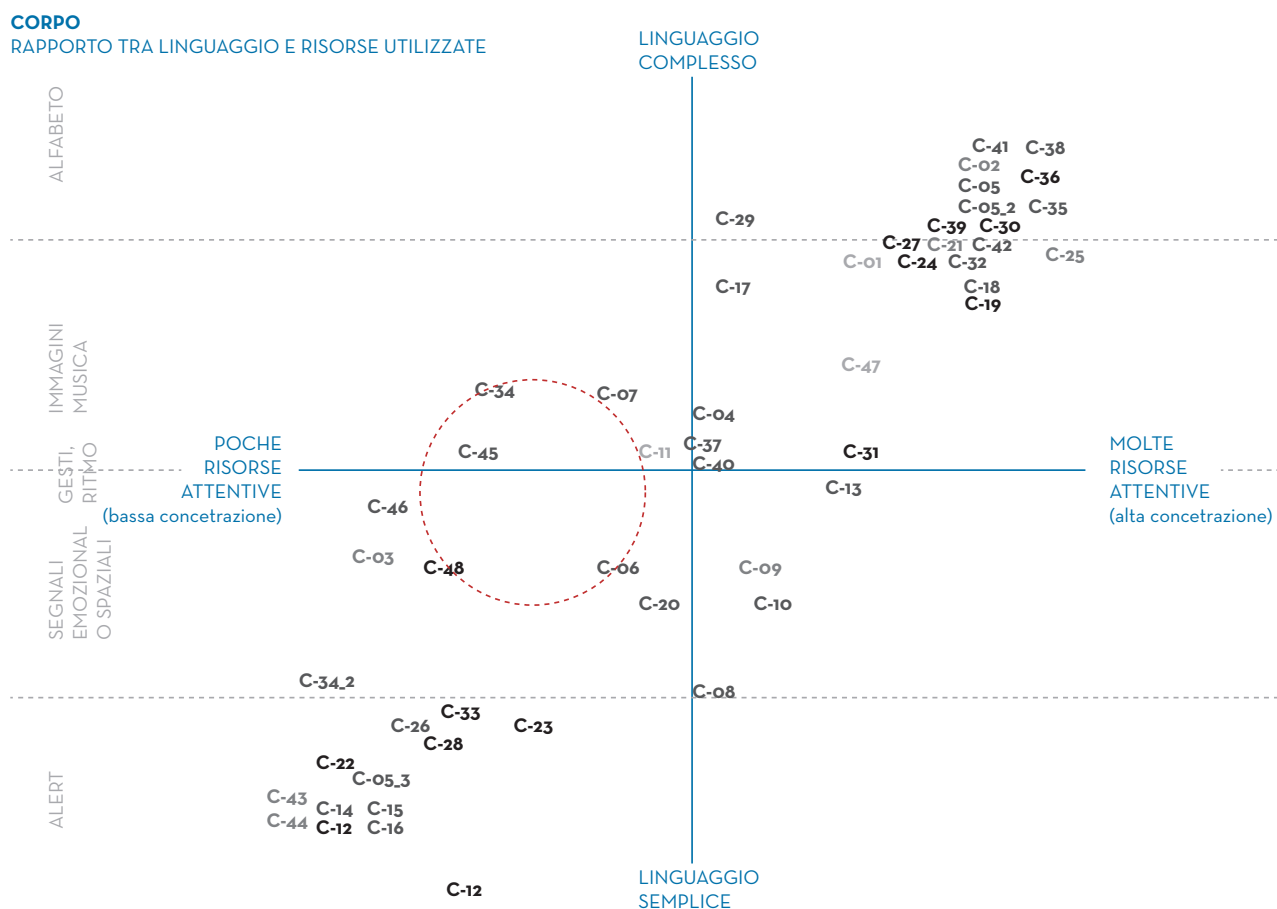


Figura 6
Rapporto tra linguaggio e risorse attentive utilizzate

WEARABLE

Con la parola *wearable* si fa riferimento a un ampio spettro di dispositivi che utilizzano prevalentemente tecnologie digitali e si relazionano a diversi punti del corpo.

Il settore merceologico del *wearable* è in forte espansione come mostrano i dati riportati dall'*International Data Corporation* (IDC). In questa veloce diffusione fa da padrone la crescita delle vendite dello *smartwatch*.

Worldwide Wearables Forecast, Product Shipments, Market Share and CAGR (Compound Annual Growth Rate), 2018 and 2022 (shipments in millions)					
Product	2018 Shipments	2018 Market Share	2022 Shipments	2022 Market Share	2018-2022 CAGR
Smartwatch	43.5	34.8%	89.1	44.6%	19.6%
Wristbands	45.1	36.1%	45.9	23.0%	0.4%
Basic Watches	29.6	23.7%	39.3	19.7%	7.4%
Earwear	2.2	1.8%	12.6	6.3%	54.4%
Clothing	3.4	2.7%	11.7	5.9%	36.4%
Other	1.2	0.9%	1.2	0.6%	0.7%
Total	124.9	100.0%	199.8	100.0%	12.5%

Source: IDC Worldwide Quarterly Wearable Device Tracker, June 18, 2018

Figura 7
Previsioni
sul mercato
del wearable.¹⁰

I dispositivi indossabili non rispondono alle stesse logiche degli smartphone (Rantakari et al., 2016). I sondaggi dimostrano che gli utenti non abbiano significative aspettative legate alla condivisione dei dati, come avviene per gli smartphone, quanto piuttosto sembra fondamentale che essi rispondano a criteri di leggerezza, comodità, durevolezza e bell'aspetto. In aggiunta la caratteristica fondamentale su cui vengono misurati dall'utenza è l'*uso senza sforzo*.

Questo aspetto sottolinea la necessità che l'integrazione dei dispositivi col corpo sia, oltre che anatomica, funzionale; non solo una tecnologia trasportata che preveda la sola lettura del dato ma un utilizzo dinamico capace di attivare un dialogo semplice ed efficace con l'utente partendo dai dati raccolti nell'istante. Il mercato del *wearable* si muove nella direzione di una maggiore integrazione funzionale, progettando dispositivi in grado di abbinarsi al corpo, incorporarsi, in modo rispettoso diventando parte del modello di schema corporeo di ognuno di noi (Buiatti, 2014).

L'attuale diffusione dei dispositivi *wearable* sul corpo è ampia. Tra oggetti commerciali e prototipi in fase di lancio commerciale si trovano numerosissimi esempi di dialogo tra tecnologie digitali e parti del corpo: caschi, cinture, braccialetti, pantaloni, tute, calzini, solette, scarpe, occhiali, *t-shirt*, orologi, anelli, etc. Queste categorie, tuttavia, non sono di pari livello rispetto alla presenza sul mercato. Il numero di brevetti che interessano queste aree di progetto nel quinquennio 2011-2015, è

¹⁰ Tabella riportata in: <https://www.mobileworld.it/2018/06/19/mercato-wearable-smartwatch-previsioni-2022-idc-182585/>

dominato quasi interamente dal settore dello *smartwatch* con il 50.56%, al secondo posto quello degli *smart glasses* con il 18.15% e al terzo gli *smart clothes* con il 9.59%. In sequenza tutti gli altri settori merceologici che, seppure molto interessanti come il settore della scarpa (1.38%) o del gioiello (0.43%), hanno percentuali molto basse (Dehghani & Dangelico, 2017).

COMUNICAZIONE UOMO/WEARABLE

Indagare i modi attraverso i quali l'uomo e la tecnologia dialogano risulta essere uno strumento trasversale per leggere le tipologie merceologiche del *wearable*.

La comunicazione tra dispositivi indossabili e corpo è suddivisibile in tre livelli:

- Visualizzazione dei dati attraverso infografiche;
- Invio da parte dei dispositivi di *feedback* visivi, uditivi e aptici;
- Invio da parte del soggetto di comandi ai dispositivi.

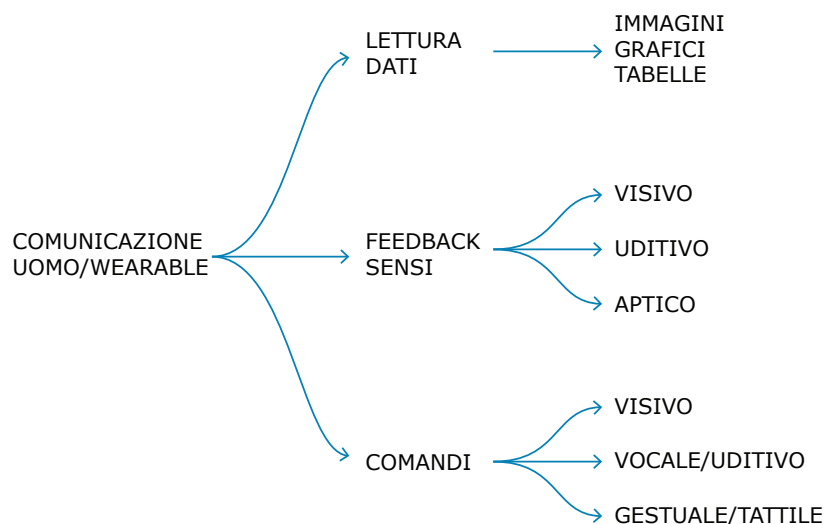


Figura 8
Comunicazione Uomo/Macchina (Celaschi & Dall'Osso, 2018)

VISUALIZZAZIONE DEI DATI

I dispositivi capaci di raccogliere dati dai contesti e dal corpo e successivamente presentarli all'utente attraverso letture grafiche sono innumerevoli. Questi prodotti sono i primi ad essere stati diffusi e attualmente rappresentano il maggior numero di dispositivi presenti sul mercato.

Esempi prestigiosi di questa categoria si trovano soprattutto in ambito sportivo; essi sono oggetti che spesso abbracciano il corpo come braccialetti e cardiofrequenzimetri e suddividono le informazioni raccolte in due livelli di lettura:

- mostrando il dato in tempo reale (battito cardiaco, velocità sostenuta, chilometri percorsi);

- mettendo in relazione i dati tramite visualizzazione grafiche su applicazioni smartphone o desktop.

INVIO DI FEEDBACK

I *feedback* più diffusi sono quelli visivi, uditivi e aptici. La scelta del canale sensoriale utilizzato è legata alla quantità di informazioni che si vuole trasmettere e al grado di attenzione che viene richiesta da parte dell'utente.

I *feedback* visivi sono segnali percepiti tramite l'occhio umano: forme, colori, intensità della luce, etc. Esempi dell'utilizzo sono i punti luce utilizzati dai *device* che segnalano tramite intensità della luce, colore e frequenze acceso/spento, alcune informazioni basilari come l'avvicinamento della fase di ricarica della batteria.

Feedback uditivi si ritrovano nei *wearable* associati principalmente alle notifiche, cioè informazioni trasmesse all'utente per segnalare qualcosa o qualcuno che necessita della propria attenzione. I suoni hanno una vasta gamma espressiva: da tonalità e lunghezza del suono a sequenze degli stessi.

I *feedback* aptici sono quelli entranti nella sfera della percezione tattile, segnalano notifiche di messaggi o chiamate e possono agire su molteplici livelli di complessità dell'informazione. Questi *feedback*, molto esplorati nella ricerca, si trovano meno applicati nel *wearable* commerciale per molteplici motivi: l'aptica pressorea non ha ancora raggiunto un dimensionamento ideale, l'aptica vibrazionale non è sempre gradevole per tempi prolungati, la percezione del *feedback* tattile ha un carattere estremamente soggettivo (Buiatti, 2014) rispetto alle misurazioni e agli studi sulla percezione visiva e uditiva.

Nonostante i molti punti deboli la ricerca in questo campo è di grande interesse in quanto il senso del tatto permette una percezione capace di non distogliere l'attenzione dalle attività primarie che stiamo svolgendo.

La ricerca sui *feedback* applicati al corpo si interseca inoltre con gli studi di neuroscienze (Mallgrave, 2015) e di psicologia percettiva che studiano il rapporto tra la percezione, i movimenti e la memoria (Nicoletti & Borghi, 2007). Attraverso questi *feedback* l'uomo accede a una percezione della realtà diversa e per questo il *wearable* può recitare un ruolo da protagonista stimolando o modificando i comportamenti e i linguaggi.

INVIO DI COMANDI

Simultaneamente agli altri due livelli il settore del *wearable* sta indagando le possibilità con cui il corpo può comunicare a distanza con i dispositivi digitali.

Interfacce di comunicazione che sfruttano il senso della vista sono gli schermi come negli smartwatch o gli smartglass con la differenza che nei primi i comandi

sono demandati ai movimenti delle dita e della mano mentre nel secondo alla direzione dello sguardo e alla lettura dei movimenti delle palpebre.

Udito e voce sono sfruttati nella domotica e nell'*automotive* sfruttando le potenzialità dell'assistente vocale.

I comandi erogati tramite gesto sono meno diffusi ma alcuni prodotti hanno già introdotto questa tipologia di interazione. Risulta interessante nel versante aptico/gestuale il caso studio ormai fuori commercio di "Ring Zero"¹¹ della giapponese Logbar: il progetto prevede un anello ideato per controllare a distanza gli oggetti della casa attraverso le gestualità della mano e l'interazione con le sue superfici. Il dispositivo prometteva di disegnare lettere a mezzaria, effettuare pagamenti e personalizzare i gesti di comando.

CAMPI APPLICATIVI PROMETTENTI

I dispositivi *wearable* si innestano in un ampio ragionamento all'interno del progetto di ecosistemi digitali capaci di creare reti di dialogo tra l'utente e gli spazi che attraversa. Gli scenari che accolgono questa visione sono quelli dell'*Internet of Things* (IOT) e delle tecnologie abilitanti.

I campi applicativi dei *wearables* sono molteplici: lo sport, l'orientamento, l'*automotive*, la sicurezza sul lavoro, l'*health*, il sostegno alle fasce della popolazione più anziane (*AAL users*, *Ambient Assisted Living*).

In quest'ultimo campo applicativo l'attenzione è alta in quanto il numero delle persone in questa fascia di età risulta in costante crescita. Alcuni degli ambiti e delle problematiche a cui dare risposta sono: le limitazioni nelle attività della vita quotidiana e nella libertà di movimento, il rischio di caduta, le malattie croniche, la demenza, i disturbi depressivi, il divario sociale, la gestione dei farmaci, lo stato di attivo e di benessere, il monitoraggio della salute, la telesalute, la salute come servizio (HaaS), la medicina personalizzata. In risposta a questi problemi le tecnologie abilitanti e il *wearable* sono spesso destinate a migliorare la qualità della vita negli alloggi (Maskeliūnas et al., 2019) con obiettivi molteplici:

- Inclusione sociale e comunicazione. (Fare interagire gli anziani con la comunità familiare ed extra- familiare mantenendo la vita sociale all'interno della comunità).
- Comprensione dei modi in cui l'anziano interagisce con le tecnologie per poter aumentare la loro efficacia di utilizzo.
- Raggiungimento di un monitoraggio continuo della salute rispetto al lungo termine attraverso la telesalute.
- Realizzazione di interfacce che possano consentire una gestione dell'abitazione adeguata e un allenamento fisico e mentale.
- Sensorializzazione delle abitazioni per un monitoraggio delle attività e dei compor-

¹¹ Caso studio
Corpo n. 37

tamenti per attivare interventi immediati in casi di emergenza o correttivi in caso di inadeguatezza dello spazio.

Per questa fascia di popolazione vengono sottolineati (Maskeliūnas et al., 2019) gli elementi di successo e insuccesso dei progetti:

- Successo: semplicità d'uso, nessuna necessità di programmazione, autoapprendimento, adattabilità, consapevolezza del contesto, intuitività, bassa curva di apprendimento.
- Insuccesso: Difficile da usare, accesso complesso, richiesta di controllo manuale, basso comfort, elevata complessità, poca praticità, alta curva di apprendimento, poca utilità, complessità di regolazione, poca affidabilità

BIOFEEDBACK

Il *biofeedback* è comunemente inteso come un processo che permette di ottenere consapevolezza di processi fisiologici che rimangono celati sotto il livello della coscienza e conseguentemente il controllo volontario degli stessi; tra questi parametri i più comunemente utilizzati sono quelli di frequenza cardiaca e movimento dei muscoli.

Nell'ambito dell'analisi sul tema delle protesi il biofeedback appare uno strumento potente, capace di mettere in dialogo l'uomo con sé stesso attraverso un mediatore tecnologico.

Il *biofeedback* è utilizzato in molteplici progetti di ricerca, artistici e commerciali. Esempi delle potenzialità del *biofeedback* risalgono ai primi anni '80 (McKinney & Gatchel, 1982) in cui ricercatori, consci dell'influenza del parametro della frequenza cardiaca sugli stati d'ansia, utilizzano un segnale di tipo luminoso per comunicare il dato corporeo al tester; i risultati della ricerca evidenziano una effettiva diminuzione dello stato d'ansia dovuta al controllo maggiore del corpo che i tester assumono.

Un esempio dell'applicazione di questo processo in ambito artistico è l'opera "Ritmi" di Mario Canali del 1997¹²: l'installazione consente a quattro partecipanti di sviluppare un gioco musicale basato sui parametri dei propri battiti cardiaci. Il parametro è rilevato da sensori su cui ogni persona appoggia il proprio dito e quindi restituito attraverso un suono che fuoriesce dall'opera. Ogni partecipante può manipolare il suono emesso modificando il tono, la tipologia di suono o intervenendo sul parametro stesso attraverso la gestione fisiologica del proprio corpo.

In ambito *wearable* è interessante sottolineare il caso studio dell'azienda "Doppel" (T. Azevedo et al., 2017)¹³ che dal 2015 propone un bracciale ad emissioni di *feedback* aptici ritmici che hanno il fine di calmare le persone. Il bracciale funziona attraverso un meccanismo inverso al *biofeedback* in quanto eroga ritmiche discordanti dal parametro cardiaco rilevato che attivano processi di *trascinamento ritmi-*

¹² Caso studio
Corpo n. 47

¹³ Caso studio
Corpo n. 46

co. Il dispositivo è comandato tramite una applicazione che consente di impostare uno stato a cui allineare i propri parametri fisiologici.

APTICA GENERALE

“L’aptica è comunemente definita come sistema percettivo, mediato da due sottoinsiemi afferenti, cutaneo e cinestetico che più tipicamente comportano un’ esplorazione manuale attiva” (Lederman & Klatzky, 2009).

I sottoinsiemi cutaneo e cinestetico fanno riferimento rispettivamente ai sensi del tatto e della propriocezione e permettono di rilevare complesse proprietà degli oggetti: temperatura, deformabilità, peso, proprietà geometriche, orientamento, caratteristiche superficiali.

Nell’ambito delle tecnologie abilitanti quando si fa riferimento all’aptica si intende tutto la macro-area di studi che interessano gli stimoli che vengono erogati al corpo e che vengono letti attraverso i sensi suddetti. In questo ambito si trova un maggiore approfondimento circa le possibilità derivanti dall’utilizzo di stimoli inviati tramite attuatori di vibrazioni. L’utilizzo di questi attuatori in ambito *wearable* ha permesso di sfruttare caratteristiche del tatto in molteplici campi applicativi (Jones & Sarter, 2008):

- Capacità del tatto di discriminare informazioni spazio/temporali come l’udito e la vista;
- Capacità del tatto di catturare l’attenzione;
- Aree applicative dell’aptica particolarmente estese;
- Sotto-utilizzo dei canali sensoriali di tatto e propriocezione;
- Capacità di registrare dati e di inviare informazioni attraverso l’aptica;
- Comunicazione silenziosa e invisibile.
- Capacità di rilevare fino a sette/otto differenti tipologie stimoli vibrazionali differenziati per durata, frequenza e numero di impulsi. La durata dello stimolo vibrazionale più lenta (fino a 320 ms) è maggiore ha possibilità di essere identificata ma se trasporta un semplice segnale di *alert* allora viene riportato non debba essere superiore ai 200 ms (Jones & Sarter, 2008).
- Raggruppabilità degli stimoli in unità modulari determinanti ritmi.

Queste caratteristiche possono generare sostegno in interventi progettuali che insistono su molteplici funzionalità:

- Sostituzione sensoriale per utenti con problemi di vista e udito;
- Inviare informazioni all’utente quando la vista e l’udito sono già utilizzati;
- Inviare informazioni all’utente legate al corpo dello stesso;

- Dare informazioni sull'orientamento e la navigazione;
- Attirare l'attenzione in modo sottile ma efficace;
- Creare sinergie con altri stimoli (es: visione e tatto) per migliorare o assicurarsi l'arrivo dell'informazione (Lederman & Klatzky, 2009);
- Erogare informazioni in ambienti pubblici mantenendo la privacy;
- Aumentare il carico di informazione negli ambienti virtuali;
- Dirigere l'attenzione visiva dell'utente.
- L'aptica vibratoria porta con sé anche alcune problematiche come:
- Comfort dell'utente non sempre rispettato;
- Adesione adeguata nel tempo e nella qualità tra tecnologia e corpo al fine di comprendere le informazioni in modo corretto;
- Necessità di regolare le intensità degli stimoli su ogni utente.

L'aptica tuttavia non si limita unicamente alla vibrazione ma veicola informazioni sul corpo anche attraverso temperatura e pressione. La temperatura è uno stimolo complesso da gestire per cui il numero di dispositivi che la utilizzano sono bassi. La tecnologia che permette la modulazione della temperatura è infatti lenta in fase di invio dello stimolo (Song et al., 2015) inoltre il corpo tende ad avvertire unicamente grandi e repentine variazioni e si adatta velocemente.

Gli stimoli di pressione, diversamente, appaiono con potenziale equivalente a quelli della vibrazione (Song et al., 2015; Pohl et al., 2017). Attraverso il loro utilizzo si stanno aprendo nuovi scenari in particolare scaturiti dall'evoluzione delle tecnologie sia in ottica di velocità di risposta sia di miniaturizzazione dei componenti.

La pressione, comparata con la vibrazione, è uno stimolo più familiare con il corpo (Kettner et al., 2017) che è abituato ai movimenti pressorei interni (organi come polmoni e cuore) ed esterni (contatto con il prossimo e gli oggetti). Questa familiarità permette al corpo di apprezzare maggiormente lo stimolo cosa che nel tempo porta ad un abbassamento dello stress nei soggetti.

La ricerca scientifica e tecnologica mostra come i *feedback* legati alla pressione possano essere numerosi e provocare reazioni completamente diverse per intensità e senso per il ricevente rispetto ad altre forme legate al tatto. Combinando le tecnologie si possono inoltre ottenere effetti come il picchietto, il trascinamento, lo stringimento, la torsione (Stanley & Kuchenbecker, 2012) associando, inoltre, linguaggi a molteplici livelli semantici.

Dal punto di vista delle forze a cui il corpo è sottoposto ci sono stati tentativi di identificare delle soglie di carico (circa 2,3 kPa in condizioni reali e 0,7 kPa in laboratorio) e una capacità di distinguere due stimoli a diversi livelli di pressione con il

95% di probabilità (Pohl et al., 2017).

Similmente alla vibrazione la pressione trova maggiore comunicazione nella variazione di intensità dello stimolo piuttosto che nella riconoscibilità di un livello specifico. I motivi per cui viene scelta questa tipologia di stimolo si sommano a quelle già elencate per il tatto e per la tecnologia vibratoria:

- Possibilità di creare una vasta varietà di accenti (un'alta pressione può catturare l'attenzione mentre una bassa può creare *feedback* di sottofondo);
- Possibilità di creare *feedback* in crescita esponenziale fino alla soglia massima corrispondente alla massima attenzione;
- Il comportamento dello stimolo è simile alle sensazioni provate dal corpo in altri contesti e percepito con una piacevolezza maggiore rispetto alla vibrazione (Kettner et al., 2017);
- In seguito alle azioni degli utenti si possono modulare piccole variazioni di pressione rendendo lo stimolo dinamico e reattivo.

La ricerca sull'aptica ha sviluppato numerose riflessioni sui modi in cui gli stimoli possano essere composti formando linguaggi con diversi livelli di portata significativa.

Si contrappone a questi ragionamenti l'argomentazione secondo cui il tatto ha una forte tendenza alla soggettività (Buiatti, 2014, p. 135) che non pregiudica in ogni caso la caratteristica di profondità che il senso attribuisce ai messaggi, cioè la capacità di aggiungere a un messaggio intensità di significato differenti. Esempio della variabilità della portata semantica del tatto è la pressione di una mano sulla spalla di un'altra persona: un tocco potrebbe essere percepito come accidentale, due tocchi come richiesta di attenzione, tre tocchi come richiesta di attenzione molto urgente, molteplici colpi come incoraggiamento (Suzuki et al., 2014, 2015). In seguito a questa considerazione le ricerche si sono concentrate sul definire un metodo di annotazione della tipologia di tatto, il *tactile score* (Suzuki et al., 2014, 2015), che tiene conto dell'area del corpo coinvolta, della pressione erogata e dei ritmi espressi. Il *tactile score* si presenta come una linea temporale con tre linee parallele (stimolo forte, linea sopra, stimolo normale, linea mediana, stimolo debole, linea sotto) su cui vengono disegnati elementi di annotazione temporali simili a quelli utilizzati nel linguaggio musicale (croma, semicroma, etc.).

APTICA E LINGUAGGI

La possibilità di applicare stimoli aptici al corpo attraverso dispositivi connessi in tempo reale ai contesti ha spinto la ricerca ad interrogarsi sulle possibilità linguistiche degli stessi.

I lavori di ricerca in questo campo sono numerosi e volti primariamente a dimo-

strare le possibilità linguistiche legate a display tattili o multisensoriali applicati al corpo.

Una delle linee di partenza per la ricerca sulle possibilità linguistiche degli stimoli aptici è stata l'accostamento delle teorie della Gestalt legata alla percezione visiva all'interno del campo della percezione tattile. Gli studi dimostrano come le regole di gestione dell'informazione visiva (rapporto figura/sfondo, prossimità, somiglianza, movimento comune e destino comune) possano essere applicate agli stimoli raccolti dal tatto (Buiatti, 2014). Esempio di questo si trova nella verifica effettuata rispetto alle regole di somiglianza e prossimità (Chang et al., 2007): nel 90% dei casi infatti i raggruppamenti di oggetti, effettuati tramite vista e tramite tatto, avvengono con gli stessi meccanismi. La vista tende a raggruppare tramite il colore, il tatto tramite la texture. Quando i soggetti hanno percepito una spaziatura uguale tra gli elementi analizzati li hanno considerati parti dello stesso insieme, quando la spaziatura era difforme gli elementi sono stati raggruppati per vicinanza.

Una delle aree maggiormente esplorate in questo ambito è quella dei linguaggi generati da interfacce basate su griglie più o meno dense di attuatori di vibrazione. Le fondamenta di questa area sono state gettate a metà del primo decennio del secolo in corso (Brewster & Brown, 2004; Brown et al., 2006) e ha delineato le guide per i successivi lavori. I pattern di vibrazione sono stati nominati *tactons* o *icone tattili* e hanno la caratteristica di essere messaggi strutturati e astratti. I *tactons* sono composti da molteplici parametri (frequenza, ampiezza, forma d'onda, durata, ritmo e posizione dello stimolo sul corpo) che, variando e unendosi tra loro, generano un codice linguistico.

La progettazione dei *tactons* segue un precedente lavoro applicato al senso dell'udito che aveva delineato i cosiddetti *earcons* sviluppati per rafforzare l'esperienza di navigazione su desktop al fine di intervenire positivamente su errori, tempi di completamento e carichi di lavoro. I fronti di ricerca aperti sulle *icone tattili* sono la ricerca sulle gerarchie che intervengono tra la discriminazione degli stimoli e la memorizzazione degli stessi. Tra i molti lavori che seguono questo filone di ricerca di rilievo è quello impostato per mettere in relazione i *tactons* con il movimento del corpo (Qian et al., 2013); in queste situazioni i parametri testati sono stati: durata dello stimolo, durata dell'intervallo tra gli stimoli, intensità dello stimolo e posizione del corpo. Gli autori della ricerca sottolineano quanto l'intensità dello stimolo e la sua durata nel tempo siano determinanti per portare efficacia di percezione e ridurre il tempo di riconoscimento e di carico cognitivo dedicato.

Nelle riflessioni su questi codici la ricerca non dimentica il forte rischio di soggettività di questi codici legati alla percezione tattile per cui sono stati indicati alcuni aspetti che devono entrare nella riflessione dei progettisti e ricercatori che vogliono

intraprendere un lavoro sul tema:

- Relazione sociale tra l'emittitore del messaggio e il ricevente;
- Urgenza del messaggio inviato;
- Frequenza di invio di messaggi tra i soggetti;
- Ampiezza e profondità del linguaggio.

Il campo di ricerca aperto dai *tactons* ha permesso di delineare successivamente anche i *pactor* (Zheng & Morrell, 2012). Similmente ai *tactons*, i *pactor* utilizzano un mix di differenti parametri per creare codici di linguaggio. L'attuale ricerca sui *pactor* ha preso in considerazione:

- La posizione dello stimolo erogato;
- La forma del profilo dell'attuatore;
- Il materiale dell'attuatore;
- La geometria dell'attuatore;
- La modalità e tipologia di erogazione dello stimolo.

Come per gli altri stimoli aptici anche i *pactor* necessitano di una regolazione che gli consenta di adeguarsi alla soglia percettiva e di comfort dei soggetti.

Confrontati con i *tacton* i *pacton* si differenziano su tre fronti: la risposta affettiva, la cattura dell'attenzione e la novità dello stimolo.

Dalle sperimentazioni fatte sugli stimoli a pressione risulta una buona capacità di richiamo dell'attenzione che aumenta proporzionalmente con la sensazione negativa con cui viene percepito lo stimolo. Ne consegue che il sito del corpo, l'intensità e la geometria dell'attuatore sono determinanti per intervenire sul livello di richiesta dell'attenzione.

Sul richiamo dell'attenzione, dal confronto tra le due tipologie di stimoli, risulta tuttavia più efficace la vibrazione mentre la pressione è percepita come meno intrusiva.

Il prototipo che per primo applica il concetto *pactor* su una sedia da ufficio (Zheng et al., 2013) rafforza la tesi che siano i parametri di alta intensità e velocità dello stimolo a determinare un richiamo dell'attenzione più immediato. Attraverso la modulazione di questi parametri è possibile quindi progettare stimoli intermedi capaci di non prevaricare l'attenzione verso il compito primario che si sta svolgendo.

Il più alto livello di complessità dei linguaggi aptici è probabilmente quello legato alla fonemica: i pattern vibratorii o pressorei sono associati a fonemi con l'obiettivo

di comporre frasi di senso compiuto. L'idea che esistano tali applicazioni è pensata per ambienti in cui vi sia un sovraccarico sensoriale sulla vista o sull'udito o dove sia richiesto un lavoro multitasking.

Sull'aptica e la fonemica sono stati compiuti successivi studi applicati sia sul piede con il progetto "Language Shoes"¹⁴ (Velazquez & Pissaloux, 2014) sia all'avambraccio con il progetto "Coding Tactile Symbols" (Zhao et al., 2018). Nel primo caso i pattern vibratori sono stati associati a parole di senso compiuto mentre nel secondo caso a veri e propri fonemi utilizzati per comporre parole.

Queste sperimentazioni, oltre a dimostrare l'elevata capacità del tatto di leggere stimoli aptici, evidenziano la capacità della mente umana di memorizzare in un tempo adeguato gli stimoli erogati.

Lo scenario futuro legato alla ricerca sulle interfacce aptiche probabilmente unirà le qualità dei pattern vibrazionali e quelle degli stimoli pressorei in codici più completi ed efficaci che già sono stati denominati *taxel* (Kim et al., 2019).

Nelle ricerche citate l'incipit di ricerca è spesso legato allo sviluppo di una tecnologia piuttosto che alla risposta ad una problematica messa in evidenza. Su questo secondo approccio si colloca la ricerca che utilizza gli stimoli aptici come sottolineatura metaforica di una azione (Spelmezan et al., 2009). In questi studi i segnali aptici hanno il compito di comunicare ad un corpo distante una sensazione di spinta o di trazione. La necessità a cui risponde lo studio è quella di una comunicazione a distanza più efficace come ad esempio la comprensione di una giusta postura durante le fasi di allenamento in ambito sportivo.

Una seconda ricerca basata sulla messa in evidenza di una problematica è quella che utilizza i linguaggi aptici come supporto alle comunicazioni su altri canali sensoriali. In questa direzione sono stati indagati le *hapticon* (Rovers & van Essen, 2004), pattern vibrazionali associati a messaggi di testo su chat. L'obiettivo di questo studio è rafforzare la componente emotiva dei messaggi degli attuali mezzi digitali che risultano spesso carenti della componente empatica. I pattern caratterizzanti le *hapticon* sono definiti su proposta dell'utente e si pensa trovino nel tempo una comunitaria condivisione semantica. Sul tema dell'emozione si collocano anche il *tactile score* e il *social haptic* di cui si parla successivamente nel paragrafo su aptica ed emozione.

CAMBIO DI FORMA - TRASFORMAZIONE

Il rapporto tra aptica e corpo è sviluppato parallelamente da ricerche distanti dal focus sulle interfacce tra l'uomo e tecnologia.

Essendo la pressione un ramo fondante l'aptica ogni oggetto, a contatto con il corpo, che compie una trasformazione, ha in sé del potenziale comunicativo. Esistono

¹⁴ Caso studio
Corpo n. 35

molteplici sperimentazioni che utilizzano la pneumatica nel fashion sia utilizzando elementi che mutano la propria forma quando sottoposti alle pressioni naturali del movimento del corpo (Harikrishnan, 2020) sia immaginando effettive trasformazioni in risposta a funzioni specifiche (Perovich et al., 2013):

- Informativa, cioè dispositivi capaci di associare le proprie forme ad informazioni astratte da sé stessi o dallo spazio;
- Emotiva, cioè dispositivi capaci di mutare in base all'emozione di chi li indossa;
- Funzionale, cioè oggetti abilitanti l'uomo a determinate funzioni.

Le trasformazioni in questo campo di sperimentazione sono attivati principalmente da motori rotazionali, lineari e da elementi gonfiabili; questi elementi possono poi essere combinati e accoppiati a caratteristiche proprie degli oggetti e dei tessuti come nervature, spessori variabili, etc.

Tra le tante sperimentazioni si ricorda il lavoro scenaristico sui gonfiabili con forme complesse (Sparrman et al., 2019) che utilizzano una tecnologia di stampa 3D denominata *Rapid Liquid Printing* (LRP) atta a creare oggetti che cambiano forma in modo controllato avvolgendo i corpi e comunicando con essi.

APTICA E APPRENDIMENTO

L'aptica è uno strumento utilizzato in relazione con il corpo al fine di provocare modifiche comportamentali consapevoli e inconsapevoli.

Uno stimolo aptico vibrazionale situato all'interno del plantare erogante stimoli casuali è stato dimostrato essere efficace nel miglioramento inconsapevole dei parametri di oscillazione del corpo da fermo soprattutto nei soggetti anziani (Priplata et al., 2003).

La maggior parte delle sperimentazioni in questo ambito riguardano tuttavia le modifiche che il corpo attua in modo consapevole e il supporto che l'aptica può dare nell'insegnamento di movimento sportivi e nella rieducazione posturale.

Nello sport si verificano spesso situazioni in cui il soggetto deve apprendere una determinata informazione relativa il suo esercizio senza poter mappare visivamente l'azione dell'insegnante o senza poter ascoltare direttive dallo stesso, creandosi così un modello mentale di ciò che si deve eseguire. In questi casi è stata verificata l'efficacia di una tuta applicata alla parte superiore del corpo (Lieberman & Breazeal, 2007) che eroga diffusi stimoli vibratorii. L'idea alla base del progetto della tuta è che l'insegnante, attraverso i propri movimenti, possa inviare informazioni direttamente al corpo dello studente senza l'intermediazione di vista e udito. Attraverso questo metodo è possibile immaginare anche insegnamenti erogati a distanza temporale. Secondo gli autori di queste ricerche l'aumento dell'attenzione

e la riduzione dell'errore nella trasmissione delle nozioni motorie sono notevoli, tuttavia all'aumentare della complessità e della velocità dell'esercizio viene rilevata una perdita di efficacia (Lee et al., 2011).

Le ricerche in questo campo convergono con efficacia nell'ambito *health* anche in seguito all'aumentare dell'età media della popolazione e i conseguenti squilibri che il corpo tende a sommare con l'età. Per questo motivo l'aptica è chiamata a dare risposte nella rieducazione motoria. Un efficace metodo di rieducazione individualizzata è quella erogata in caso di osteoartrosi del ginocchio, in cui è richiesta una riduzione dell'adduzione dello stesso; in questo caso (Shull et al., 2011) sono stati applicati attuatori vibrazionali su schiena, ginocchio e piede che si attivano quando il corpo si allontana dalla posizione corretta.

EMOZIONI E APTICA

Come messo in evidenza dal lavoro sui *tactil score* (Suzuki et al., 2014, 2015) e dagli *hapticon* (Rovers & van Essen, 2004) gli stimoli aptici possono essere utilizzati come supporto a messaggi di testo digitali attraverso un aumento dell'intensità emotiva che naturalmente portano con sé.

Le capacità mostrate dai linguaggi aptici nel riuscire a coinvolgere emotivamente i fruitori della tecnologia risulta di utilità in particolar modo per gli utenti caratterizzati da disabilità sensoriali di vista e udito. Questa tipologia di utenti potrebbe utilizzare strumenti aptici per aumentare quantitativamente e qualitativamente le caratteristiche della realtà percepita.

In questa direzione indaga la ricerca di un dispositivo che riesca ad aumentare il coinvolgimento di un utente ipovedente durante una performance di danza in teatro (McCormick et al., 2018). L'output della ricerca è un cuscino, posto sullo schienale dell'utente, implementato con una griglia di 64 attuatori vibrazionali capaci di riprodurre pattern vibrazionali. Contemporaneamente, attraverso tecniche di *motion capture* vengono rilevati i movimenti dei ballerini sul palco.

Il prototipo converte le informazioni dei movimenti in pattern vibrazionali utilizzando il linguaggio *social haptic* ideato da Riitta Lahtinen e Russ Palmer (Palmer, s.d.). Il *social haptic* consiste in sequenze di gesti a contatto con la schiena ideati con il fine di descrivere efficacemente spazi e situazioni (Social Haptics | Deafblind Information, s.d.).

I dati rilevati nello studio mostrano una maggiore consapevolezza e coinvolgimento emotivo dello spettatore; la qualità dei risultati consente ai ricercatori di proiettare l'uso di questa tecnologia ad un pubblico generico.

In commercio sono presenti alcuni prodotti che si pongono in linea con le ricerche che utilizzano le sensazioni tattili a supporto dell'emozione. Tra i vari si ricorda la

“Hug shirt”¹⁶, una tuta progettata per restituire a distanza la sensazione di abbraccio catturando forza, durata e posizione del tocco e ricreando la medesima sensazione a distanza.

È interessante rispetto all’ambito emotivo ricordare come i segnali tattili possano divenire una guida alla percezione di segnali provenienti da altri canali. Infatti, nelle ricerche sulle esperienze multisensoriali, si evidenzia come la modalità sensoriale che apporta la variazione più bassa nel soggetto che sta valutando le qualità di uno stimolo rappresenti una sorta di guida per la percezione degli altri sensi (Buiatti, 2014, p. 158).

Una risposta ancora più chiara circa l’efficacia del tatto nel trasportare qualità emotive è dimostrata in una serie di prove effettuate facendo comunicare due persone, codificatore e decodificatore, esclusivamente tramite gli stimoli esercitati sugli avambracci (Hertenstein et al., 2006). Ai soggetti è stata richiesta la descrizione del proprio stato emotivo in particolare il decodificatore assegnava ogni secondo un valore di intensità allo stimolo ricevuto (nessuno, basso, moderato, forte). Partecipavano inoltre a questi esperimenti degli osservatori esterni con il compito di classificare i gesti inviati.

I risultati dell’analisi delle notazioni degli osservatori mettono in evidenza una grande quantità di variabili di tocco che sono state utilizzate: lo schiacciamento, l’accarezzamento, lo sfregamento, la spinta, il tirare, il premere, il picchiettare, lo scuotere, il pizzicare, il tremolio, il punzecchiare, il colpire, il graffiare, il massaggiare, il solletico, lo schiaffeggiare, il sollevare, il raccogliere, l’incastro delle dita, l’oscillare e il lanciare (la mano del decodificatore).

Le emozioni rilevate dai soggetti sono state molteplici, principalmente quelle di tipo pro- sociali (amore, gratitudine e simpatia) mentre quelle auto-focalizzate (imbarazzo, invidia e orgoglio) non sono state rivelate. Ognuna delle emozioni rilevate è stata distinta dai soggetti per durata ed intensità, ad esempio:

- La rabbia è stata rilevata da un tocco di intensità forte e di durata modesta;
- L’amore e la simpatia sono stati rilevati da un tocco moderato di durata maggiore.

Le ricerche testimoniano quindi la stretta connessione tra le sensazioni tattili e le emozioni tuttavia rimangono da approfondire l’influenza della cultura e degli altri sensi sulla percezione degli stimoli e il modo in cui poter distinguere emozioni vere da finzioni.

Un’interessante ricerca in questo ambito, già anticipata nel capitolo su Attenzione e contesto, indaga la capacità delle notifiche tattili di richiedere un *minimo sforzo* all’utente che le riceve (Baumann et al., 2010). Questa caratteristica risulta essere determinante nell’accettazione dei dispositivi *wearable* come già ricordato nel

¹⁶ Caso studio
Corpo n. 34_2

capitolo dedicato.

I dispositivi utilizzati nella sperimentazione della ricerca sono bracciali azionanti *feedback* di pressione: sia elementi che premono singoli punti sia linee di tensione che stringono il corpo. Gli stimoli sono stati somministrati seguendo ritmi costanti differenziati dalla forma d'onda (vedi immagine seguente).

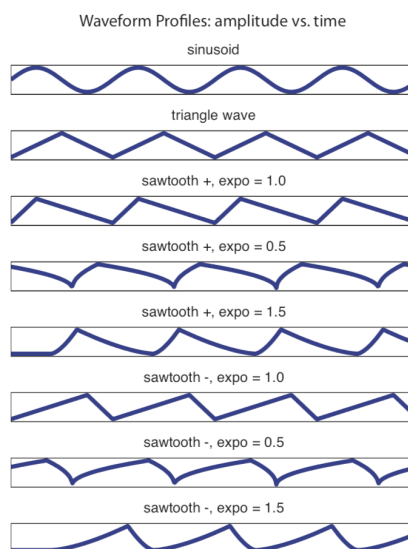


Figure 4: Waveform constructors of the 22 motion profiles used in evaluation (Section 4.2).

Figura 9
Forme d'onda
degli stimoli
pressorei erogati,
(Baumann et al.,
2010)

Le forme d'onda prese in considerazione sono principalmente di due tipi: simmetriche e asimmetriche. Rispetto ai grafici dell'immagine la massima intensità nello stimolo si raggiunge quando la linea è nella parte più alta dell'asse y e mentre lo stimolo non viene erogato quando la linea corrisponde allo zero dell'asse delle ordinate.

Le onde simmetriche (le prime due a partire dall'alto) sono quelle che hanno una crescita e una decrescita dello stimolo che avviene nello stesso tempo; nelle asimmetriche questa cosa avviene in modo eterogeneo.

Un'onda simmetrica come la sinusoidale iniziale, erogata a bassa frequenza (2 Hz), compie un'espansione e una contrazione dello stimolo dolce e ripetitiva simile alla sensazione di un respiro lento e regolare. Diversamente un'onda a dente di sega esprime una contrazione veloce e una lenta espansione e può dare l'impressione di una iperventilazione.

Dai dati raccolti nei questionari destinati alla lettura dei vari dispositivi è stato rivelato una concordanza di opinioni dei tester che lega le onde simmetriche a sensazioni di rassicurazione, rilassatezza e piacevolezza (rilevata sia per i dispositivi a pressione puntuale sia per quelli a pressione lineare) mentre a quelle asimmetriche insistenza, agitazione e antipatia (rilevata per i dispositivi a pressione lineare).

TERRITORIO E PIEDE TECNOLOGICO

PROGETTI DI FINANZIAMENTO E GRUPPI DI LAVORO ATTIVATI

Durante il percorso di dottorato, attraverso l'Advanced Design Unit¹⁷, è stato possibile testare l'effettivo interesse sul piano nazionale e regionale dell'applicazione delle tecnologie abilitanti nei settori dell'artigianato, in particolare in quello calzaturiero.

Il primo strumento utilizzato per interrogare il territorio è stata la scrittura, in partnership allargate a gruppi di ricerca e imprese, di tre proposte di ricerca e la costituzione di due gruppi di lavoro interdisciplinari.

Proposta presentata bando PRIN 2017

Titolo

Social Cognitive IOT Framework: Integrating smart design, usability, and user data analytics

Descrizione progetto

Nell'ambito dell'industria 4.0 il design industriale risulta essere per le aziende un processo strategico trainante l'innovazione. Le tecnologie abilitanti si mostrano in questo panorama strumenti capaci di mettere in relazione persone con i dati e provocare comportamenti.

Il progetto di design si configura quindi come un insieme di cognizione, forma e tecnologia che può sostenere nuovi modelli destinati alla salute e all'invecchiamento attivo, principio sostenuto dalle raccomandazioni OMS e dalle politiche dell'UE.

Il progetto mira a creare una piattaforma sulla quale raccogliere, dalle interazioni degli utenti, dati utili alla progettazione di dispositivi intelligenti, indossabili o meno. Gli output merceologici del progetto afferiscono alle tematiche progettuali sopracitate e vogliono essere adeguati all'esigenza di trasformazione dei prodotti del *Made in Italy*. Obiettivo strategico riguardo le applicazioni riguarderà lo sviluppo di prototipi di calzature per soggetti anziani, per implementare il benessere e migliorare la qualità della vita in questa classe di consumatori.

Partner

Advanced Design Unit UNIBO, ETT spa, Rubbettino srl, Tech4sea srl, Dipartimento di Scienze Mediche e Chirurgiche UNICZ, C.A.T. Progetti srl, UNICAL, UNIMORE, Dipartimento di Ingegneria e Architettura UNIPR, UNIPA, EXABIT srl, UNICAT, UNIRC, LA SAPIENZA, UNISOB, NEAPOLISANIT srl, UNIME, MORPHEOS srl

¹⁷ Unità di ricerca in design, Dipartimento di Architettura, Università di Bologna.

Proposta presentata bando PON MIUR

Titolo

Valorizzazione dell'Artigianato di Lusso Italiano con le tecnologie Digitali Abilitanti. VALIDA.

Descrizione progetto

Il progetto affronta il tema della customizzazione dei prodotti dell'artigianato all'interno di un luogo digitale implementato dalla realtà virtuale. Tale contesto sarà il luogo di collegamento tra produttori e consumatori. Questo sistema, attraverso le scelte degli utenti, la loro profilazione e la navigazione nello stesso, fornirà dati utili per la progettazione e produzione di nuovi prodotti e servizi.

L'usabilità della piattaforma sarà centro

del progetto così come la formazione degli artigiani che la utilizzeranno. La proposta prevede l'istituzione di una location fisica ove si potranno utilizzare strumenti di AR/VR per promuovere il *Made in Italy* e si darà la possibilità all'utente di stampare in 3D i materiali gli oggetti desiderati.

L'azione del progetto verterà su quattro specifiche aree: calzoleria, abbigliamento, packaging e oreficeria.

Partner

Advanced Design Unit UNIBO, Base Protection srl, Cat Progetti srl, Gruppo di ricerca in Podologia dell'Università di Bologna, Gruppo di ricerca in Ingegneria Informatica UNIMORE, Gruppo di ricerca in Ingegneria Informatica UNIPR, New and Best srl, Gruppo di ricerca in interaction design UNISOB.

Progetto finanziato POR-FESR 2014-2020

Titolo

SUPER Craft. Smart Utility Platform for Emilia-Romagna Craft

Descrizione progetto

Il progetto intende agire in ottica B2B sui processi di progettazione, produzione e relazione delle PMI del territorio regionale che vogliono sfruttare le potenzialità delle tecnologie abilitanti per innovare la propria produzione.

Attraverso un'ottica B2B verrà implementata una piattaforma digitale per l'interazione continua fra gli stakehol-

der con l'intento di favorire una customizzazione di prodotto non limitata alle fasi finali, ma coinvolgendo tutto il processo di ideazione, di progettazione e di produzione.

Partner

CIRI-ICT, Romagna Tech S.C.p.A , MIST E-R s.c.r.l., Laboratorio ENEA CROSS-TEC, UNIMORE EN&TECH

Imprese

Domotrick srl, Xform srl, Mark One srl, Slow/d srl, RE:Lab srl

Stakeholders

ISIA Faenza, Makers Modena Fab Lab, CNA Forlì-Cesena, Confartigianato Ravenna

Gruppo di lavoro Foot Data Design

Descrizione progetto

Il gruppo di lavoro è stato costruito con otto realtà dell'Emilia-Romagna e ha avuto come scopo quello di studiare le potenzialità dell'apporto delle tecnologie abilitanti all'interno del settore calzaturiero con particolare riferimento a scannerizzazione, personalizzazione, produzione, sensorizzazione ed elaborazione dati. Il lavoro di condivisione

è confluito nella proposta di progetto VALIDA.

Partner

Advanced Design Unit UNIBO, Base Protection srl, Cat Progetti srl, Cercal, Gruppo di ricerca in Podologia dell'Università di Bologna, Gruppo di ricerca in Ingegneria Informatica UNIMORE, Gruppo di ricerca in Ingegneria Informatica UNIPR, MhT srl.

Gruppo di lavoro convenzione IOR

Descrizione progetto

Il gruppo di lavoro con l'istituto ortopedico Rizzoli si è costituito come cellula del gruppo di lavoro Foot Data Design come nucleo di ulteriore indagine sulle potenzialità applicative delle tecnologie abilitanti all'interno delle ortesi. Dopo una prima fase di collaborazione che ha portato gli studenti dei corsi in design a

svolgere attività di tesi e tirocinio nelle strutture dello IOR è stata siglata una convenzione con obiettivi trasversali il tema del rapporto tra corpo e tecnologia.

Partner

Advanced Design Unit UNIBO, Research Innovation Technologies, Istituto Ortopedico Rizzoli

La co-scrittura delle proposte di progetto insieme ai gruppi interdisciplinari costituiti ha avuto come risultato per la ricerca di dottorato quello di mettere in evidenza una trasversale attenzione delle comunità scientifiche nell'affrontare i temi delle tecnologie abilitanti in relazione all'artigianato.

La coincidenza con l'interesse riscontrato del settore calzaturiero verso rinnovati fronti progettuali ha generato la focalizzazione di molti obiettivi verso il rapporto tra tecnologie e piede. In relazione a questo rapporto sono stati messi in evidenza tre macro-aree di intervento:

- CUSTOM
Sfruttamento delle potenzialità di customizzazione della calzatura *Made in Italy* attraverso il coinvolgimento dell'utente tramite l'interazione con piattaforme digitali avanzate in ottica B2B e B2C.
- ORTESI SENSIBILE
Sviluppo di ortesi customizzate sulle forme anatomiche del singolo, trasversali le tipologie di calzatura e abilitate al tracciamento dei dati del corpo.

- **EFFETTI COGNITIVI**
Sviluppo di prodotti tecnologici coscienti del carico cognitivo richiesto all'utente con particolare riferimento ai temi dell'invecchiamento attivo promossi dall'OMS e dall'UE.

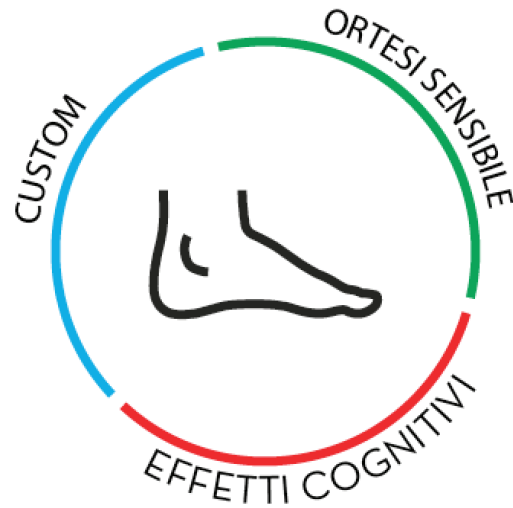


Figura 10
Macro-aree
di interesse

SPERIMENTAZIONE DIDATTICA

Durante l'anno accademico 2018/2019 è stato presentato agli studenti del primo anno del corso magistrale in Advanced Design, all'interno del laboratorio tenuto dal professor Flaviano Celaschi, il tema di progetto inerente il rapporto tra tecnologie abilitanti e piede.

Il laboratorio è stato strutturato dedicando alla fase iniziale della ricerca lezioni frontali trasversali i temi del rapporto corpo/tecnologia e verticali sul tema dell'utilizzo del piede come fulcro di progetto. Durante questo periodo è stato organizzato un seminario di studio e confronto in cui sono intervenuti professionisti della ricerca e aziende del settore calzaturiero.

Durante questa fase sono stati forniti agli studenti alcuni strumenti per entrare verticalmente nelle tematiche in oggetto. In particolari sono stati presentati loro sei corridoi progettuali che evidenziassero approcci differenti al progetto applicato al piede. I corridoi non hanno costituito canali obbligatori di sviluppo e gli studenti sono stati liberi di tracciare le linee guida del proprio progetto.

Unitamente sono stati condivisi alcuni brief focalizzanti ambiti specifici di intervento.

All'interno del processo didattico del corso sono state coinvolte sei aziende. Ogni gruppo costituito si è quindi confrontato progettualmente sui prodotti o sui target che le aziende hanno descritto come propri. Le sei aziende coinvolte sono state:

- Vibram spa (eu.vibram.com)
- Base Protection srl (baseprotection.com)
- Fratelli Fabbri snc (stivalifabbri.it)
- Carlo srl (footmoov.com)
- MhT srl (mhealthtechnologies.it)
- Re:Lab srl (re-lab.it)

CORRIDOI E BRIEF PROGETTUALI PIEDE/TECNOLOGIA

Partendo dalle macro-aree di interesse messe in evidenza durante la prima parte della ricerca sono stati elaborati alcuni corridoi progettuali in cui il rapporto tra piede e tecnologie abilitanti diventa fulcro di progetto; questi corridoi sono presentati in ordine di imminenza implementativa:

1. Piede Ortopedico & *Made in Italy*
2. Piede che legge il corpo
3. Piede che legge il contesto
4. Piede che ascolta
5. Piede che parla



Figura 11
Corridoi
progettuali

Per ogni corridoio progettuale sono stati evidenziati gli impatti a livello scientifico, sociale, scientifico ed individuati possibili indirizzi di progetto.

Il primo corridoio individua l'area di progetto in cui sperimentare, attraverso le elevate possibilità di customizzazione dei dispositivi sulle forme e sui problemi dei singoli utenti, il superamento della divisione merceologica tra scarpe comuni e scarpe prettamente ortopediche. In questo corridoio rientrano possibili riflessioni sull'utilizzo delle tecnologie abilitanti per identificare nuovi concetti di calzatura.

Impatto industriale

- Aggiunta di valore al mercato della tradizionale scarpa artigianale *Made in Italy*.
- Offerta di una massima customizzazione del prodotto sia per scelte estetiche sia per forme anatomiche.
- Offerta di calzature di qualità abbassando i costi attraverso elaborazioni in cloud.

Impatto Sociale

- Diffusione di prodotti sanitari efficaci.
- Aumento dell'accettazione di prodotti sanitari nella vita quotidiana degli utenti.

Impatto Scientifico

- Valutazione dell'impatto, tramite analisi big-data, dell'utilizzo di calzature ortopediche su larga scala.
- Analisi di big-data sul mondo della calzatura e i comportamenti dell'utenza. Possibili indirizzi di progetto

Possibili indirizzi di progetto

- Piattaforma di controllo che consenta di personalizzare la soletta della scarpa sia da parte del professionista medico sia da quella dell'utente;
- Soletta personalizzabile e sensorizzata che possa essere spostata su molteplici calzature.

Il secondo corridoio progettuale, denominato "il piede che legge il corpo", direziona la propria attenzione alla progettazione di sistemi di analisi dei dati raccolti che siano capaci di offrire maggiore consapevolezza rispetto al corpo agli utenti ed una correzione degli stili di vita. Il corridoio prende in analisi anche l'analisi di dati in tempo reale con il fine di dare risposte istantanee alle situazioni.

Impatto industriale

- Sviluppo di prodotti customizzati sui comportamenti degli utenti.

- Sviluppo di prodotti sanitari correttivi rispetto a pratiche non corrette.

Impatto Sociale

- Monitoraggio del comportamento del corpo umano e modifica attiva dello stesso per un maggiore benessere.
- Prevenzione di patologie causate da comportamenti scorretti.

Impatto Scientifico

- Studio di tipologie di *feedback* adeguati a modificare i comportamenti senza impattare sul normale svolgersi delle azioni umane.
- Studio di metodi di visualizzazione del

dato comprensibili su larga scala.

Possibili indirizzi di progetto

- Diario posturale e dinamico del corpo durante le attività.

- Controllo dei parametri del piede come temperatura, umidità e carichi per leggere dal punto di vista del benessere del piede le attività quotidiane.

Il terzo corridoio progettuale è denominato “il piede che legge il contesto” e direziona l’attenzione all’inserimento nella calzatura, in particolare in quella da lavoro, di sensori capaci di leggere in tempo reale o a posteriori dati riguardanti i contesti in cui si vive e dare risposte specifiche.

Impatto industriale

- Sviluppo di prodotti per il monitoraggio attivo dei luoghi di lavoro e la protezione degli utenti.
- Sviluppo di calzatura base su cui applicare sensori specifici per differenti tipologie di lavoro.

Impatto Sociale

- Maggiore sicurezza nei luoghi di lavoro.
- Prevenzione di incidenti sul lavoro.
- Scatola nera dell’attività lavorativa.

Impatto Scientifico

- Studio di tipologie di *feedback* a diverso livello di allarme
- Studio di metodi di visualizzazione del dato che permettano di analizzare i luoghi di lavoro.
- Studio di sistemi di sensori per ambienti di lavoro specifici.

Possibili indirizzi di progetto

- Progettazione di calzature capaci di rilevare in tempo reale ambienti potenzialmente nocivi per l’uomo (ambiente fisico/chimico non adeguato o circostanze situazionali).
- Progettazione di un sistema di registrazione dell’uomo che tenga traccia delle situazioni in cui agisce in caso di incidente sul lavoro.
- Vibrazioni, linee di tensione che stringono, luci, suoni a supporto della comunicazione di dati.

Il quarto corridoio progettuale è denominato “Il piede che parla” ed ha come centro dello sviluppo progettuale un sistema di comunicazione uomo/macchina basato sulla gestualità del piede.

Impatto industriale

- Sviluppo di macchine strumentali che prendano comandi dalla parte inferiore del corpo.
- Sviluppo di prodotti plantari di comando per molteplici macchine.

Impatto Sociale

- La redistribuzione dell’apporto percettivo e di comando su tutto il corpo potrebbe alleviare il sovraccarico di vista e udito.

Impatto Scientifico

- Studio/sviluppo di un linguaggio gestuale legato al piede che possa essere incisivo nelle azioni dell’uomo liberando altre parti del corpo da un sovraccarico lavorativo.

Possibili indirizzi di progetto

- Rimozione del controllo pedale dalle macchine manifatturiere (es. macchine da cucire) e utilizzo di un dispositivo integrato alla calzatura.
 - Controllo della posizione del paziente adagiato su letti da sala operatoria tramite movimento del piede.
 - Gestualità di controllo applicata all'ambito casalingo. Scelta del dispositivo per prossimità o direzione del piede.
- Risposta a chiamata telefonica, silenziare un dispositivo, inviare notifiche. Azioni demandate alla gestualità del piede.
 - Notificare un'operazione eseguita tramite gestualità del piede in ambito lavorativo.
 - Arresto strumentazione manifatturiera, accesso ai comandi, Login, intervento di manutenzione, badge.

Il quinto corridoio progettuale è denominato "Il piede che ascolta" e focalizza l'attenzione sui modi attraverso i quali il piede può leggere informazioni tattili provenienti da dispositivi adiacenti al piede.

Impatto industriale

- Sviluppo di prodotti che comunichino con il corpo attraverso un linguaggio legato al tatto.

Impatto Sociale

- Sviluppo di prodotti avanzati per utenti con difficoltà visive e/o uditive.

Impatto Scientifico

- Elaborazione di linguaggi aptici a differente portata di significato applicati a contesti specifici.

Possibili indirizzi di progetto

- Studio sulla percezione di punti, direzioni, versi e forme attraverso la pianta del piede.

Il sesto corridoio progettuale è denominato "Il piede come soglia con il digitale" e si colloca in uno scenario dove sempre maggiori quantità di dati georeferenziati si stratificano nei luoghi che quotidianamente percorriamo. Accogliere questi dati sul corpo porta il progettista ad interrogarsi sulle problematiche dell'attenzione e della mutata percezione dei luoghi stessi.

In questo scenario il piede diventa soglia tra digitale e fisico e utilizza l'aptica e il tatto come vettori narrativi/percettivi.

Impatto industriale

- Sviluppo di prodotti per la realtà aumentata che guidino gli utenti in particolari contesti d'uso in interno e in esterno. Possibilità di entrare nelle preferenze percettive dell'utente.

Impatto Sociale

- Ridistribuzione degli input digitali sulla superficie del corpo e non solo su vista e udito.

Impatto Scientifico

- Studio del rapporto tra il corpo e di dati referenziati agli spazi comunicati tramite sistemi aptici sullo stesso.

Possibili indirizzi di progetto

- Riconoscimento delle scie digitali (dati lasciati georeferenziati ai luoghi) dalle persone per rilevare i percorsi più comuni utilizzati dentro spazi da visitare come musei, mostre, parchi, città.
- Gestire i dati che dalla realtà aumentata entrano in relazione con il corpo (scelta, gerarchia).
- Comunicazione tra prodotti esterni al corpo e corpo stesso.
- Progettazione di dati costruiti per essere legati ad uno spazio specifico personale (promemoria) o condiviso (opere d'arte).
- Calzature capaci di rilevare impianti e infrastrutture nascoste.
- Sovrapposizione di dati passati o attuali durante azioni sportive per individuare differenze negli allenamenti.

I brief su cui è stato chiesto agli studenti di confrontarsi progettualmente convogliano gli approfondimenti presenti nei corridoi in sei tematiche: il benessere del corpo negli spazi (1,2), del rapporto con le macchine sul luogo di lavoro (3), del *Made in Italy* (4), dell'*health* (5,6), della quotidianità il rapporto con la città (7,8).

1. Il benessere del corpo nei diversi contesti. Studio delle risposte progettuali ai parametri ambientali che influiscono sull'organismo.
2. Il piede come strumento monitorante gli ambienti di lavoro.
3. Il piede come strumento attivatore di macchine utensili.
4. Superamento della divisione merceologica tra calzatura *Made in Italy* e prodotti ortopedici applicati al piede tramite la customizzazione avanzata permessa dalle tecnologie abilitanti.
5. Il piede come luogo in cui agire per una correzione attiva dello stile di vita.
6. Il piede come luogo in cui agire per intervenire attivamente nel controllo di patologie specifiche.
7. Il piede come luogo di scambio di informazioni tra gli oggetti del quotidiano e noi.
8. Il piede come luogo di scambio di informazioni tra la città e noi.

FATTO CON I PIEDI, SEMINARIO DI RICERCA

In corrispondenza alla fase di ricerca del corso tenuto dal prof. Celaschi in Advanced Design della magistrale in Advanced Design del prodotto nell'anno accademico 2018/2019 è stato organizzato un seminario sul tema del rapporto tra piede e tecnologie coinvolgendo molteplici personalità della ricerca e dell'impresa.

Obiettivi del seminario sono stati descrivere il contesto di tecnologie e tematiche utilizzate dalle aziende che si occupano di calzature e individuare focus di interesse su cui i progettisti in platea si sarebbero successivamente misurati nel corso della didattica.

Al seminario sono intervenuti quattro professionisti della ricerca di ambiti differenti e sei aziende che hanno raccontato il proprio lavoro nell'ambito della calzatura:

- Prof. Nicola Baldini,
Università di Bologna,
Istituto Ortopedico Rizzoli
- Dott. Lorenzo Brognara,
Università di Bologna, Podologo
- Prof. Roberto Nicoletti,
Università di Bologna, Dip. Di Filosofia
e Comunicazione
- Ing. Giuseppe Padula,
Università di Bologna, Dipartimento di
Architettura, Advanced Design Unit
- Prof. Roberto Montanari, Direttore
Centro di Ricerca Scienza, Nuova Uni-
versità degli Studi Suor Orsola Benin-
casa. Co- founder Re-Lab
- Vibram spa
Francesco Perrotti, manager
Masaya Hashimoto, designer
- Base Protection srl
Raffaella Amoruso, Engineering
Design
- Fratelli Fabbri snc
Francesco Fabbri, proprietario
- Carlo srl
Luigi Campigli, proprietario
- MhT srl
Carlo Tacconi, CEO
- Re:Lab srl
Roberto Montanari, co-founder

Il prof. Baldini e il dott. Brognara hanno sviluppato un intervento dal titolo “L'importanza e il ruolo del piede nel cammino e per il benessere della persona”.

L'intervento è stato sviluppato partendo da un inquadramento dell'anatomia del piede e della sua relazione con il movimento animale sia nella configurazione attuale del corpo umano sia in quella degli antenati.

La presentazione ha quindi affrontato l'importanza ed il ruolo del piede nel benessere fisico della persona attraverso l'enunciazione delle caratteristiche anatomiche della struttura del piede e del processo di cammino. In relazione a queste sono state presentate alcune malattie e problematiche comuni all'interno dell'area del piede e le relative strategie di intervento. Particolare enfasi è stata data al modo in



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN ADVANCED DESIGN

2^o cycle
degree master
**advanced
design**



FATTO CON I PIEDI

Tecnologie e Design
per l'innovazione
delle calzature

martedì
16/10/2018

ore 9:00/14:00
Sala delle Armi,
via Zamboni 22

intervengono:

Prof. Nicola Baldini
*Alma Mater Studiorum,
Istituto Ortopedico Rizzoli*

Dott. Lorenzo Brognara
*Alma Mater Studiorum,
Podologo*

L'importanza e il ruolo
del piede nel cammino
e per il benessere
della persona.

Prof. Roberto Nicoletti
*Alma Mater Studiorum,
Dip. di Filosofia
e Comunicazione*
Percepire con il corpo.
Psicologia e neuroscienza
alla base del progetto
per il piede.

Ing. Giuseppe Padula
*Alma Mater Studiorum,
Advanced Design & Technology
Manager*

Trasformazioni digitali
e applicazioni nel campo
manifatturiero.

Un esperimento di successo.

Prof. Roberto Montanari
Interaction designer, Re-Lab
Il piede come interfaccia.

Vibram s.p.a.
Base Protection s.r.l.
Fratelli Fabbri s.n.c.
Carlos s.r.l.
Mht s.r.l.
RE:Lab s.r.l.

moderano:
Flaviano Celaschi
Giorgio Dall'Osso

cui le tecnologie si pongono in aiuto nelle attuali terapie ortesiche, in questo senso sono state approfondite:

- le tipologie di gait analysis, elaborate tramite piattaforme dinamometriche, telecamere ad infrarossi ed elettrodi su muscoli chiave;
- le tipologie di analisi del movimento effettuate con pod sensorizzati;
- l'utilizzo della stampa 3d per le sperimentazioni sulle ortesi;
- la differenziazione dei dispositivi utilizzati nella terapia ortesica (rialzi nel retro del piede, cunei sotto la zona mediale del tallone, solette rigide per il corretto sviluppo del carico avampodalico, plantari accomodativi, plantari funzionali, plantari funzionali/biomeccanici, plantari propriocettivi);
- le principali tipologie di calzatura con uso specificatamente medico (chiusura a velcro, scarpa maggiorata, tacco fisiologico, suola a dondolo, forte posteriore rigido, tomaia automodellante).

Il prof. Nicoletti ha presentato un intervento dal titolo “Percepire con il corpo. Psicologia e neuroscienza alla base del progetto per il piede”.

L'intervento ha avuto come obiettivo il porre l'attenzione sui processi cognitivi che influenzano la percezione nel suo rapporto stretto con il movimento umano. Nella presentazione si è appreso quanto la percezione sia un fenomeno complesso in cui, oltre ai sensi, è coinvolto l'intero corpo attraverso i recettori in esso dislocati; l'insieme degli stimoli è poi mediato dal processo di “attenzione” che regola dinamicamente flussi di informazione in entrata.

Il rapporto tra movimento e percezione si esplicita nelle componenti che formano la triade percezione-decisione-azione e viene scandita dai cinque stadi che descrivono l'atto motorio:

- selezione e filtraggio, in cui gli stimoli convergono al cervello a partire dalle modalità sensoriali e dai recettori posti nei muscoli e nelle articolazioni;
- esperienza, in cui gli stimoli percettivi vengono identificati e codificati in base alla memoria e l'esperienza personale;
- stima temporale, in cui avviene la pianificazione della risposta motoria in base alle informazioni precedenti;
- scelta del programma motorio da mettere in atto con le componenti caratteristiche destra/sinistra del corpo;
- esecuzione della risposta motoria con velocità e accuratezza determinate.

L'ing. Padula ha presentato una riflessione dal titolo “Trasformazioni digitali e applicazioni nel campo manifatturiero. Un esperimento di successo” nel quale ha raccontato, attraverso alcuni casi studio, quanto le tecnologie abilitanti siano perno attivo nella generazione di innovazione nei processi di innovazione nel campo

manifatturiero.

Il prof. Montanari ha tenuto una presentazione dal titolo “Il piede come interfaccia” in cui ha tracciato, attraverso casi studio applicativi, le potenzialità dell’utilizzo del piede come luogo di interfaccia tra uomo e macchina.

L’intervento è stato suddiviso su tre argomenti, ognuno sviluppato attraverso una narrazione esplicitata da casi studio prototipali o merceologici:

- il piede che indossa interfacce;
- l’interfaccia col piede;
- l’interazione con il piede.

Il “piede che indossa interfacce” è una tipologia di prodotto che carica su di sé funzionalità aggiuntive, funzionali o comunicative, come schermi, led, vibratorii.

L’ “interfaccia col piede” è una categoria di oggetti esterni al corpo pensati per entrare in relazione con il piede o i piedi; appartengono a questa categoria tutte le tipologie di pedali o di pedane meccaniche o digitali.

Alle “interazioni con il piede” appartengono infine quelle interfacce che utilizzano o potrebbero utilizzare i movimenti del piede per inviare comandi alla macchina in modo simile ai dispositivi che sfruttano i gesti delle mani.

In appendice all’intervento sono stati presentati alcuni spunti per orientare la progettazione dei designer in platea utilizzando come punto di riferimento la scomposizione che Roman Jakobson attua sulle funzioni del linguaggio e a cui il relatore ha collegato spunti progettuali:

- funzione emotiva, cioè un piede che sa raccogliere dalle attività che l’uomo svolge durante il giorno;
- funzione conativa, cioè un piede capace di assumere su di sé il ruolo di guida in situazioni particolari come di pericolo o disorientamento;
- funzione referenziale, cioè un piede che sa leggere il contesto che il corpo attraversa;
- funzione poetica, cioè un piede capace di intercettare il linguaggio corporeo umano nel quale il piede è parte attiva;
- funzione fàtica, cioè un piede capace di attivare e controllare la comunicazione;
- funzione metalinguistica, cioè un piede che diventa fulcro di un linguaggio strutturato.

L’azienda Vibram spa, leader mondiale nella produzione e commercializzazione di soles in gomma, ha presentato il progetto fivefinger e il progetto Furoshiki che in diverso modo utilizzano concetti e tecnologie introdotte da Vibram nel campo della calzatura.

L'azienda Base Protection srl, punto di riferimento italiano per la produzione di scarpe di anti-infortunistica, ha presentato le innovazioni che ha portato sul mercato nel campo della calzatura di protezione in ambito lavorativo.

L'azienda Fratelli Fabbri snc, che produce stivali sportivi di alta gamma per l'ippica, ha presentato i propri prodotti di punta il cui focus è l'equilibrio tra tradizione artigianale, materiali innovativi e tendenze trasversali rispetto l'etica intorno ai processi e ai materiali.

L'azienda Carlo srl, azienda specializzata nella realizzazione di scarpe artigianali, ha presentato il proprio progetto di calzatura smart. La particolarità di questa calzatura risiede nell'integrazione dell'elettronica in fase di assemblaggio della scarpa che consente alla componentistica elettronica, in particolare ai sensori, di essere vincolati alla struttura della scarpa. Il prodotto, in fase di lancio, è presentato come piattaforma di sviluppo per progetti che abbiano nel rapporto tra tecnologia e piede il fulcro innovativo.

L'azienda MhT srl, specializzata in dispositivi capaci di rilevare dati ai fini dell'analisi del movimento, ha presentato le potenzialità delle proprie applicazioni nell'ambito della valutazione delle funzionalità motorie e della riabilitazione del cammino. In questi ambiti il focus dell'azienda risiede nella diminuzione dei costi dei dispositivi mantenendo la portabilità dei sistemi e la qualità dei dati raccolti. I dispositivi realizzati sono certificati CE *Medical Device*.

I progetti Mht, oltre a rilevare dati e mostrarli tramite interfacce utente dedicate (professioni sanitari, sistema sanitario, pazienti) forniscono un assistente virtuale in grado di accompagnare l'utente nelle fasi di utilizzo.

L'azienda Re:Lab srl è una delle più grandi realtà in Italia ad occuparsi di *interface design*. La presentazione dell'azienda è stata fatta all'interno dell'intervento del professor Montanari, co-fondatore dell'impresa.

CONCLUSIONI DEL SEMINARIO

Il seminario ha messo in evidenza quanto il settore della calzatura si trovi di fronte a delle possibilità di sviluppo molteplici dove l'integrazione delle tecnologie abilitanti con i prodotti e i processi potrebbe divenire chiave di volta per orientare l'innovazione.

I relatori hanno quindi sottolineato alcuni focus su cui il progetto della calzatura o il progetto con il piede dovrebbe indagare:

- Un piede veicolo di interfacce in entrata e uscita che si fa attento alla stretta relazione tra movimento e percezione del corpo;
- Un piede che trova degli alloggiamenti dedicati alla propria anatomia e funzionalità (limitata o non limitata);

- Un piede che registra gli avvenimenti intorno a sé in *real time* e riesce ad inviare delle risposte adeguate al contesto in cui ci si trova.

L'allineamento delle tematiche affrontate dai relatori con i corridoi progettuali proposti agli studenti ha rafforzato l'inquadramento tematico del corso. I casi studio proposti agli studenti sia dai relatori sia dalle aziende presenti, hanno esplicitato le potenzialità multiple dell'uso delle tecnologie abilitanti nel settore in oggetto.

ESITI SPERIMENTAZIONE DIDATTICA

I risultati progettuali del laboratorio, che evidenziano funzionalità specifiche e ambiti applicativi, si collocano omogeneamente rispetto i corridoi delle macro-aree “piede ortopedico & made in italy” e “ortesi sensibile”. Nello schema sottostante sono messe in evidenza anche le funzionalità espresse nella ricerca sui corridoi progettuali e quelle emerse nella scrittura dei progetti di ricerca.

Le molteplici funzionalità dei concept e dei progetti degli studenti si riconducono a sei principali ambiti di impiego; in alcuni casi queste funzionalità sono sfumate su più ambiti in quanto l'oggetto non è giunto ad una piena definizione progettuale.

Gli ambiti “lavoro”, “health” e “sport” definiscono chiaramente il proprio confine di interesse; l'ambito “spazio pubblico” comprende le funzionalità che si rivolgono espressamente al rapporto con l'ambiente urbano e i dati in esso generati; l'ambito “invecchiamento attivo” fa riferimento alle funzionalità che dirigono l'attenzione ad una determinata categoria di utenti; infine l'ambito “calzatura generica” comprende tutte quelle funzionalità che potrebbero ricadere in una calzatura IoT indossata nella quotidianità trasversalmente ad altri ambiti.

La ricerca per la definizione dei corridoi progettuali, il seminario “Fatto con i piedi” e il laboratorio didattico hanno fatto emergere funzionalità specifiche che il piede, attraverso l'implementazione delle tecnologie abilitanti, può assumere su di sé divenendo fulcro di azioni progettuali in molteplici ambiti.

Il grado dei progetti realizzati è vario e le difficoltà realizzative, rispetto l'attuale stato e penetrazione delle tecnologie nel mercato, aumentano esponenzialmente dal corridoio “piede ortopedico e made in italy” procedendo in senso orario.

I risultati raggiunti mostrano la difficoltà dei progetti realizzati durante il corso nell'entrare nella macro area degli “effetti cognitivi” che comprendono anche implementazioni strutturate a livello di interfaccia uomo/macchina. Questa difficoltà ad immaginare funzionalità avanzate del piede potrebbe essere dovuta sia ad una mancata comprensione delle possibilità progettuali sia al dialogo stretto con le aziende che hanno per la maggior parte dei casi spinto a piccole implementazioni tecnologiche dei propri prodotti.

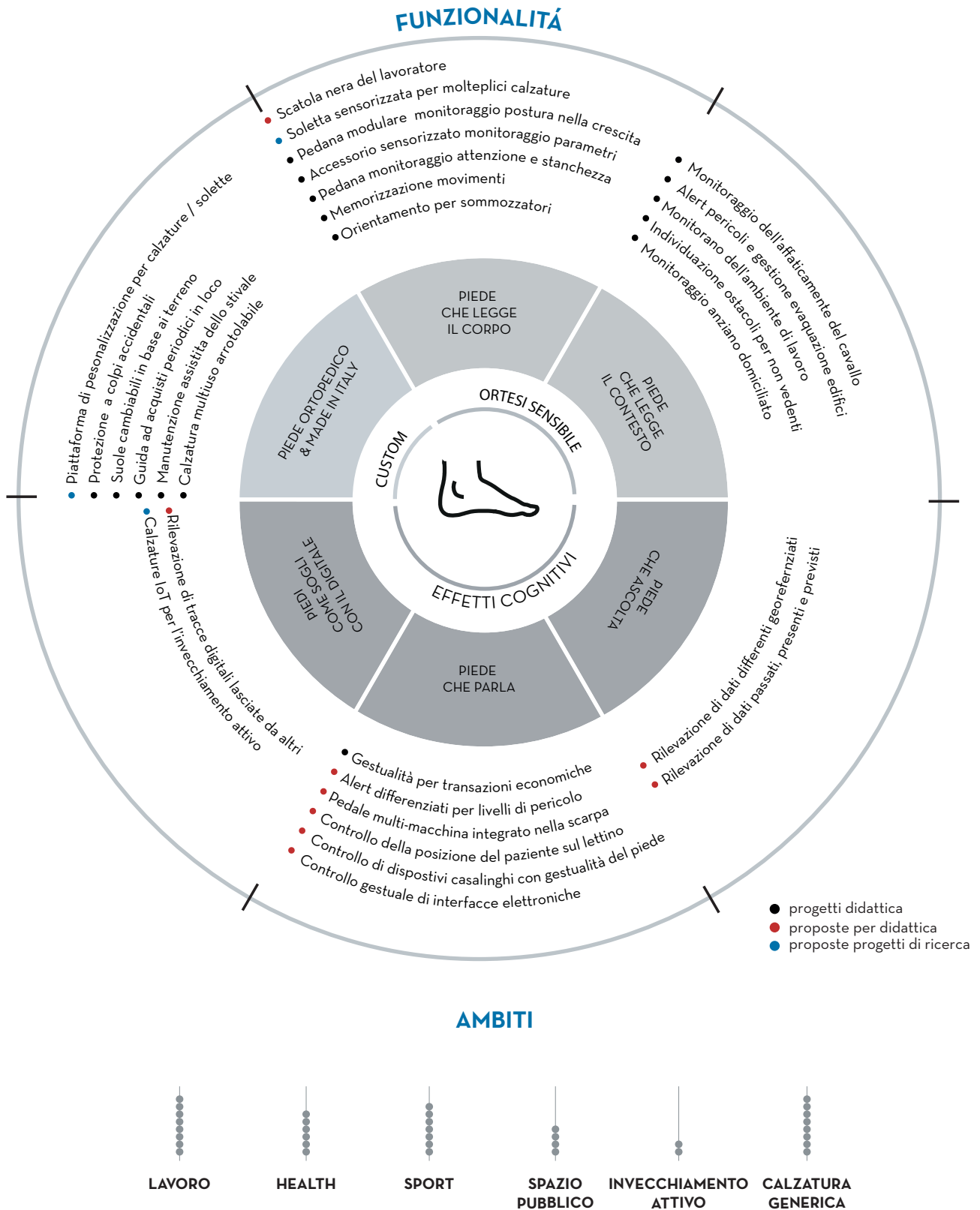


Figura 13
Esiti della sperimentazione didattica

All'interno della riflessione della ricerca qui presentata, che indaga il rapporto tra corpo e tecnologie abilitanti, l'area che inquadra il piede come interfaccia risulta quella di maggiore interesse. L'implementazione della calzatura con sistemi di tracciamenti dei dati corporei e ambientali e con sistemi di comunicazione uomo/macchina ha grandi potenzialità applicative.

Lo sviluppo di questa area potrà avere ricadute in senso antiorario su tutti i corridoi progettuali messi in evidenza dalle esperienze precedentemente descritte.

Fondamento dello sviluppo di progetti legati a queste tematiche deve essere una adeguata conoscenza delle capacità del corpo a livello biomeccanico e percettivo.

Un approccio progettuale e sperimentale aperto alla conoscenza poliedrica del corpo esprime profonde complessità.

La scelta di isolare una specifica area del sistema corpo risulta determinante nell'ottica dell'analisi bibliografica e di casi studio; per questo motivo, nel capitolo successivo, verrà presentata un'approfondita indagine sul piede e sulle potenzialità legate al suo utilizzo dialogico con le tecnologie abilitanti.

IL PIEDE COME PIATTAFORMA ESPLORATIVA PER UNA TECNOLOGIA INTEGRATA

Tra le molteplici aree del corpo il piede ha caratteristiche specifiche che lo rendono un luogo privilegiato per testare l'attuale stato delle tecnologie abilitanti sul corpo (Celaschi & Dall'Osso, 2019).

Il piede rappresenta doppiamente un luogo di confine tra corpo e spazio: è l'estremità umana che per prima entra in contatto fisico con gli ambienti esterni ed è rivestito dalla pelle, organo denso di recettori sensoriali, che fisiologicamente divide il corpo interno dallo spazio circostante. La pelle è dunque un efficace meccanismo per interagire con il mondo ma difficilmente ci si potrebbe limitare nel descriverlo come strumento di contatto (Maldonado, 1997) in quanto in essa è espresso il concetto di limite tra corpo e spazio (Blumer, 2009) determinando la distinzione di noi dal mondo esterno (Buiatti, 2014) e legandoci percettivamente ad esso in un meccanismo di comunione (Merleau-Ponty, 1945).

Nel piede la pelle ha una densità di recettori media rispetto alle altre aree del corpo tuttavia, le aree con maggiori capacità percettive (polpastrelli, labbra, naso, dita, palmo della mano) sono spesso difficilmente implementabili con le tecnologie attuali.

Infine, nel movimento coordinato che consente al corpo di procedere, la distanza creatasi tra un piede e l'altro è il passo, elemento umano di misura dello spazio.

Il piede è quindi elemento umano di avanguardia e soglia tra corpo e spazio, strumento di conoscenza del mondo e soggetto attivo del movimento.

Come soglia il piede è capace simultaneamente di raccogliere informazioni dal corpo e dall'ambiente; similmente l'implementazione tecnologica con sensori nell'area limitrofa al piede, garantiscono la raccolta di dati digitali di entrambe le aree.

I dati afferenti allo spazio possono essere di natura fisica (temperatura, umidità, composizione del suolo, inclinazione del suolo, etc.) se raccolti dai sensori o di tipologia mista se referenziati allo spazio attraversato e messi in comunicazione con i sistemi digitali implementati nel piede.

I dati relativi al corpo riguardano la sfera dei dati fisico/chimici della pelle o sono una lettura della dinamica del movimento (centro di peso, velocità, accelerazione, distribuzione pressoria).

¹⁸ Casi studio
Piede n.02
"Leomo", n.04
"Iofit", n.05 "Foot
logger", n.038
"Climbing assist"

¹⁹ Caso studio
Piede n.01
"Orpix"

²⁰ Casi studio
Piede n.03
"Nike+", n.06
"Moov", n.07
"Moticon"

²¹ Caso studio
Piede n.14
"Calzini per
Alzheimer", n.16
"Owlet"

L'elaborazione dei dati che il piede può raccogliere rendono possibile la lettura di situazioni molteplici come *feedback* sulla postura¹⁸, segnalazioni di eccessive pressioni sul piede¹⁹, dati sulla prestazione sportiva²⁰, dati afferenti alle azioni quotidiane di persone monitorate a distanza²¹, dati sul linguaggio del corpo proprio e altrui (Quek et al., 2008; Huber, 2013), etc.

Approfondire il tema del piede presentandolo come luogo adatto all'implementazione con tecnologie abilitanti non può prescindere da una qualità anatomica umana, la simmetria sul piano sagittale porta il corpo ad essere diviso in due elementi simmetrici detti antimeri i quali sono a loro volta formati da parti omotipiche. I piedi sono una di queste parti, cioè appaiono doppi, separati e simmetrici. Questa simmetria è interessante in quanto rispettata formalmente ma spesso non funzionalmente: il ciclo del cammino è un esempio di come i piedi alternino lo stesso movimento a distanza temporale ravvicinata.

La presenza doppia del piede, come elemento libero ma con un gemello omotipico, ha ripercussioni evidenti nella percezione del suolo; similmente alla comprensione degli oggetti che sono esplorati da entrambe le mani anche i piedi tendono a raccogliere informazioni dall'ambiente unendole poi nella percezione del terreno solcato.

Il piede infine risulta essere un luogo adatto all'applicazione dell'attuale stato delle tecnologie abilitanti in quanto inserito all'interno delle calzature, prodotti che da millenni avvolgono i piedi in modalità, tecniche e materiali sempre più evoluti (G. Riello & McNeil, 2007).

La stretta connessione tra piede e scarpe consente l'acquisizione di dati in modo qualitativamente rilevante; inoltre i volumi presenti nelle calzature rendono possibile inserire elementi tecnologici avanzati senza che questo provochi fastidi o caratterizzi inevitabilmente la forma finale dei prodotti (la miniaturizzazione non è una caratteristica raggiunta trasversalmente da tutta la tecnologia implementabile sul corpo). Questi spazi sono quindi identificabili con l'unità destra e sinistra proponendo riflessioni progettuali in linea con questa duplice qualità. Inoltre le calzature sono potenzialmente oggetto di un minore turnover rispetto ad altri oggetti indossabili; in particolare se ci si riferisce ad un elemento utilizzato in più scarpe: la soletta.

Il piede come piattaforma esplorativa per una tecnologia integrata presenta anche delle difficoltà progettuali importanti legate sia alla lettura integrata dei dati raccolti dal corpo e dall'ambiente sia alle interfacce uomo-macchina che il piede può utilizzare. I linguaggi in fase di studio alla base di queste interfacce registrano comunque ampi margini di ricerca a supporto dell'ipovisione, della correzione posturale attiva, della percezione in ambiente di realtà virtuale.

IL PIEDE PARTE DEL CORPO

Analizzare il piede dal punto di vista anatomico è compito complesso, in questo paragrafo si mostrano alcuni riferimenti volti a orientare e focalizzare l'attenzione su macro-caratteristiche sfruttabili dalla tecnologia *wearable*.

Il piede è una parte del corpo composto da 26 ossa raggruppabili in tre gruppi principali: tarso, metatarso e falangi. Il tarso è la parte del piede che lo collega alla caviglia; il metatarso è il ponte di collegamento tra il tarso e le falangi e assume una forma convessa rivolta verso il dorso del piede e concava rivolta verso la pianta dello stesso. Il gruppo delle falangi comprende 14 ossa e forma le cinque dita dei piedi. Completano la struttura del piede muscoli e tendini dorsali e plantari. La struttura del piede, insieme a quella della caviglia e della gamba consente al piede di effettuare numerose tipologie di movimento. Il piede in particolare è capace di effettuare movimenti sui tre singoli assi e combinare gli stessi. I movimenti possibili, visibili nell'immagine sottostante (Neumann, 2002) sono: eversione/inversione, abduzione/adduzione, dorsiflessione/flessione plantare, pronazione e supinazione.

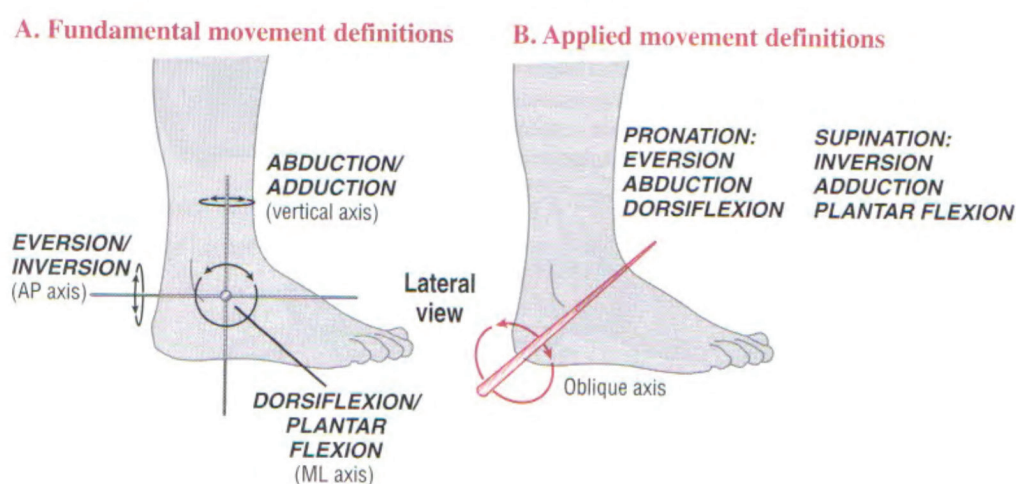


Figura 14
Possibilità
di movimento
del piede
(Neumann, 2002)

Oltre a questi movimenti la forma del piede consente di accompagnare funzionalmente il movimento del corpo nello spazio attraverso il movimento del passo. Il passo è un movimento che a livello del piede si divide nella fase di appoggio e in quella di oscillazione; le stesse poi possono essere scomposte in molteplici fasi come: contatto del tallone, contatto dell'intera pianta, sollevamento del tallone, sollevamento dell'alluce. Dal momento in cui il tallone entra a contatto con il suolo fino a che l'alluce non si solleva dallo stesso è possibile rintracciare sulla pianta una linea del centro di pressione del piede che avrà variazioni grandi o piccole a seconda della postura e dalle caratteristiche anatomiche del soggetto. Per rispondere alle forze in gioco l'altezza dell'arco longitudinale mediale durante la fase di appoggio (da 0% a 60%) (Neumann, 2002) varierà in modo da ammortizzare il corpo stesso armonizzando il cammino umano.

Figura 15 (sx)
 Percorso
 del centro
 di pressione
 durante le fasi del
 ciclo del passo
 (Neumann, 2002)

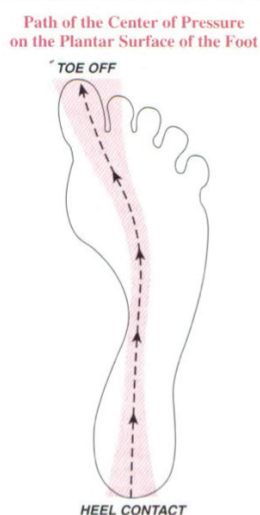
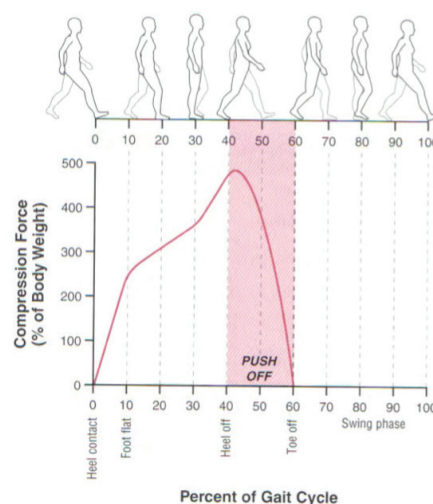


Figura 16 (dx)
 Forze di
 compressione
 agenti sul piede
 durante le fasi del
 ciclo del passo
 (Neumann, 2002)



Il piede è completamente rivestito dalla pelle, essa contiene al suo interno numerosi recettori che permettono al corpo di recuperare informazioni tattili fondamentali per comprendere il suolo sul quale il corpo indugia, aiutare l'equilibrio e quindi la camminata. I recettori all'interno della pelle sono di diverso tipo: termo-recettori, nocicettori, meccanorecettori.

I meccanorecettori, classificati sul tasso di adattabilità e al campo recettivo, si dividono in 4 tipologie: SAI, SAII, FAI e FAII.

I meccanorecettori veloci (FAI e FAII) sono utili a rilevare le vibrazioni, quelle lente (SAI e SAII) sono utili alla propriocezione. I meccanorecettori di tipo I sono sensibili alle basse frequenze (5-40 Hz) mentre quelle di tipo II sono sensibili alle alte (100-130 Hz). La loro distribuzione è illustrata dalla figura sottostante (Velazquez et al., 2009). Il piede utilizza questi meccanorecettori per stabilizzare l'andatura umana avvertendo le perturbazioni del terreno e trasmettendo informazioni sugli aspetti temporali, spaziali e intensivi delle pressioni applicate. Le unità SA sembra segnalino informazioni sui cambi degli schemi di contatto durante le fasi dell'oscillazione del corpo durante la locomozione mentre le unità FA forniscono informazioni sulla tempistica con cui il piede entra o rompe il contatto con il suolo

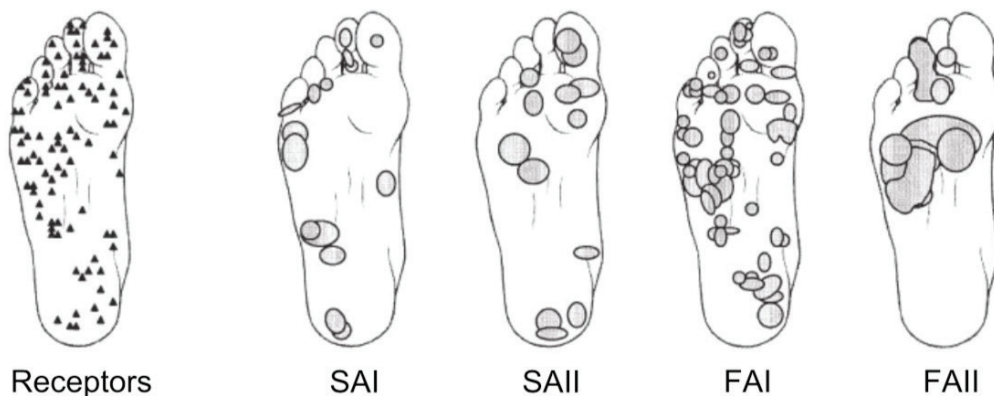


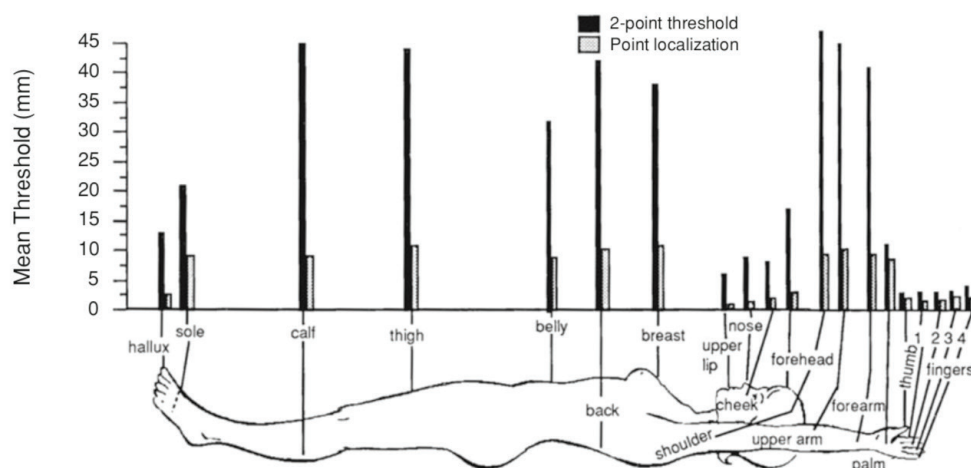
Figura 17
 Distribuzione dei
 meccanorecettori
 nella pianta del
 piede (Velazquez
 et al., 2009)

Fig. 1. Distribution of mechanoreceptors in the foot sole, after [8].

(Trulsson, 2001).

La sensibilità della pelle è eterogenea. Le parti più sensibili si trovano sui polpastrelli e sulle labbra, quelle meno sensibili su polpacci, coscie, spalla. È interessante notare la capacità percettiva tattile del piede si colloca nella media rispetto al corpo; essa è in grado di riconoscere due punti stimolati alla distanza di 20 mm e localizzare uno stimolo con la precisione di 2,5 mm (Lederman & Klatzky, 2009).

Figura 18
Soglia percettiva media del tatto. Tratta da Lederman, 1991, Encyclopedia of human biology, vol.7, p.55



CALZATURA, STRUMENTO COMUNICATIVO E TECNOLOGICO

La calzatura è “tutto ciò che serve a rivestire il piede e la gamba”²². In questa categoria rientrano calzari, scarpe, babbucce, ballerine, ciabatte, (region.) ciocia, décolletés, mocassini, pantofole, sandali, scarponi, stivali, zoccoli.

La scarpa accompagna l'evoluzione tecnica e culturale dell'uomo da sempre. La scarpa è infatti una fusione di funzionalità ed espressione simbolica, “strumento essenziale di mediazione tra il corpo umano e lo spazio fisico esterno” (G. Riello & McNeil, 2007, p.4)

La mediazione funzionale con lo spazio avviene grazie alla tecnologia di cui la calzatura si fa portatrice: specializzazioni sempre più marcate consentono ai nostri piedi di affrontare agevolmente terreni e superfici eterogenee in modi che non sarebbero consentiti ai piedi nudi.

La mediazione sociale con i contesti culturali in cui l'uomo è immerso avviene attraverso la forma, i colori e i marchi stratificati nella scarpa indossata. La scarpa e i riti intorno ad essa sono da sempre espressione dell'appartenenza a gruppi giovanili o di potere (G. Riello & McNeil, 2007), identità sessuali (Del Vecchio, 2006, p.142), sottoculture urbane, etc.

La storia è densa di esempi chiarificatori di come la calzatura sia un terreno di progetto primario per la distinzione sociale e rappresentazione del proprio ego. Di particolare interesse risulta l'evoluzione merceologica della calzatura sportiva dagli

anni '70 del Novecento in poi. Le innovazioni in questo settore si sono succedute a ritmo veloce e costante inseguendo tre fattori del marketing che la Gill iscrive all'interno di una "retorica della calzatura sportiva" (Gill, 2007, p.237): ogni pratica sportiva necessita di una specifica calzatura con la conseguente esaltazione della scelta della scarpa giusta che valorizzi la propria prestazione; ogni persona deve dedicare energie e tempo al miglioramento di sé attraverso il fitness e attività focalizzate al benessere; i look e i marchi portano con sé messaggi e valori espliciti.

È interessante notare, attraverso la ricerca dei casi studio, come il mercato della calzatura sportiva sia stato il primo ad accogliere su di sé le tecnologie abilitanti attraverso soluzioni in risposta ai fattori espressi sopra. La scarpa smart, implementata con sensori, attuatori e microcomputer si inserisce in molteplici ambiti che trovano tuttavia nella calzatura sportiva chiari riferimenti progettuali a livello di prodotto, comunicazione e marketing.

Come qualsiasi aspetto del progetto ogni caratteristica della calzatura porta con sé ambivalenze funzionali/espressive. È giusto quindi per la disciplina del design archiviare tutte le formalizzazioni storiche delle merci e utilizzarle come un catalogo per la progettazione della scarpa futura. Inserire tecnologie intorno al piede non è un compito agevole e la storia della calzatura può aiutare nell'immaginare possibilità formali già collaudate nel rapporto con il corpo e il movimento.

Si riportano qui alcuni elementi della calzatura suggestivi, potenzialmente utili all'inserimento di elementi tecnologici laddove non lo abbiano già fatto.

- Talari e speroni. Nella mitologia classica a Mercurio ed altre divinità vengono attribuite delle particolari calzature, i talari; esse sono una sorta di sandali caratterizzate da uno sperone alato. Oltre alla mitologia lo sperone è una parte della calzatura capace di estendersi oltre i normali limiti della scarpa senza provocare fastidio al cammino; un esempio sono i rumorosi speroni da *cow-boy*.
- Staffa. La staffa è un elemento in cui il piede entra e permette di dialogare con un corpo esterno, quello del cavallo. La staffa è utilizzata con diverse parti del piede e non ostacola particolarmente i movimenti dello stesso.
- Pedale. Esistono molteplici esempi di pedali: pedali da biciletta classici o ad attacco rapido; pedali che regolano l'intensità delle macchine o pedali che devono essere premuti sempre fino in fondo per garantire un livello di attenzione alto da parte del macchinista (pedale del morto).
- Punta. La punta delle scarpe è un ricco luogo di sperimentazione formale. Esempio estremo sono le lunghe e attorcigliate punte utilizzate in alcune calzature asiatiche.
- Tacco. Il tacco è un elemento di sperimentazione estremo. La moda esprime e ha espresso una variabilità formale estrema intorno a questa parte della scarpa. Il tacco è un volume spesso molto ampio che le tecnologie abilitanti non hanno avuto paura di invadere primariamente²³.

- Lacci e Corregge. Il progetto del laccio della scarpa è antichissimo. La classica Ciocia non è altro che un elemento di cuoio curvo tenuto insieme al piede con delle corregge. I lacci delle moderne scarpe da ciclismo sono messi in trazioni da meccanismi autobloccanti mentre quelli delle “Nike Hyperadapt”²⁴ si stringono intorno al corpo autonomamente quando il piede entra nella scarpa. Nelle “Instapump” della Reebok²⁵ i lacci sono sostituiti da una pelle capace di gonfiarsi adattandosi al piede.
- Calze. Calze e calzini sono un involucro di primo livello del piede, spesso nascosti si mostrano solo in situazioni intime. Reggicalze e giarrettiere sono elementi portatori di pura simbologia ma nel passato rappresentavano anche soluzioni tecniche a sostenere l’aderenza con il corpo. L’evoluzione della tecnologia tessile sta permettendo la produzione di calzini molto resistenti che possono essere usati senza l’uso di scarpe²⁶ (barefoot) o l’inserimento nell’ordito di fibre conduttive che abilitano il tessuto alla raccolta di dati del corpo²⁷.

La miniaturizzazione delle tecnologie è una realtà attuale, tuttavia, come già approfondito, in questa fase di sviluppo iniziale permangono ancora volumi non trascurabili come le batterie e alcuni attuatori. La storia della calzatura mostra in questo senso delle soluzioni formali tutt’altro che trascurabili, capaci di abilitare la scarpa alle tecnologie abilitanti.

LA TECNOLOGIA DIGITALE E IL PIEDE, STATO DELL’ARTE

Durante l’intero periodo del percorso di ricerca sono stati raccolti e documentati casi studio afferenti ad otto campi applicativi del progetto: benessere, arte e performance, *automotive*, vita quotidiana, *fashion*, *health*, sport professionale e sport amatoriale. Negli schemi sottostanti i casi studio sono stati distribuiti sui campi applicativi e divisi tra i progetti afferenti all’ambito della ricerca e quelli afferenti all’ambito commerciale.

Figura 19
Ambiti emersi dall’analisi dei casi studio progettuali nel contesto del piede

²³ Casi studio
Piede n.23
“Scarpe autoricarica”, n.41
“Wahu”

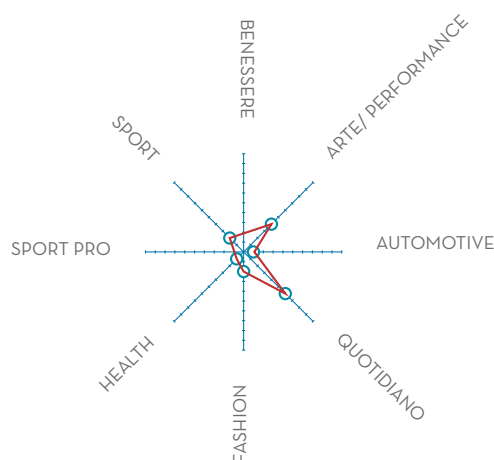
²⁴ Caso studio
Piede n.22 “Nike Hyperadapt 1.0”

²⁵ Caso studio
Piede n.26
“Instapum”

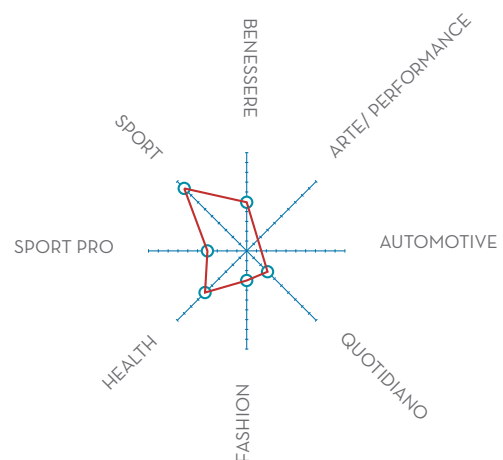
²⁶ Casi studio
Piede n.32
“Barefoot Company”, n.33
“Five finger”

²⁷ Caso studio
Piede n.13
“Sensoria”

AMBITO RICERCA
ricerca e arte



AMBITO COMMERCIALE



Durante la raccolta dei casi studio è stato necessario attribuire agli stessi alcune categorie che aiutassero a leggere trasversalmente gli obiettivi, spesso molteplici, dei progetti. Le categorie utilizzate sono:

- **Attivare il piede.**
La categoria raccoglie i casi studio che intervengono sulle caratteristiche sotto-utilizzate del piede: sensibilità propriocettiva, tattile, resistenza anatomica del piede agli urti e al supporto delle dinamiche del movimento.
- **Comprendere il corpo.**
La categoria raccoglie i casi studio la cui azione è legata alla raccolta di dati digitali relativi alla descrizione del comportamento del corpo nei contesti applicativi.
- **Comprendere il contesto.**
La categoria raccoglie i casi studio il cui obiettivo è la raccolta di dati digitali legati al contesto al fine di comprendere meglio lo stesso o modificare un proprio comportamento in base alla consapevolezza acquisita.
- **Informare il corpo.**
Questa categoria raccoglie quei casi studio caratterizzati dalla capacità di inviare informazioni al corpo in tempo reale.
- **Modificare il corpo.**
La categoria raccoglie i dispositivi che, attraverso trasformazioni materiche o formali, ambiscono a modificare le caratteristiche del corpo umano.
- **Modificare gli oggetti.**
Questa categoria raccoglie i dispositivi che attivano una propria modificazione senza che questa comporti una modifica alle caratteristiche del corpo umano.
- **Modificare il contesto.**
La categoria raccoglie i casi studio che utilizzano l'azione del piede per poter apportare una modifica al contesto in cui è il soggetto.
- **Collegarsi a terzi.**
I casi studio raccolti in questa categoria fanno riferimento a dispositivi indirizzati a creare connessioni tra persone o tra persone e oggetti.

I casi studio raccolti si distribuiscono in modo eterogeneo sulle categorie raccolte. Le categorie utilizzate fanno riferimento principalmente a due macro-aree, quella rivolta al contesto e quella rivolta al corpo. La rappresentanza dei casi studio raccolti evidenzia una casistica consistente di quelli strettamente legati al corpo e di quelli che afferenti ad entrambe le aree mentre si registra una scarsa presenza di elementi la cui azione è esplicitata o rivolta al contesto.

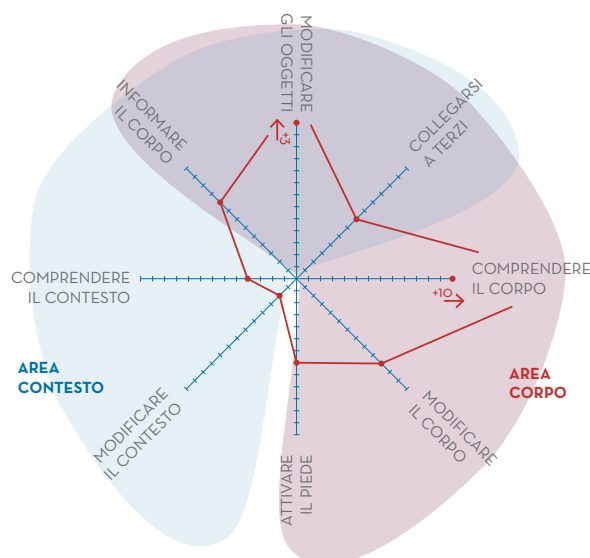


Figura 20
Categorie casi studio del piede

Dall'analisi temporale dei casi studio raccolti si evince che l'attenzione delle comunità della ricerca e del commercio si è concentrata sull'area del piede dal 2013 in poi con un netto picco di progetti iniziati intorno al 2015. Molti di questi progetti sono ancora attivi, soprattutto quelli riguardanti la raccolta di dati riguardanti i dati corporei. L'attenzione alle soluzioni applicative che utilizzano le tecnologie abilitanti intorno a questa area del corpo è quindi alta soprattutto se si considera che una buona parte dei casi studio riguardano l'ambito della ricerca e attendono ancora una ricaduta commerciale.

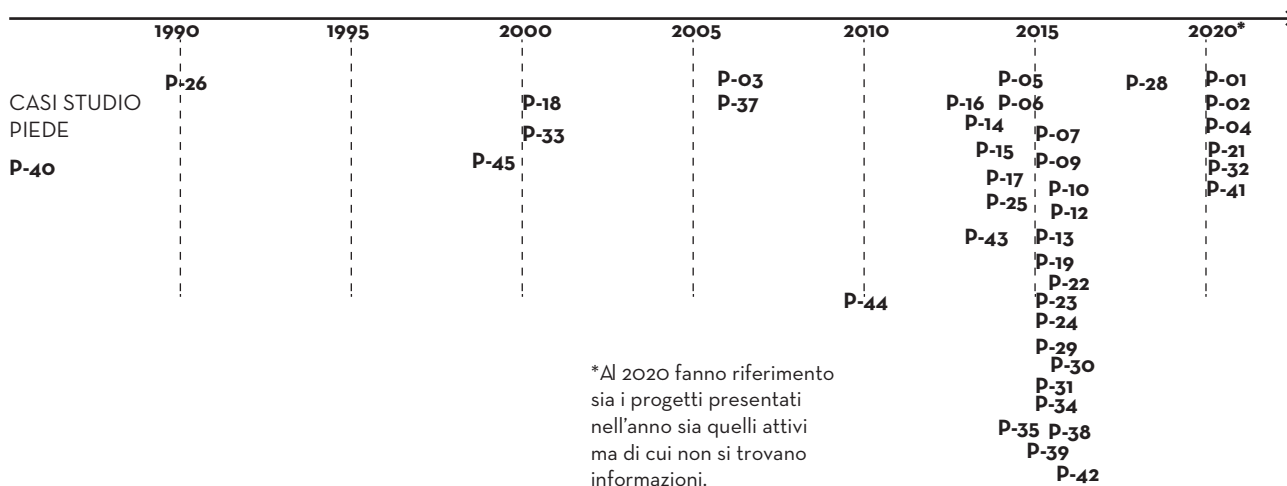


Figura 21
Distribuzione temporale dei casi studio raccolti

Durante la raccolta dei casi studio sul tema del piede è risultato opportuno misurare l'impatto degli stessi rispetto alle componenti cognitive sull'uomo. Nei capitoli precedenti sono emerse le potenzialità legate alla presa di coscienza dell'apporto cognitivo rispetto all'aggiunta sul corpo umano di dispositivi implementati da tecnologie digitali. Francesco Antinucci evidenzia quanto l'apparato cognitivo umano possa lavorare in due modalità: quella simbolico - ricostruttiva e quella percettiva-motoria (1994). La prima modalità si riferisce ai processi di conoscenza

attraverso la decodifica di simboli (numeri, testi, etc.), essa è un processo di cui si ha coscienza e richiede una concentrazione attenzionale; la seconda si attesta come modalità inconscia attraverso la quale l'uomo apprende abilità (camminare, lavorare materiali, etc.) (Sennet, 2009). Nella modalità percettiva-motoria riveste un ruolo chiave la percezione attraverso i sensi e la motricità attraverso la quale si viene a contatto con gli oggetti e i contesti.

I casi studio raccolti agiscono in più modi su entrambi i livelli cognitivi descritti, alcuni agendo maggiormente sul livello simbolico-ricostruttivista, altri su quello percettivo-motorio. I casi studio che raccolgono dati del corpo e li rappresentano tramite interfacce visive agiscono primariamente su un livello di comprensione dei simboli e delle gerarchie culturali mentre quelli che agiscono tramite *feedback* aptici puntuali che avvertono di una posizione errata agiscono primariamente sulla componente percettiva-motoria.

Nel grafico sottostante, in cui nelle ascisse vengono valutate la quantità di risorse attentive richieste dai dispositivi mentre sulle ordinate si distribuisce la complessità dei linguaggi utilizzati, sono riportati i casi studio legati al rapporto tra tecnologia e piede.

I risultati della distribuzione dei casi studio sono simili a quello precedente tra corpo e tecnologia in quanto si registra una buona concentrazione di casi studio nelle aree a basse risorse attentive e limitata portata significativa dei linguaggi e in quelle ad alte risorse richieste ed elevata portata significativa dei linguaggi.

Come nel grafico sul rapporto corpo/tecnologia la minore presenza di casi studio si attesta nella zona intermedia dove le risorse attentive richieste all'utente sono medio/basse e il linguaggio a bassa portata significativa (segnali emozionali, spaziali, ritmo, gesti).

Anche nell'area del piede si nota un elevato potenziale progettuale laddove gli ambiti e le situazioni richiedano un intervento in cui la tecnologia sia capace di rapportarsi con l'uomo attraverso basse risorse attentive.

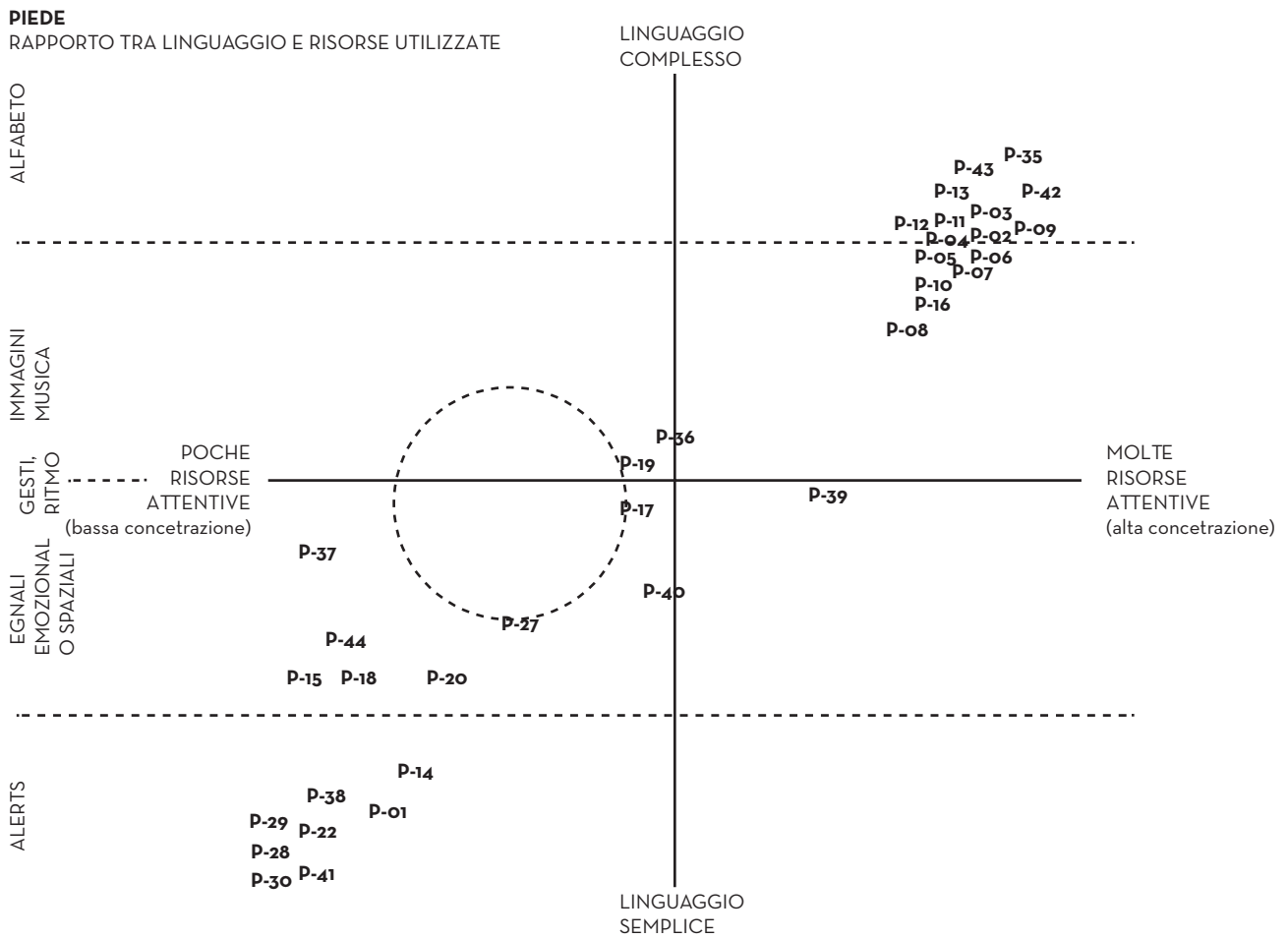


Figura 22
Rapporto tra complessità del linguaggio e quantità di risorse attentive richieste nei casi studio indaganti il rapporto Piede e Tecnologia

APTICA APPLICATA AL PIEDE

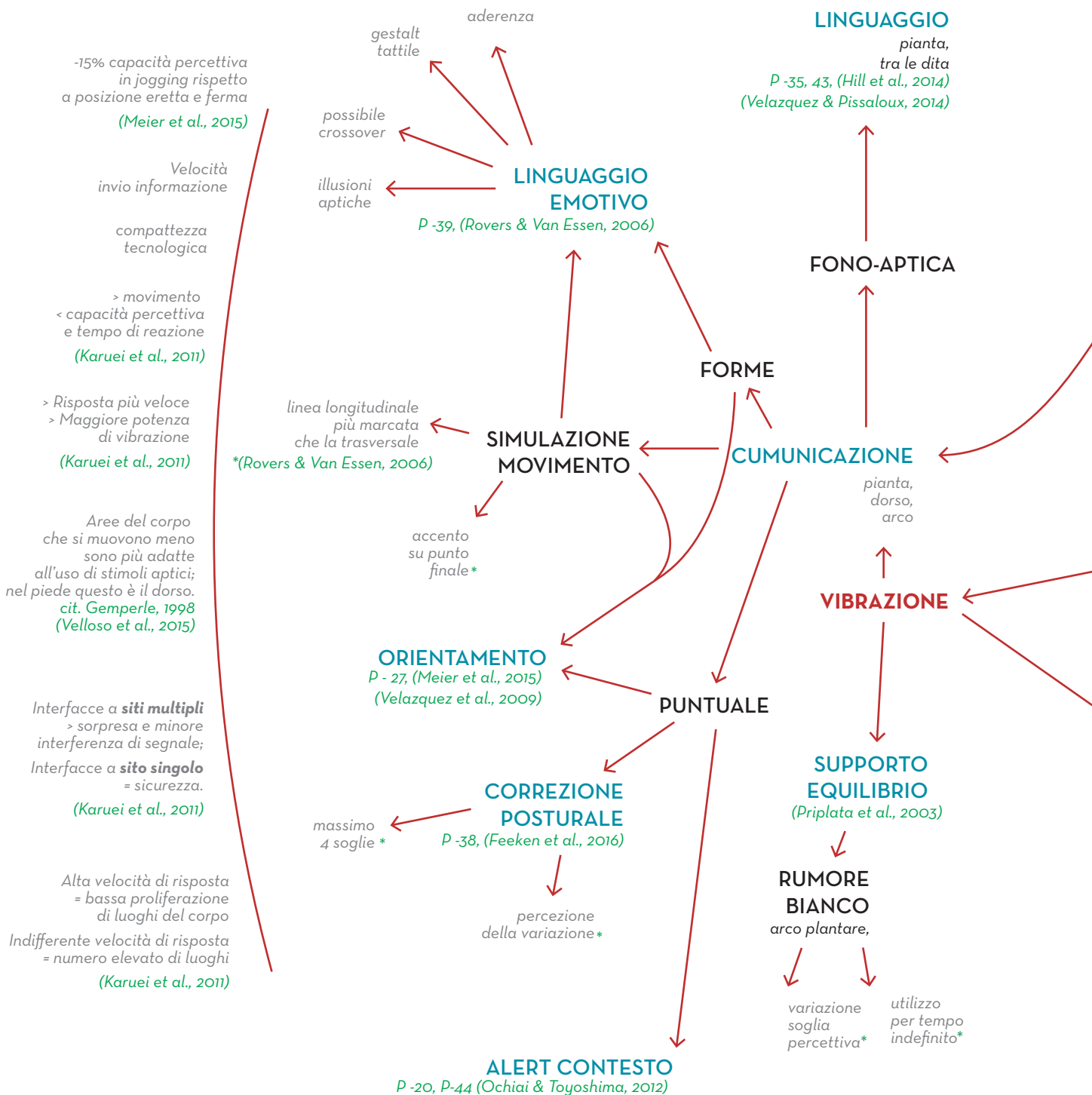
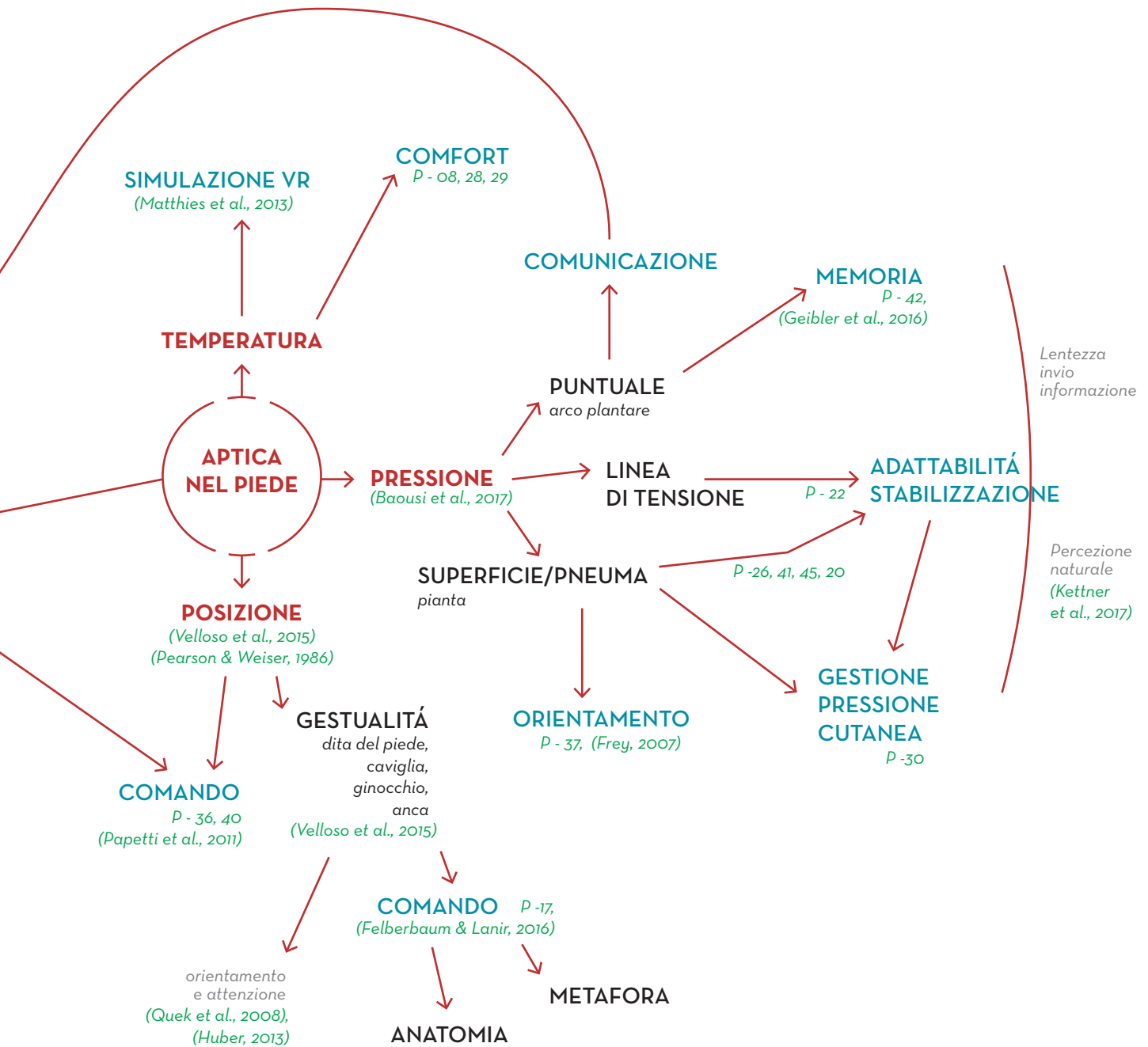


Figura 23
 Utilizzo dell'aptica nel piede



- Funzione**
- Strumenti**
- Caratteristiche
- Riferimenti

L'utilizzo delle tecnologie abilitanti all'interno della calzatura ed in generale applicate all'area del piede può generare diverse tipologie di approcci progettuali. La comprensione del proprio stile di vita, della propria postura e della propria performance sono corridoi progettuali integrati in quella categoria denominata *quantificazione del sé*²⁸; essa mira ad accrescere la consapevolezza del proprio corpo e paragonarla con dati di riferimento.

Un diverso corridoio progettuale ha l'obiettivo di comprendere le potenzialità delle tecnologie abilitanti che erogano in *real-time* input sensoriali tattili finalizzati a modificare o confermare i comportamenti umani. Questo corridoio è quello identificato comunemente come aptica, in questo capitolo si tenta di dare una lettura trasversale circa lo stato dell'arte che lega la tematica all'area specifica del piede.

La percezione aptica è un processo che si avvale del senso del tatto e di quello della propriocezione. Questi sensi hanno la capacità di rilevare molteplici caratteristiche della realtà: forma, texture, umidità, temperatura, dolore. Tra queste quelle che le tecnologie abilitanti sfruttano sono:

- la forma, cioè la posizione nello spazio degli stimoli che ci permette di riconoscere un oggetto attraverso il contatto con il suo volume o il movimento del corpo nello spazio;
- la texture, cioè la sequenza di stimoli pressorei e vibrazionali che si susseguono nel movimento della pelle a contatto con gli oggetti;
- la temperatura degli oggetti con cui veniamo a contatto.

Queste caratteristiche dell'aptica sono sfruttate all'interno dell'area del piede per creare funzioni di risposta a problematiche diverse.

APTICA NEL PIEDE E TEMPERATURA

Il controllo della temperatura è una funzione sfruttata sia in campo commerciale sia in quello della ricerca per dare risposte di comfort in ambito sportivo. Esempi di questa funzione sono:

- le “Podosmart” di Digitsole²⁹, solette implementate da una resistenza interna che permette di regolare il calore nella scarpa;
- le solette sperimentali nate dalla collaborazione tra MIT e PUMA “Breathing shoes”³⁰ caratterizzate da un materiale che reagisce al calore della pianta creando micro canalizzazioni in cui l'aria può circolare raffrescando il piede di aria;
- il prototipo della start-up “Aria Wearable”³¹ che promette di regolare la temperatura attraverso erogazione di calore e raffrescamento.

Un'altra funzione a cui la temperatura può dare supporto è quella della simulazione in campo *virtual reality*. Il progetto “ShoeSoleSense” (Matthies et al., 2013)

²⁸ I casi studio che indagano questa tematica sono molteplici per cui se ne riporta unicamente il numero di riferimento. Casi studio Piede n.01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 18.

²⁹ Caso studio Piede n.08

³⁰ Caso studio Piede n.28

³¹ Caso studio Piede n.29

propone l'utilizzo *feedback* misti tra temperatura e vibrazione per aumentare il controllo e il coinvolgimento delle azioni in realtà virtuale. In questo lavoro viene evidenziato quanto l'utilizzo della temperatura nel piede sia un elemento complesso in quanto il corpo umano tende ad adattarsi alla temperatura proposta dal dispositivo; per questo motivo i ricercatori utilizzano sbalzi di temperatura da caldo a freddo e viceversa ma si sottolinea un tempo di reazione del dispositivo e della percezione lento. Rispetto al progetto "ShoeSoleSense" è interessante sottolineare la caratteristica del processo che, partendo dalla sperimentazione in campo di realtà virtuale, vuole avere ricadute nel campo della realtà aumentata.

APTICA NEL PIEDE E POSIZIONE

La posizione del piede nello spazio legata alle tecnologie digitali è un tema su cui la ricerca indaga da tempo e che trova campo progettuale fertile quando associata ad una funzionalità di comando verso elementi terzi. Il controllo del piede può avvenire attraverso gestualità, linguaggio del corpo e metafore o attraverso posizioni nello spazio specificatamente scelte in base all'interfaccia progettata.

A livello di interfaccia è importante citare il lavoro di ricerca sulle interfacce per i piedi di Glenn Pearson e Mark Weiser (1986), i quali studiano metodi per consentire ai piedi di diventare fulcro dei comandi inviati ad un'interfaccia desktop. Nell'immagine sottostante, estratta dal loro articolo, sono evidenziate alcune possibili interazioni del piede che si muove trascinandosi su alcune tipologie di superficie: planare (a), cilindrica (b), toroidale (c), sferica (d). I ricercatori non escludono che queste superfici possano raggiungere maggiore complessità.

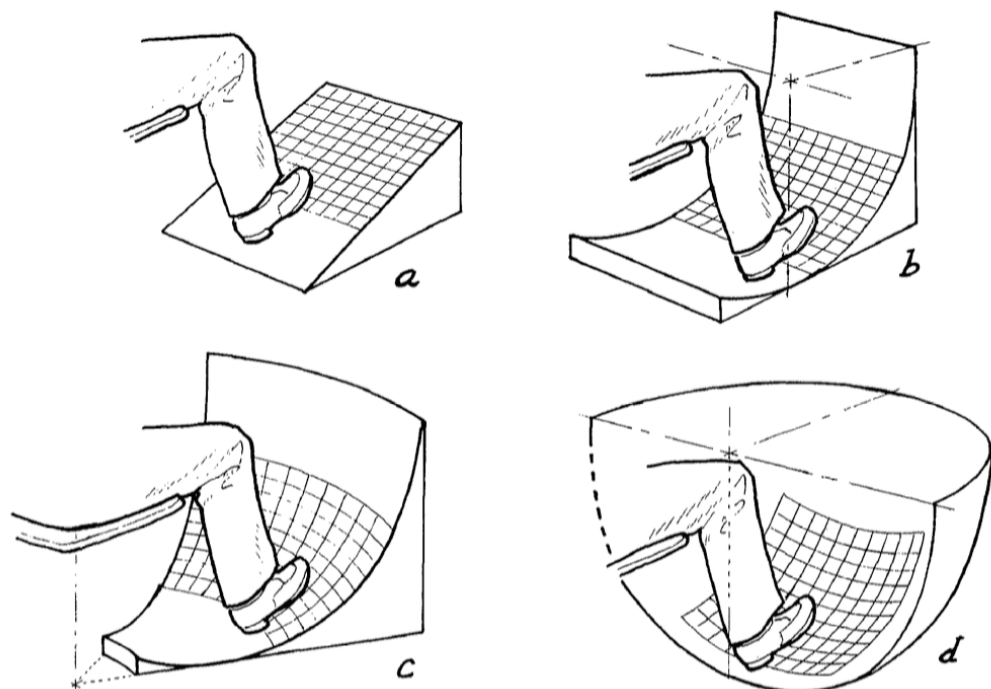


Figura 24
Tipologie di
movimento
del piede su
interfacce di
trascinamento
dello stesso
(Pearson &
Weiser, 1986)

Questa tipologia di utilizzo della posizione e del movimento del piede sono conseguenti le possibilità anatomiche del corpo umano e si basano sui riferimenti spaziali legati al senso della propriocezione e ai *feedback* tattili raccolti dal tatto al contatto con la superficie. Le possibilità derivate dalle tecnologie abilitanti hanno permesso di creare interfacce eliminando il vincolo delle superfici come nel caso dell'interfaccia musicale "Rhythm'n'shoes"³² (Papetti et al., 2011) in cui il piede è avvolto da una calzatura che determina la posizione nello spazio del piede e associa al movimento dello stesso la modulazione dell'intensità di suoni specifici. Per aumentare il controllo dell'interfaccia, non essendoci una superficie di contatto a cui fare riferimento, viene inviato uno stimolo vibrazionale di intensità proporzionale all'intensità sonora individuata. Una via di mezzo tra i progetti descritti è il pedale della Bosch "Smart Gas Pedal"³³ che associa vibrazioni e modulazione di resistenza alla pressione in base alle informazioni rilevate dal manto stradale e dai possibili ostacoli sulla carreggiata.

I movimenti effettuabili dal piede sono alla base delle possibilità di comando di un dispositivo a distanza; essi dipendono principalmente dai gradi di libertà di caviglia, ginocchio, anca e dita dei piedi³⁴.

Inoltre è importante sottolineare che l'invio dei comandi può dipendere ed essere condizionato dalla posizione generale del corpo dell'inviante il comando, che potrebbe essere in piedi, seduto o in movimento. Nel caso del movimento poi è necessario tenere conto che un eventuale progetto di comandi deve interfacciarsi con un movimento già in essere contraddistinto da quattro fasi del passo specifiche: colpo del tacco, contatto avampiede, tallone sollevato, propulsione.

Rispetto la funzione di comando raggiunta tramite posizione del piede è di interesse indagare i diversi strumenti attraverso cui il progetto può essere svolto: gestualità, linguaggio del corpo e metafore.

La gestualità è il modo con il quale si esplicita una comunicazione non verbale attraverso il movimento delle mani. Le ricerche sul gesto, note internazionalmente come *Gesture studies*, costituiscono una disciplina consolidata. La ricerca qui condotta approfondisce trasporta categorie della gestualità dalle mani ai piedi seguendo il lavoro ricognitivo sul piede già proposto da Velloso (Velloso et al., 2015).

I piedi infatti hanno infatti possibilità espressive sia autonome sia legate al linguaggio del corpo; i gesti di questi possono legarsi o meno all'enunciato e diventare, nel secondo caso, semanticamente rafforzativi o sommativi al significato verbalmente espresso.

La tassonomia che esprime le differenze gestuali è ampia e complessa; per il progettista risulta di grande interesse comprendere quanto i gesti influiscano sul significato nonostante essi non debbano essere intesi con significato univoco. Velloso

³² Caso studio
Piede n.36

³³ Caso studio
Piede n.20

³⁴ Caso studio
Piede n.40

et al. fanno riferimento a quattro categorie specifiche per descrivere i gesti che il piede può compiere: deittici, la cui funzione è indicare; semaforici, che stilizzano e rappresentano significati; gestuali, che accompagnano il parlato; impliciti, cioè azioni delle gambe e dei piedi che non hanno funzione comunicativa come il camminare.

In questa analisi si ritiene più opportuno utilizzare le categorie del gesto proposte da Campisi (Campisi, 2018): deittici, rappresentativi e pragmatici.

I gesti deittici, comuni ad entrambe le categorizzazioni richiamate, fanno riferimento ai movimenti dei piedi atti ad indicare. Rispetto a questa tipologia gestuale si sottolineano due esempi che trovano la differenza nella consapevolezza della loro esplicitazione:

- un gesto deittico conscio è quello di allungare il piede in avanti verso un oggetto a terra quando ci si trova con le mani occupate;
- un gesto deittico inconscio è l'orientamento dei piedi che può descrivere il grado di attenzione destinato ad un oggetto o una persona: se la direzione è quella incidente l'oggetto l'attenzione si presume possa essere elevata mentre se la direzione è divergente allora la stessa potrebbe essere di livello inferiore, sul livello della curiosità (Quek et al., 2008; Huber, 2013). Le ricerche citate hanno l'obiettivo comune di stimare l'attenzione con un approccio non intrusivo utilizzando l'analisi del linguaggio corporeo, i vettori di avvicinamento, la prossimità tra gli elementi del contesto.

I gesti rappresentativi sono divisi in *iconici* e *metaforici*. I primi esplicitano un contenuto semantico di un discorso attraverso una descrizione dell'oggetto e includono quelli che alcuni studiosi indicano come *semaforici* e *gestuali* (Velloso et al., 2015). Gli *iconici* sono quelli destinati a descrivere un contenuto espresso verbalmente attraverso un linguaggio *hand-as-object*³⁵ (gesto che descrive l'oggetto), *hand-as-hand* (gesto che rappresenta l'azione eseguita dall'oggetto anche attraverso una sua *affordance*), *size-and-shape* (gesto che raffigura la forma), *own-body* (gesti che mimano un'azione). Data la natura disciplinare della gestualità si forniscono esempi applicati al piede dei quattro linguaggi rappresentativi:

- *hand-as-object*, gesto del divaricare le gambe mettendo lontani i piedi per evidenziare una dimensione descritta.
- *hand-as-hand*, gesto del piede che simula il calcio ad un pallone.
- *size-and-shape*, gesto del piede che segue il perimetro di un ipotetico oggetto per terra.
- *own-body*, mettersi in punta dei piedi e muoversi lentamente per descrivere un atteggiamento furtivo o un piede sulla punta ruotato in una direzione opposta all'altro per indicare la necessità di dover partire.

Infine i gesti pragmatici sono quelli che esprimono una interazione con un interlocutore. Tra di essi si possono citare i movimenti del piede che cerca di entrare a

³⁵ Le categorie citate dal lavoro di Emanuela Campisi (2018), richiamano con il nome la mano, hand, ma, contestualmente, fanno riferimento al piede.

contatto con la caviglia di una persona per cercare un contatto di tipo intimo/sensuale o il pestare il piede ad un interlocutore per chiedergli di tacere.

Relativamente alle gestualità del piede si veda la tabella dei movimenti riportati nei paragrafi precedenti e la raccolta di gesti *semaforici* raccolti da (Velloso et al., 2015) e confermati dalla successiva ricerca di Yasmin Felberbaum e Joel Lanir sulle interfacce *desktop* comandate dai piedi (2016).

Table V. Dictionary of Semaphoric Feet Gestures












Gesture	Name	Description	Example
	Toe tap	User raises and lowers the toes	[Crossan et al. 2010]
	Heel tap	User raises and lowers the heel	[Tao et al. 2012]
	Toe rotation	User pivots the foot around the toes	[Scott et al. 2010]
	Heel rotation	User pivots the foot around the heel	[Scott et al. 2010]
	Toe click	User touches both toes together	[LaViola Jr et al. 2001]
	Heel click	User touches both heels together	[LaViola Jr et al. 2001]
	Swipe	User slides the foot in a certain direction	[LaViola Jr et al. 2001]
	Shake	User moves the foot with short, quick, irregular vibratory movements	[LaViola Jr et al. 2001]
	Shape trace	User draws the outline of a shape with the toes	[Alexander et al. 2012]
	Kick	Vigorous movement of the foot in a certain direction	[Han et al. 2011]
	Step	User puts one foot in front of the other as if walking	[Drossis et al. 2013]

Figura 25
Abaco dei gesti
semaforici
(Velloso et al.,
2015)

L'utilizzo delle metafore come incipit ai progetti di interazione è un processo che può potenzialmente abbassare il carico cognitivo dell'utente che utilizzerà l'interfaccia (Rovers & van Essen, 2006). Per questo motivo è stata fatta una ricognizione sulle metafore che attingono all'area del piede e a quella dei dispositivi ad esso applicati. Partendo da un'attenta raccolta di Berarda Del Vecchio (2006) nella tabella sottostante sono stati riportati i detti appartenenti alla lingua italiana. All'elenco elaborato dall'autrice, che prevede anche l'enunciazione del significato, è stato aggiunto un passaggio (terza colonna della tabella) in cui vengono riportate proposte di gesti deittici, rappresentativi e pragmatici che interpretano le metafore in movimenti.

Come evidenziato da Geore Lakoff e Mark Jonhson (2004) la tabella mette in evidenza quanto le metafore acquistino un aumento di varietà espressività quando sono associate a delle azioni specifiche del corpo. Sia nei detti afferenti al soggetto piede sia in quelli riferiti a calze e calzature, si nota una predominanza netta di metafore che si esprimono in relazione ad una dinamica del corpo.

La connessione linguaggio/movimento/corpo può essere letta, dal progettista che lavora sulla relazione tra corpo e oggetti, su molteplici direzioni; egli potrà sfruttare i suggerimenti delle metafore, agendo su gesti profondamente legati al movimento e alla percezione della realtà, assecondandoli o anche provocando interferenze.

MODI DI DIRE	SIGNIFICATO	GESTO	TIPOLOGIA DI GESTO	PARTE DEL CORPO O OGGETTO COINVOLTO
a calci nel sedere	contro volontà	calcio in avanti in diagonale opposta alla gamba utilizzata	Rappresentativo own-body	piede
calci della mosca	ira ridicola	calcio in avanti in diagonale opposta alla gamba utilizzata	Rappresentativo own-body	
calcio dell'asino	azione meschina	calcio all'indietro	Rappresentativo own-body	
Dar calci all'aria	inveire contro assente	calcio in avanti in diagonale opposta alla gamba utilizzata	Rappresentativo own-body	
dar calci alla greppia	mostrare ingratitudine	-		
dare un calcio al mondo	rinunciare a privilegi	-		
dare un calcio alla fortuna	farsi scappare un'occasione	calcio in avanti in diagonale opposta alla gamba utilizzata	Rappresentativo own-body	
dare un calcio alla tonaca	lasciare vita religiosa	-		
fare a calci	elementi contraddittori	-		
prendere a calci	trattare male	calcio in avanti con la parte interna del piede rivolta in avanti	Rappresentativo own-body	
prendere calci	subire maltrattamenti	sedere all'infuori	Rappresentativo own-body	

mandare a fare la calza	dire di non intromettersi	-		calza
mezza calzetta	poco valore	-		
tirare le calze	morire	-		
tirare le calze a qualcuno	indurre a parlare qualcuno	-		
non legare neanche i calzari a nessuno	essere inferiori a qualcuno	-		calzari
avere una ciabatta del Machiavelli	essere astuti e abili	-		ciabatta
chiudere la ciabatta	smettere di parlare a uno che dice sciocchezze			
essere una vecchia ciabatta	essere persona di poco valore	-		
fare da ciabatta	lasciarsi maltrattare	-		
a piede libero	essere in libertà	Fare ondulare una gamba mentre l'altra è appoggiata	Rappresentativo own-body	piede
andare con i piedi di piombo	usare estrema prudenza	dare un pestone		
avere già il piede nella staffa	essere pronti per andarsene	Fare un movimento del piede in avanti sfregando la suola sul suolo	Rappresentativo own-body	
avere i piedi dolci	avere i piedi delicati	-		
avere i piedi per terra	essere realisti	tenere i piedi fermi distanziati 30/40 cm	Rappresentativo own-body	
avere un piede nella fossa	in procinto di morire	-		
cadere in piedi	uscire senza danni da qualcosa	Spostarsi a lato incrociando le gambe nel passo	Rappresentativo own-body	
cercare cinque piedi nel montone	cercare una cosa inesistente	Punta del piede dx o sx che si alza e abbassa toccando aree diverse del suolo intorno all'area stessa del piede	Rappresentativo own-body	
essere sul piede di guerra	essere pronti per uno scontro	Piede dx avanti e inclinato verso l'interno, tipo guerriero	Rappresentativo own-body	
essere sul piede di partenza	essere pronti per partire	un piede sulla punta pronto a scattare	Rappresentativo own-body	
essere tra i piedi	essere di intralcio	mettere un piede tra i piedi di un altro	Pragmatico	
fare un lavoro coi piedi	fare un lavoro malissimo	-		
fatto coi piedi	fatto malissimo	-		
in punta dei piedi	in modo furtivo	in punta dei piedi	Rappresentativo own-body	
leccare i piedi	essere eccessivamente ossequiosi	-		
mettere i piedi sul collo	dominare qualcuno con la violenza	mettere un piede sopra quello di un altro	Pragmatico	
mettere il piede avanti	prevenire	-		
mettere in piedi	dare inizio a qualcosa	-		
mettere sotto i piedi	trattare malissimo	mettere un piede sopra l'altro	Rappresentativo own-body	
partire con il piede giusto	cominciare bene qualcosa	mettere il piede destro avanzato rispetto al sinistro	Rappresentativo own-body	
mettere un piede davanti all'altro	agire con prudenza	mettere il piede destro davanti al sinistro	Rappresentativo own-body	
mettere un piede in fallo	a causa di un errore o imprudenza	mettere un piede appoggiato sulla parte anteriore esterna del piede	Rappresentativo own-body	
non essere né a piedi né a cavallo	non avere nulla per cui dolersi	-		

pestare i piedi	impuntarsi	pestare alternativamente i piedi	Rappresentativo own-body	
pestare i piedi a qualcuno	dar fastidio	pestare un piede di un terzo	Pragmatico	
piede della staffa	il piede sinistro, che viene per primo messo dal cavaliere			
prender piede	afferinarsi, diffondersi	-		
puntare i piedi	impuntarsi, ostinarsi su un'idea	pestare con un piede in maniera rumorosa	Rappresentativo own-body	
puntare i piedi al muro	ostinarsi con tutte le forze	Pestare con il tallone	Rappresentativo own-body	
restare a piedi	subire una perdita imprevista	-		
rimettere in piedi	ripristinare qualcosa	-		
stare in piedi	avere una propria logica	-		
stare in piedi da solo	essere autonomi	-		
tenere i piedi in due staffe	essere in una situazione di difficile compromesso			
tenere in piedi	sostenere, mantenere, impedire la caduta o modifica peggiorativa di qualcosa			
togliersi dai piedi	andarsene via	fare scorrere il piede indietro con il tallone che si alza verso l'esterno come se dovessi partire per una direzione esterna	Rappresentativo own-body	
avere le scarpe del morto	avere ucciso qualcuno per interesse	-		scarpa
essere una scarpa (na sola...)	essere inetti	-		
essere una scarpa e uno zoccolo	formare una coppia male assortita	-		
fare le scarpe a qualcuno	danneggiare qualcuno in modo subdolo	-		
lustrare le scarpe	essere molto inferiori per capacità a qualcuno	-		
morire con le scarpe ai piedi	morire di morte violenta	-		
non avere scarpe ai piedi	essere molto poveri	-		
rimetterci anche le soles delle scarpe	andare in rovina	-		
andare a zoccoli per l'asciutto	praticare la sodomia	-		zoccolo
chi va con lo zoppo impara a zoppiare	assorbire i difetti di una persona con la quale si passa del tempo	allinearsi con i piedi dietro un altro	Pragmatico	zoppia
fare come lo zoppo che aiuta lo sciancato	cercare di aiutare qualcuno senza le competenze necessarie			

Figura 26
Detti, metafore e movimenti del corpo

APTICA NEL PIEDE E VIBRAZIONE

Lo stimolo di vibrazione è ampiamente utilizzato nell'ambito dell'aptica applicata al piede; questo grazie all'avanzato stato tecnologico degli attuatori sia per gamma di stimoli sia per dimensione degli stessi. La vibrazione è talvolta associata ad altri stimoli come temperatura, suono o posizione del corpo nello spazio³⁶ (Papetti et al., 2011).

Quando la vibrazione è utilizzata da sola assolve primariamente delle funzioni comunicative; elude da questa funzionalità l'applicazione di un rumore bianco vibrazionale nelle solette di utenti patologici o anziani per il miglioramento dei parametri di oscillazione del corpo (Priplata et al., 2003).

Poiché il piede non ha capacità discriminatorie elevate le informazioni lette devono essere semplici e attuate con efficaci modelli vibrazionali (Velazquez & Pissaloux, 2014). Le funzioni comunicative sono quindi raggiunte attraverso l'utilizzo di uno o più attuatori vibrazionali organizzati attraverso pattern denominati tacton. Questi pattern possono simulare movimenti, forme specifiche e comporre linguaggi fono-aptici.

In generale tutte le applicazioni e gli studi che fanno uso di questa tipologia di attuatori nel piede evidenziano la velocità di comunicazione tra attuatore e corpo anche se la percezione della stessa durante il movimento tende a diminuire fortemente (Meier et al., 2015; Karuei et al., 2011).

Si evidenziano qui altre caratteristiche dello stimolo vibratorio estese ad altre parti del corpo ma che comprendono nella loro enunciazione una riflessione sul piede, in particolare:

- una maggiore intensità dello stimolo si accompagna ad una maggiore velocità di reazione del corpo;
- l'utilizzo di interfacce puntuali garantiscono sicurezza quando l'attenzione è focalizzata a ricevere uno stimolo tuttavia se vengono utilizzati siti multipli si manifesta una sensazione di stupore (Karuei et al., 2011);
- un numero elevato di punti di interfaccia aptica comportano velocità di risposta più lenti quindi, viceversa, un singolo punto stimolato riceve da parte del corpo una risposta attentiva veloce.

VIBRAZIONE PUNTUALE

La vibrazione puntuale è usualmente utilizzata per inviare un segnale di richiamo dell'attenzione da parte dell'utente. Le tipologie di *alert* sono variabili e comunemente non trasporta un messaggio di pericolo il quale viene spesso veicolato attraverso altri sensi. Una delle funzioni per cui la richiesta di attenzione viene comunemente utilizzata nel campo dell'aptica è il richiamo del mantenimento di

³⁶ Caso studio
Piede n. 36, 40

una postura corretta, all'interno dell'area del piede vi è un caso studio particolarmente rappresentativo di questa tipologia: il "Climbingassit", (Feeken et al., 2016)³⁷ dispositivo applicabile al dorso della scarpetta da arrampicata che richiama l'attenzione dello sportivo quando egli utilizza delle posture scorrette durante il proprio esercizio. L'analisi della postura è fatta attraverso l'analisi dei dati raccolti da sensori di forza, giroscopio e accelerometro.

Rispetto alla comunicazione erogata tramite punti vibrazionali risultano importanti le linee guida individuate nel lavoro di Rovers e Van Essen (2006): partendo da lavori precedenti che attestavano a quattro i livelli vibrazionali percepiti dall'utente, i ricercatori aumentano gli stessi a 50 perché sottolineano la maggiore efficacia nella percezione della variazione dell'intensità rispetto al singolo livello.

Nella ricerca si rilevano casi studio leganti i *feedback* vibrotattili alla comprensione dei contesti. Moon Ribas, artista catalana attivista del movimento *cyborg*, nel 2010 ha impiantato all'interno della pianta dei propri piedi attuatori di vibrazioni; il sistema vibratorio è collegato ad un database globale di raccolta dati dei terremoti³⁸ e attiva le vibrazioni ogni qual volta si verificano delle scosse del terreno sul pianeta. L'artista ha ideato una performance dal titolo "aspettando i terremoti" in cui interpreta con il proprio corpo questa profonda connessione con il pianeta. Un secondo caso studio è il pedale da autovettura "Smart Gas Pedal" dell'azienda Bosch³⁹ che attraverso la vibrazione comunica con l'utente potenziali pericoli. Rimanendo in ambito *automotive* si insiste sul rapporto corpo/contesto attraverso la proposta di un tappetino (Ochiai & Toyoshima, 2012) posto sotto i piedi del conducente che permette di rilevare tattilmente la presenza di veicoli negli angoli morti della visuale; il sistema funziona grazie ad una griglia di vibratori all'interno del tappetino e a una rete di sensori di prossimità collocati all'esterno dell'auto: quando un elemento si avvicina all'automobile i sensori lo rilevano e avvertono l'utente attraverso i punti vibrazionali che evidenziano la direzione verso cui rivolgere l'attenzione. I ricercatori spiegano l'intervento con la volontà di far coincidere la pelle della pianta del piede con la pelle dell'autovettura, espandendo le capacità percettive umane.

Un'ultima funzione evidenziata dalla ricerca del singolo punto vibrazionale applicato al piede è quella dell'orientamento. L'aptica legata alla navigazione pedonale è un canale privilegiato (Meier et al., 2015) in quanto permette, a differenza dei canali visivi e uditivi, di rimanere con l'attenzione legata al contesto in cui si è immersi. L'utilizzo dell'aptica legata all'orientamento nel piede è confermata dagli studi citati per via delle caratteristiche di quest'area del corpo che rappresentano il giusto compromesso tra sensibilità percettiva e applicabilità tecnologica. Lingua, dita delle mani, labbra hanno una maggiore capacità percettiva tattile ma gli ingombri della tecnologia comprometterebbero la funzionalità delle stesse.

La ricerca prende in esame, inoltre, l'applicabilità della tecnologia vibrazionale sia

³⁷ Caso studio
Piede n. 38

³⁸ Caso studio
Piede n. 44

³⁹ Caso studio
Piede n. 20

nella pianta del piede sia nella tomaia e quindi applicata alla parte superiore della calzatura; i risultati mostrano come la zona plantare abbia una capacità percettiva maggiore del dorso del piede ma che la differenza riscontrata non ne giustifichi l'utilizzo univoco. La sperimentazione scientifica ha messo in luce quanto l'efficacia della risposta ad uno stimolo vibrazionale si abbassi del 15% circa quando l'utente è in movimento (*jogging*) rispetto a quando si trova fermo in posizione eretta. Il fenomeno che causa questa diminuzione della risposta a seguito dell'attivazione motoria del corpo è denominato *soppressione sensoriale* (Buiatti, 2014). Possibili strade progettuali per ovviare a questa problematica sono l'aumento dell'intensità dello stimolo quando il corpo è in movimento e l'inserimento di un *segnale precursore* che attivi l'attenzione verso lo stimolo in arrivo nel piede.

Infine, vengono verificati due modelli di invio di *feedback* al piede per l'orientamento: un modello in cui i vibratorii compongono effetti di movimento ed uno in cui i vibratorii sono disposti in posizione cardinale. Le sperimentazioni (Velazquez et al., 2009) attestano l'utilizzo del pattern cardinale come nettamente più efficace per l'orientamento. A livello commerciale si segnala l'arrivo sul mercato nel 2014 di una scarpa, la "Lechal"⁴⁰, che oltre a raccogliere dati sul corpo proponeva questa la funzionalità in esame. La scarpa era pensata prettamente per persone con disabilità visiva.

Secondo i ricercatori del gruppo di Meier è osservabile che l'efficacia della vibrazione nell'orientamento urbano non sia sufficiente per scegliere questa tecnologia senza che essa non sia supportata da altri *feedback* complementari; in questo senso l'aptica applicata alla scarpa per l'orientamento potrebbe essere intesa come tecnologia assistiva.

VIBRAZIONE, SIMULAZIONE DEL MOVIMENTO E FORME

L'utilizzo di pattern di vibratorii, denominati tacton, per simulare movimenti di oggetti sulla pelle ha inizio con gli studi di Sherrick (Sherrick & Gelard, 1972). In questi gli autori testimoniano l'effetto tattile illusorio del *Cutaneous Rabbit* in cui si evidenzia la percezione di un movimento come salti di un piccolo coniglio, quando vengono stimolati in sequenza lineare cinque punti sull'avambraccio.

Stimolata da questi risultati la ricerca scientifica («I paradigmi sperimentali nelle ricerche sullo schema corporeo», 2013) ha individuato molteplici effetti illusori con cui ingannare la percezione del corpo e immaginare di creare strutture linguistiche più complesse rispetto alla semplice stimolazione puntuale.

La generazione di stimoli attraverso pattern vibrazionali comporta l'utilizzo di griglie di attuatori piuttosto dense. Il piede, tuttavia, non offre un'area applicativa generosa per queste griglie, a questo si aggiunge le difficoltà dovute al possibile cross-over (Rovers & van Essen, 2006) dello stimolo vibratorio che porta l'afferenza

⁴⁰ Caso studio
Piede n. 27

di una vibrazione applicata ad un punto specifico ad un'area più allargata. Per questo motivo vengono evidenziate distanze minime tra gli attuatori e raccomandazioni circa l'applicazione della tecnologia vibratoria in aderenza al corpo in modo da utilizzare intensità ridotte.

L'utilizzo di determinati stimoli nell'area del piede risponde principalmente ad una funzione comunicativa volta ad implementare la carica simbolica dei segnali erogati come nel caso del progetto "Foot-IO"⁴¹ (Rovers & van Essen, 2006) dove movimenti e forme tattili generano i cosiddetti *hapticon* che hanno l'obiettivo di accrescere la carica emotiva dei messaggi in chat. Ulteriori funzioni associate alla creazione di stimoli simulanti forme e movimenti sono legate all'orientamento e alla navigazione nello spazio (Velazquez et al., 2009).

Rispetto allo studio di queste all'interno della zona piede le sperimentazioni hanno evidenziato accorgimenti circa l'utilizzo delle stesse (Rovers & van Essen, 2006): per creare un movimento illusorio la linea longitudinale del piede risulta più efficace della trasversale in quanto è possibile inserire più attuatori con una distanza tra essi più elevata; se il pattern di movimento risulta complesso, come in un movimento a zig-zag, la percezione umana distingue con difficoltà il segnale ma individua facilmente il punto finale dello stimolo.

VIBRAZIONE FONO-APTICA

Un ultimo campo di esplorazione dell'aptica vibrazionale legata all'area del piede è legata alla funzione comunicativa fonco-aptica, un esempio sono le sperimentazioni "Language Shoes"⁴² e "Haptic Foot Interface"⁴³ (Velazquez & Pissaloux, 2014; Hill et al., 2014). I primi utilizzano direttamente l'associazione dei pattern alle parole mentre i secondi accostano le configurazioni tattili a delle componenti fonemiche che, composte tra loro, formano parole e frasi. I risultati che riportano le ricerche fanno intravedere possibili sviluppi ma la complessità della memorizzazione dei pattern risulta ancora un elemento di forte limitazione alle applicazioni commerciali.

AREE DI APPLICAZIONE DELLA VIBRAZIONE NEL PIEDE

Le aree del piede a cui si applica la tecnologia vibratoria sono molteplici ma in prevalenza risulta essere utilizzata la pianta del piede; essa infatti presenta la migliore capacità percettiva e la maggiore capacità applicativa grazie alla presenza della suola in cui inserire volumi senza inficiare il comfort della calzata.

Nella pianta del piede in particolare sono state studiate applicazioni sotto e tra le dita dei piedi⁴⁶, e in maniera diffusa con l'utilizzo dei pattern vibrazionali. Rispetto alle estremità più avanzate del piede, le dita, la bibliografia mette in evidenza un'alta sensibilità tattile che tuttavia viene negativamente influenzata dalle temperature

⁴¹ Caso Studio
Piede n. 39

⁴² Caso Studio
Piede n. 35

⁴³ Caso Studio
Piede n. 43

⁴⁶ Caso Studio
Piede n. 40
"George"

basse. L'applicazione sul dorso del piede viene indicata da alcune ricerche (Velloso et al., 2015) in quanto area con adesione alla scarpa più costante durante il movimento anche se caratterizzata da una minore sensibilità percettiva. I casi studio analizzati e la ricerca bibliografica mostrano la zona plantare come quella che ha subito maggiori interventi tecnologici.

APTICA NEL PIEDE E PRESSIONE

La quarta area dell'aptica, legata all'applicazione nel piede, è quella della pressione. Le sue applicazioni sono in prevalenza legate all'ambito della ricerca. Negli studi si mette in evidenza quanto questi stimoli siano percepiti dagli utenti come maggiormente naturali rispetto a quelli vibratori (Kettner et al., 2017). Studi recenti dimostrano quanto gli stimoli pressorei erogati alla pianta del piede siano in molti casi, circa l'85%, percepiti come maggiormente confortevoli rispetto a calzature ordinarie (Baousi et al., 2017). In questi studi l'obiettivo è quello di gestire dinamicamente i carichi a cui è sottoposto il piede attraverso l'inserimento di camere gonfiabili.

L'utilizzo di stimoli pressorei nel piede utilizza tre modalità di intervento:

- stimoli pressioni puntuali che utilizzano principalmente solenoidi;
- stimoli pressioni lineari che utilizzano cinghie e cavi in tensione;
- stimoli pressioni di superfici che utilizzano pneumi gonfiabili o servo motori moventi superfici.

La prima calzatura commerciale che ha introdotto un sistema a pressione è probabilmente la "Reebok Instapump"⁴⁷ del 1989 che utilizza (il prodotto è ancora in vendita) un sistema di gonfiaggio ad aria per aumentare l'aderenza della calzatura al piede. Il primo sistema automatico di questa tipologia è invece la "Vectrasense"⁴⁸ del 1999. Entrambi i sistemi mirano ad adattare la calzatura alle difformità dei corpi umani e alla stabilizzazione del rapporto tra scarpa e piede. Questa funzionalità è raggiunta anche attraverso linee di tensione che scorrono attraverso suola e tomaia come nel caso delle "Nike Hyperadapt"⁴⁹ in cui i lacci stringono autonomamente il piede quando entra nella calzatura. Un caso studio legato a questa funzionalità ma che si applica nella relazione tra scarpa e suolo è il progetto della start-up Wahu⁵⁰ che utilizza una serie di sensori per comprendere le caratteristiche del suolo e, attraverso movimenti pneumatici, modifica l'orientamento e l'escursione dei tacchetti della suola per adattarsi ai contesti calpestati. Rimanendo sul rapporto corpo/contesto si evidenzia come il prototipo della Bosch "Smart Gas Pedal"⁵¹ utilizzi una pressione contraria a quella del piede con il fine di fare risparmiare carburante; in questo caso il *feedback* aiuta il corpo ad adottare comportamenti virtuosi.

I sistemi a stimolo pressoreo possono agire su più punti della pianta modulando

⁴⁷ Caso studio
Piede n. 26

⁴⁸ Caso studio
Piede n. 45

⁴⁹ Caso studio
Piede n. 22

⁵⁰ Caso studio
Piede n. 41

⁵¹ Caso studio
Piede n. 20

la pressione tra la suola e piede con l'intento di prevenire l'emergere di piaghe nel paziente diabetico⁵².

La funzionalità legata all'orientamento è indagata anche in campo pressoreo seppur con limitate sperimentazioni. Su questo tema si riporta l'interessante approccio progettuale delle scarpe "CabBoots"⁵³ (Frey, 2007) il quale, simulando le asperità del bordo dei sentieri nel bosco, varia l'angolazione della suola con quattro servo motori e spinge l'utente a seguire una traccia non visibile caratterizzata da un maggiore comfort. L'autore, utilizzando un approccio metaforico, riesce ad impattare sul comportamento del soggetto senza coinvolgere grandi risorse attentive.

A livello puntuale la pressione è indagata attraverso l'utilizzo di solenoidi⁵⁵ (Geißler et al., 2016); la bibliografia in questa direzione è minima ma con una adeguata tecnologia può velocemente seguire le funzionalità della tecnologia vibrazionale. A livello di pressione l'utilizzo di stimoli puntuali garantirebbe inoltre minori interferenze tra i vibratorii con fenomeni di crossover.

I ricercatori Eric Geißler, Andreas Mühlenberend e Klaus Harnack (2016), attraverso il progetto denominato "Sensele"⁵⁶, identificano tra gli sviluppi futuri dell'utilizzo di configurazioni aptiche associate a parole il rafforzamento della memorizzazione di parole nelle lunghe liste delle cose da fare nella quotidianità.

⁵² Caso studio
Piede n. 30

⁵³ Caso studio
Piede n. 37

⁵⁵ Caso studio
Piede n. 42

⁵⁶ Caso studio
Piede n. 42

IL RITMO

“Il ritmo è una successione di accenti forti e deboli ed eventuali pause, intervallati nel dominio del tempo da pochi decimi di secondo a qualche secondo, che seguono, di solito ma non obbligatoriamente, uno o più modelli ciclici.” («Ritmo», 2020)

“Il succedersi ordinato nel tempo di forme di movimento, e la frequenza con cui le varie fasi del movimento si succedono; tale successione può essere percepita dall'orecchio (con alternanza di suoni e di pause, di suoni più intensi e meno intensi, ecc.), o dall'occhio (come alternanza di momenti di luce e momenti di ombra, di azioni e pause, di azioni fra loro simili e azioni di diverso tipo, ecc.), oppure concepita nella memoria e nel pensiero.” (ritmo in Vocabolario - Treccani, s.d.)

Il ritmo è una costante che lega gli stimoli nel campo percepito. Il ritmo non si nasconde ma spesso non viene notato data la sua permeazione della realtà.

La vita dell'uomo è un susseguirsi di percezioni che si susseguono una dopo l'altra su una linea temporale che le collega; questi eventi percettivi afferiscono a ciò che vediamo, udiamo, tocchiamo, gustiamo, annusiamo e percepiamo attraverso il movimento del corpo. Fondamentalmente la nostra vita si esprime su delle ritmiche su cui noi ci muoviamo e le nostre azioni avvengono (Apolito, 2018; Lefebvre, 2019).

Il ritmo è rintracciabile nel corpo e nella socialità umana ma forse è proprio la seconda a raccontarci maggiormente quanto l'uomo sia fortemente legato a questo elemento. La relazione dell'uomo con la sua specie è fondamentalmente comunicazione e quindi linguaggio, in tutte le forme e intensità in cui esso si esprime. Il dialogo leggero tra due o più persone, la *chiacchera*, è caratterizzata da un contenuto spesso futile, essa tuttavia segue una dinamica in cui a parlare sono i corpi dei partecipanti e ognuno di carica di un ruolo ritmico: parla uno e l'altro ascolta, chi ascolta annuisce nel momento giusto, si inverte il turno di chi parla, quando uno interrompe rompe un ritmo e crea disagio (Apolito, 2018).

Un dialogo è quindi, oltre che una dinamica linguistica di scambio di contenuti, una dinamica ritmica tra persone.

Una situazione sociale in cui ci si sente a proprio agio spesso ha come dinamica l'utilizzo di un ritmo condiviso da parte dei partecipanti, oppure di ritmi compatibili. Due persone camminando fianco a fianco seguono il medesimo ritmo oppure la risultate del ritmo proprio di ogni soggetto li porta a procedere in parallelo

attraverso una poliritmia sincrona (Apolito, 2018).

Il ritmo è un campo esplorato con profondità nell'ambito dell'addestramento degli animali e dell'istruzione umana (Lefebvre, 2019). L'apprendistato, momento pluriennale di addestramento alle professioni artigiane, è caratterizzato da processi di ripetizione delle medesime gestualità (Sennet, 2009). Così avviene nella pratica sportiva dove l'atleta innesca nella sua pratica dei meccanismi di memoria legati al movimento del proprio corpo.

Le azioni ripetute a ritmo ciclico concorrono ad allenare l'attenzione e il coinvolgimento emotivo ed intellettuale determinante alla continua elevazione qualitativa. L'esperienza unita alla periodicità delle azioni permette il raggiungimento di una capacità anticipatoria, cioè la conoscenza predittiva di quello che accadrà (Nicolletti & Borghi, 2007, p. 224). Se il rapporto con le azioni lascia libertà di azione la periodicità garantisce un coinvolgimento e un'attenzione più alta.

IL RITMO, RETICOLO STRUTTURALE LINGUISTICO

“Il ritmo possiamo afferrarlo con tre sensi: in primo luogo, udirlo; in secondo luogo, vederlo; terzo, sentirlo nei nostri muscoli. È per questo che il suo effetto sul nostro organismo è tanto potente” (Klee, 1959, p.271).

Il ritmo, afferma Pauk Klee, è un codice trasversale ai sensi, capace di agire nella percezione mediata dai sensi, esso è una caratteristica celata nelle cose intorno a noi (Lefebvre, 2019): luoghi, oggetti, linguaggi. Ai sensi capaci di cogliere l'elemento del ritmo individuati da Klee è necessario aggiungere quello del tatto, come ampiamente dimostrato dagli studi sui linguaggi aptici che utilizzano frequenze di stimoli nel tempo per inviare informazioni. Infine anche il gusto e l'olfatto potrebbero permettere la rilevazione di sequenze ritmiche di stimoli disposti in sequenze temporali.

La frequentazione percettiva del corpo con l'elemento ritmico è radicata, profonda e il più delle volte non consapevole.

L'uomo esprime sé stesso attraverso linguaggi visuali, uditivi, tattili, corporei che trovano nel ritmo una struttura a cui legarsi. Il ritmo è infatti celato nelle immagini statiche della pittura (Klee, 1959) e in quelle in movimento dei film (Givone, 2003, p. 147) con i movimenti del corpo in sinergia con la musica come nella danza o con la voce (Grammelot⁵⁷).

Klee dedica all'analisi dei ritmi e delle strutture cadenzate una corposa analisi utilizzando strumenti visivi come schemi, disegni, opere d'arte. Le notazioni ritmiche di Klee sono solo uno dei tanti modi per annotare un ritmo, la più conosciuta è sicuramente la notazione musicale con il sistema di simboli (croma, semicroma, etc) che indicano la sequenza, la durata e l'intensità degli stimoli musicali.

⁵⁷ “Il Grammelot è un linguaggio scenico che non si fonda sull'articolazione in parole, ma riproduce alcune proprietà del sistema fonetico di una determinata lingua o varietà, come l'intonazione, il ritmo, le sonorità, le cadenze, la presenza di particolari foni, e le ricomponne in un flusso continuo, che assomiglia a un discorso e invece consiste in una rapida e arbitraria sequenza di suoni.” Cfr. Grammelot, voce in Enciclopedia dell'Italiano, <https://www.treccani.it/enciclopedia/grammelot>

La notazione ritmica rende palese la connotazione del rimo come parte del linguaggio. La lettura di una pagina di narrazione o poesia senza una ritmica impressa come scansione della fonemica diviene vuota di significato. La cadenza, le variazioni di velocità e gli accenti conferiscono qualità alla parola (Apolito, 2018).

Le notazioni ritmiche sono quindi usate in vari ambiti al fine di rendere esplicito il progetto del ritmo:

- Una notazione ritmica base è rappresentata nel grafico seguente estratto dal lavoro di Klee in cui ad un ritmo base (numero 1) vengono a mano a mano aggiunti accenti grafici che modificano la percezione stessa della sequenza.
- La notazione musicale su pentagramma (spartito) lega il ritmo a tonalità degli stimoli acustici.
- La notazione ritmica può essere eseguita con una linea su un asse cartesiano in cui nelle ascisse vi è il tempo e nelle ordinate l'intensità dello stimolo (Baumann et al., 2010). Un esempio di questa rappresentazione si trova nel software online "Macaron v.1.1.0" (Macaron Editor, s.d.) che consente la progettazione di uno stimolo vibratorio attraverso la modulazione della forma d'onda di una singola unità ritmica di 3 secondi.
- Il *tactile score* (Suzuki et al., 2014) è un tipo di annotazione ritmica che utilizza segni sovrapposti al disegno della sagoma di un corpo e sui quali viene indicata con numeri l'intensità della pressione.
- La notazione ritmica ideata da Rudolf Laban, denominata "Labanotation" (Introduction to Labanotation, s.d.), collega il ritmo ai movimenti del corpo.

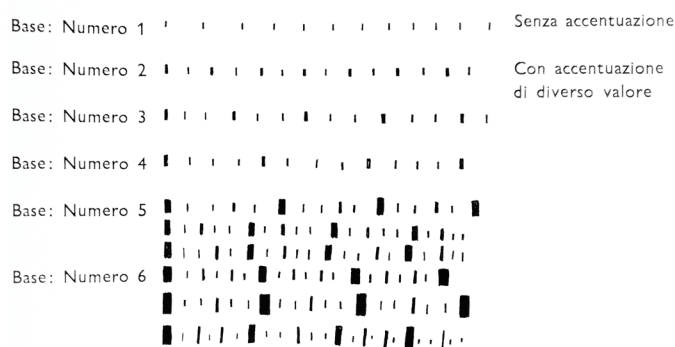


Figura 27
Teoria della
forma e della
figurazione.
(Klee, 1959,
p.267)

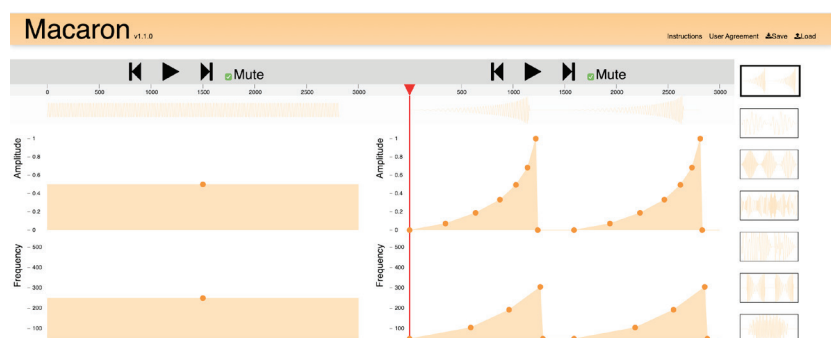


Figura 28
Interfaccia
del software
Macaron

L'annotazione ritmica rivela il ritmo nei linguaggi ma non è sufficiente per comprendere i molteplici modi in cui esso incide su un linguaggio.

A questo scopo risulta opportuno indagare il contributo del ritmo sugli elementi costituenti il linguaggio di Jakobson (Jakobson, 2002) nei “Saggi di linguistica generale” ricordati all'interno del paragrafo sul linguaggio.

Rintracciare il ritmo all'interno delle funzioni descritte da Jakobson permette di comprendere quanto esso svolga un ruolo importante nelle differenti aree del messaggio.

Il ritmo ha *funzione emotiva* in quanto agisce sulla percezione soggettiva mediata dal contesto.

Il ritmo entra in gioco sicuramente nella *funzione poetica* organizzando gli stimoli nel tempo come fonemi nella poesia o note nella musica.

Il ritmo ha *funzione fàtica* in quanto permette di mantenere il contatto tra mittente e ricevitore mettendo accenti scadenzati nel tempo.

Il ritmo può avere *funzione referenziale* se il linguaggio in cui è utilizzato lo lega ad una realtà o spazio.

Il ritmo ha una *funzione conativa* come dimostra l'accostamento di ritmiche lente a forma d'onda simmetrica a sensazioni piacevoli e viceversa ritmiche veloci e con forma d'onda asimmetrica a sensazioni negative (Baumann et al., 2010).

Il ritmo non ha *funzione metalinguistica* in quanto da solo non riesce a definire termini specifici.

Il ritmo è una componente dei linguaggi, non è un linguaggio. Le funzioni che esso assolve sono legate al rapporto che istaura con dei codici a cui viene sovrapposto.

Un linguaggio senza ritmo non può assumere una dimensione poetica (Apolito, 2018).

Il ritmo è quindi una griglia su cui disporre stimoli qualitativi, un *reticolo strutturale*⁵⁸ di spazio e tempo del campo percettivo su cui si posano gli stimoli.

Essendo una costante della percezione il ritmo è da noi riconosciuto volontariamente o involontariamente, alcune caratteristiche e concetti legati al ritmo utili allo sviluppo della ricerca vengono qui riportati:

- Unità ritmica, cellula ritmica, misura. Elemento che compone l'unità minima della ritmica e che si ripete nel tempo. Nella musica è chiamata battuta e strutturata temporalmente in sotto-unità (3/4, 4/4, etc.)
- Accento ritmico. Riferito alla divisione dell'unità ritmica in accenti forti e accenti deboli

⁵⁸ In riferimento alle ritmiche musicali Paul Klee (1959) parla di reticolo strutturale in cui la battuta è la struttura fondamentale, latente ma trasentita, sulla quale si svolgono la quantità e la qualità degli stimoli musicali.

- Sincope. Spostamento di un accento forte su una parte debole della battuta.
- Controtempo. Contrasto ritmico generato da una pausa applicata ad un tempo forte e uno stimolo applicato al tempo debole.
- Ritmo crescente e decrescente. Modificazione ritmica in cui c'è un aumento o una diminuzione di intensità.
- Velocità. Un ritmo non è veloce o lento se non relazione ai ritmi a cui è associato (Lefebvre, 2019)
- Frequenza ritmica. Misurata principalmente in battiti per minuto (bpm). 60 bpm corrisponde a 1Hz.
- Sincronia. Percezione contemporanea di più stimoli appartenenti a campi diversi.
- Ritmo Lineare. Riproduzione di un medesimo fenomeno ad intervalli più o meno regolari (Lefebvre, 2019, p.54).
- Ritmo Ciclico o di rinnovamento. Riproduzione ciclica di fenomeni percepiti sempre con la propria identità. "L'alba è sempre nuova" (Lefebvre, 2019, p.55).

IL RITMO E IL CORPO

Il corpo umano è fortemente legato al ritmo. Le componenti funzionali che permettono al corpo di vivere seguono propri cicli ritmici (battito cardiaco, respirazione, ciclo digestivo) così come l'unità totale si iscrive in cicli ritmici propri (sonno/veglia) e contestuali (stagioni).

L'uomo è abituato a frequentare con i propri sensi il ritmo ed è capace di combinare modalità sensoriali in maniera metacognitiva in fenomeni di *mimesi ritmica* (Mallgrave, 2015, p. 100): il ritmo percepito con un senso viene trasdotto in una azione percepita da altri sensi. Un esempio di *mimesi ritmica* è il *finger-tapping* cioè la capacità di sincronizzare naturalmente il movimento delle dita della mano ad uno stimolo uditivo (Stefano, 2018) o la *chironomia* cioè i movimenti della mano del direttore d'orchestra che diventano strumento di rappresentazione ritmica (Stefano, 2018; Klee, 1959).

Il ritmo riconosce dinamiche ritmiche codificandole con significati specifici (S. Koch & Rautner, 2017): un abbraccio dato ad un amico, nei momenti iniziali, è caratterizzato da movimenti ritmici dolci e indulgenti, successivamente, quando uno dei due soggetti vuole terminare il gesto, i movimenti delle braccia diventano più veloci e taglienti e spesso tradotti con pacche sulla schiena. Un altro esempio di dinamica ritmica si verifica nei movimenti attuati per calmare i pianti dei neonati. I genitori prendono tra le braccia gli infanti e li muovono inizialmente con un ritmo serrato per poi rallentare a mano a mano che l'agitazione lascia il posto alla calma. Secondo Koch e colleghi i ritmi legati al movimento hanno una funzione sia percettiva che espressiva. Il movimento, tuttavia, è spesso descritto nella ricerca

dal punto di vista formale mentre c'è la necessità di indagarne la qualità corporea: cambiamenti di tensione muscolare, peso, tempo, etc. Legandosi a questa necessità i ricercatori hanno sperimentato stimolazioni differenti individuando dieci ritmiche di movimento base che fanno riferimento a due categorie: ritmi indulgenti e ritmi combattivi.

I ritmi indulgenti presentano un andamento fluido con inversioni di tensione lente mentre quelli combattivi hanno inversioni nette e procedono a scatti. L'immagine sottostante mostra i ritmi messi in evidenza dallo studio; la linea che avanza da sinistra verso destra sulla linea del tempo scende verso il basso quando aumenta la pressione e sale verso l'alto quando diminuisce.

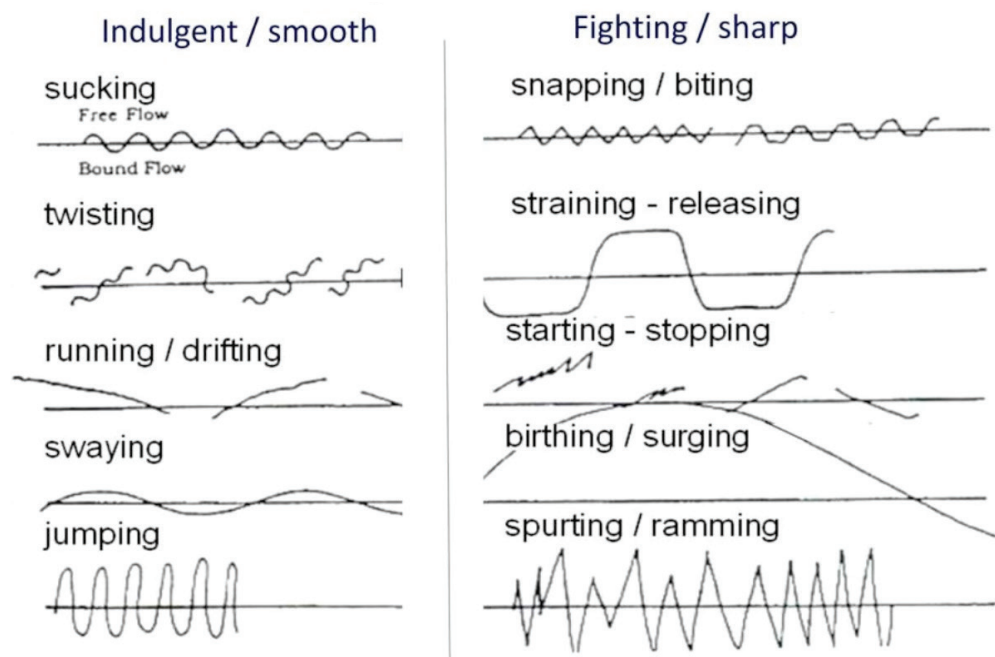


Figura 29
Tipologie di ritmi corporei

La relazione delle qualità ritmiche con le emozioni percepite dall'uomo è un tema ampiamente documentato soprattutto se inteso come componente del linguaggio musicale in cui anche melodia e timbro intervengono in modo incisivo (van der Zwaag et al., 2011). Ciò che viene dimostrato in questi studi è la coerenza nella variazione di alcuni parametri corporei in più soggetti sottoposti a stimoli comuni. I parametri che attualmente consentono una lettura trasversale delle emozioni sono la variabilità della frequenza cardiaca (HRV) e la conduttanza cutanea (SCL, GSR, EDA).

Minime variazioni di frequenza cardiaca sono associate ad alti livelli di stress e quindi ad una tensione soggettiva alta. Gli studi associano a questi risultati delle musiche a tempo veloce mentre a contrario un'alta variazione cardiaca segnala un situazione di calma e rilassatezza.

La conduttanza cutanea rappresenta l'attività simpatica del sistema nervoso e quin-

di lo stato di eccitazione a prescindere dalla valenza (positività o negatività) della sensazione. Gli studi dimostrano un aumento del parametro anche in occasione di stimoli inaspettati (van der Zwaag et al., 2011).

Il legame tra ritmo ed emozioni è ben illustrato dal ruolo che l'anticipazione e l'aspettativa hanno nel rilascio documentato di dopamina nel corpo (J. Trost et al., 2017). Riconoscere una ritmica significa anche prevedere la consequenzialità degli stimoli, accendere un'aspettativa che verrà in qualche modo corrisposta. Per questo motivo è probabile che l'uomo sia attratto dai meccanismi di *trascinamento ritmico*: cioè il riconoscere una ritmica esterna e prenderne parte.

TRASCINAMENTO E SINCRONIA

In campo ritmico di fondamentale importanza è il concetto di trascinamento cioè la tendenza di due elementi con ritmi differenti a tendere ad un ritmo comune, ad una sincronia. Il concetto è rintracciabile sia in fisica, nell'allineamento ritmico dei moti di pendoli ancorati a un elemento comune, sia nei comportamenti sociali come la tendenza dei gruppi ad uniformarsi (ritmo della camminata, ridere quando gli altri ridono, etc.).

Il *trascinamento ritmico* in ambito sociale si rivela anche quando, sotto richiesta esplicita, un pubblico anche molto numeroso, riesce a sincronizzare il battito delle mani in pochi istanti (Strogatz, 2003).

La sincronia è un fenomeno di adesione ritmica che provoca stupore (Strogatz, 2003) e che ricerchiamo nelle nostre esperienze; il *trascinamento ritmico* è il meccanismo naturale con cui tendiamo ad essa e in cui mettiamo in campo un atteggiamento di mimesi verso il prossimo (Apolito, 2018).

I fenomeni di sincronia esercitano una forte attrattiva sull'uomo. Essi, quando percepiti, colgono inevitabilmente l'attenzione. Un esempio è la situazione di attesa in automobile davanti ad un semaforo in cui improvvisamente ci si accorge che la freccia del proprio veicolo è sincrona con quella dell'auto a fianco. Tra i due veicoli non c'è alcuna tipologia di scambio di informazioni ma l'attenzione coglie l'unisono dei segnali percepiti.

Il *trascinamento ritmico* può presentarsi su quattro livelli: percettivo, fisiologico autonomo, motorio e sociale (Trost et al., 2017). Il *trascinamento percettivo* è il processo in cui i segnali provenienti dai sensi sono integrati in un concetto di periodicità che provoca attenzione aspettative temporali; il trascinamento fisiologico autonomo avviene quando i ritmi biologici sono trascinati da stimoli esterni al corpo come la musica; il *trascinamento motorio* si verifica quando il corpo umano si muove seguendo un ritmo esterno come avviene nella danza; il *trascinamento sociale* avviene quando si verificano fenomeni di sincronia interpersonale, per

esempio quando due o più persone si muovono sincrone in presenza di una musica o come dimostrato durante le sperimentazioni su giochi ritmici collaborativi (Hansen et al., 2012).

Per quanto il *trascinamento ritmico* sia un meccanismo possibile in tutte le modalità sensoriali la ricerca evidenzia che l'accoppiamento tra il sistema uditivo e quello motorio sia privilegiato (Stefano, 2018; Ross & Balasubramaniam, 2014).

Un esempio di come il *trascinamento motorio* possa essere sfruttato nella progettazione di oggetti per l'uomo è il progetto "D-Jogger" (Moens et al., 2010), ideato con l'obiettivo di selezionare dinamicamente la musica da un dispositivo portatile in base al ritmo di andatura dell'utente. I risultati registrati mostrano che i soggetti tendono a sincronizzare il proprio movimento al ritmo della musica erogata. Le interviste svolte successivamente ai test indicano un coinvolgimento e una motivazione maggiore legate alla possibilità di entrare in ritmo con la musica ascoltata. Inoltre i risultati di uno studio ulteriore confermano l'influenza delle ritmiche sulla corsa dei soggetti ed il miglioramento dell'andatura in pazienti affetti da Parkinson (Moens, 2018).

Per quanto il rapporto tra udito e trascinamento sia più solida esistono alcuni progetti che indagano il rapporto tra questo fenomeno e il senso del tatto. Il primo dispositivo qui citato è il metronomo aptico da polso "Sound Brenner Pulse"⁶⁰: il dispositivo assolve alla funzione classica del metronomo più conosciuto ma erogando stimoli vibrazionali sul polso piuttosto che stimoli uditivi nello spazio. L'utente sente quindi sulla propria pelle uno stimolo che attiva un *trascinamento percettivo e motorio* inducendolo a mantenere un ritmo preimpostato sull'applicazione di comando.

Più sfidante è il progetto commerciale "Doppel"⁶¹: bracciale da polso destinato ad erogare ritmiche aptiche vibratorie al soggetto inducendo un *trascinamento fisiologico autonomo* che abbia effetti a livello emotivo. Il dispositivo è stato testato durante una sperimentazione che aveva l'obiettivo di portare i soggetti a stati di calma durante delle presentazioni pubbliche in cui lo stato di agitazione inevitabilmente sarebbe stato elevato. Il ritmo erogato è stato quello simile ad un battito cardiaco (circa 60 bpm) ed in particolare inferiore di circa il 20% rispetto al battito misurato sui soggetti. I risultati del test non mostrano effettive variazioni del battito cardiaco ma dei valori variati della conduttanza cutanea e una dichiarata sensazione di calma percepita dai soggetti.

RITMO E APTICA

Come messo in evidenza dal capitolo sugli sviluppi dell'aptica, il ritmo è una componente importante nelle ricerche indaganti codici aptici di linguaggio come *tactons* e *pactor*. Questi codici sono pensati per entrare in relazione con il corpo

⁶⁰ Caso studio
Corpo n.45

⁶¹ Caso studio
Corpo n.46

espandendo le possibilità espressive che vedono l'aptica relegata ad *alert* o suonerie del telefono standard (Brown & Kaaresoja, 2006).

Documentazioni delle potenzialità che legano il ritmo al tatto sono numerose e si concentrano sia sulla forma d'onda (S. Koch & Rautner, 2017; Baumann et al., 2010), sia sulla sequenza con cui vengono proposti gli stimoli (Pohl et al., 2017).

In merito alle sequenze approfondite da Pohl e colleghi è interessante notare le potenzialità ritmiche di un oggetto poco complesso come il bracciale utilizzato (servomotore che aziona una linea di tensione che stringe il polso). Le ritmiche testate nella sperimentazione sono riportate nell'immagine sottostante.

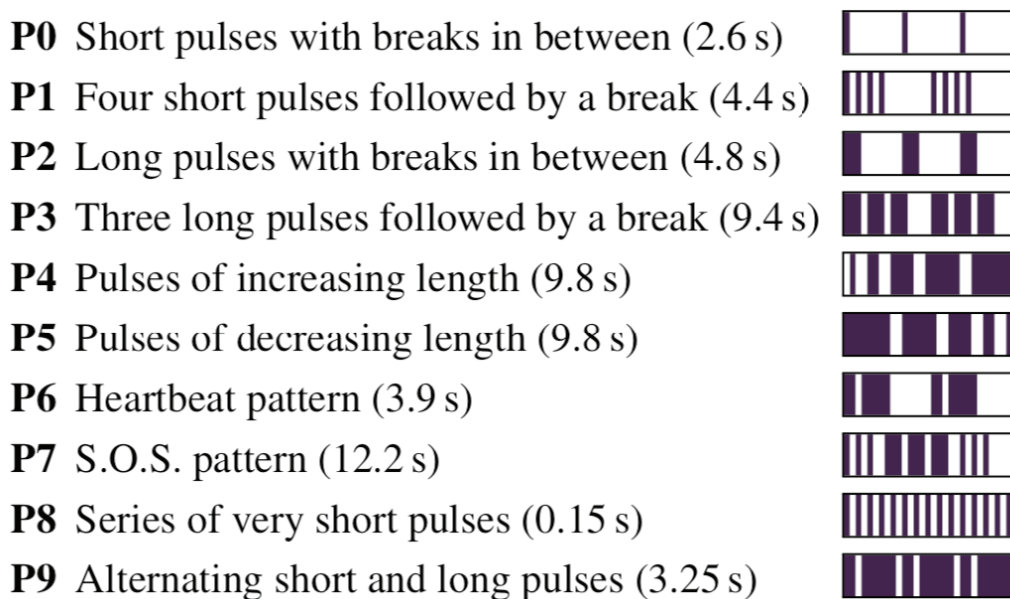


Figura 30
Unità ritmiche da 2,6 secondi utilizzati (Pohl et al., 2017)

A margine dei lavori sopra elencati è indicativa, rispetto le scelte ritmiche, il rapporto messo in evidenza tra le velocità degli stimoli nelle sperimentazioni sui *pactor* (Zheng et al., 2013) in cui gli autori utilizzano tre velocità:

- Veloce. 6.8 volte più veloce della media.
- Media. 7.9 più veloce di quella lenta.
- Lenta.

La scelta dei ricercatori di utilizzare questo rapporto tra la velocità degli stimoli erogati è conseguente alla capacità della percezione umana di percepire il cambiamento in modo logaritmico e non lineare.

IL RITMO NEL PIEDE

Le tematiche che legano i ritmi al corpo sono approfondite a livello della ricerca anche in rapporto al piede.

Uno dei prodotti che indirettamente indagano il tema del ritmo sono le segnaletiche orizzontali destinati ai non vedenti. I moduli che le compongono hanno delle

trame tridimensionali che sono esplorate dagli utenti tramite i piedi e il bastone. Il movimento del piede e quello a pendolo dell'asta genera una percezione tattile ritmica differente a seconda della texture caratterizzante la piastrella. Similmente la lavorazione di tagli nell'asfalto nel bordo della strada conferisce una sensazione tattile ritmica sui piedi di chi si appresta a superare la segnaletica orizzontale con l'automobile.

Una delle prime applicazioni che inseriscono il ritmo al centro del rapporto tra piede e tecnologia sono le "Cybershoes" (Paradiso et al., 1999) progettate con il fine di trasdurre i dati del movimento del corpo, raccolti tramite sensori collocati all'interno delle scarpe, in suoni dell'ambiente durante performance artistiche. In questo lavoro la componente del ritmo non è dichiarata ma diventa centrale in quanto il corpo del performer danza nell'ambiente e compone suoni in sequenza e sincronia con il proprio movimento.

I cambiamenti che le "Cybershoes" provocano nell'ambiente sono recepiti tramite il senso dell'udito, diversamente si comporta il progetto "Rhythm'n'Shoes" (Papetti et al., 2011) che aggiunge un *feedback* di ritorno aptico al movimento. Questo progetto di ricerca ha l'obiettivo di rendere i due piedi interfaccia per suonare diversi tipi di strumenti musicali digitali ma, oltre che portare i dati generati verso l'esterno, fornisce un *feedback* aptico che permette di avere un maggiore controllo dei movimenti che si stanno effettuando.

Il campo della danza è sede di sperimentazione anche per il progetto "Music Touch Shoes" (Yao et al., 2010) in cui il piede umano è implementato da una scarpa che ha lo scopo di aiutare l'apprendimento dei movimenti a persone con handicap visivo. Ritenendo i piedi direttamente coinvolti nell'esecuzione del ritmo durante i balli i ricercatori hanno utilizzato attuatori di vibrazioni all'interno delle scarpe per comunicare il ritmo ai soggetti.

Molteplici sono le ricerche che legano il piede e il movimento alla musica con progetti che hanno l'obiettivo di modificare la scelta della musica in base al ritmo dell'andatura (Moens et al., 2010; Masahiro et al., 2008) o in alternativa modificare la ritmica stessa, a livello di frequenza, della musica per adattarla alle frequenza del cammino umano (Hockman et al., 2009).

Un'ulteriore ricerca che utilizza il piede con l'obiettivo di indurre un ciclo di deambulazione efficace senza l'occorrenza di vincoli meccanici sul corpo è il progetto "Shoe-shaped" (Watanabe et al., 2005). Il dispositivo, applicato al piede, utilizza *feedback* vibrazionali aptici per comunicare ai soggetti il momento esatto in cui il piede deve poggiare a terra. I risultati della ricerca mostrano l'efficacia dell'operazione di modifica del comportamento se gli stimoli erogati spostano il ciclo di deambulazione entro un range di velocità tra i -100 e i 150 millisecondi.

IL RITMO E IL CONTESTO

La percezione legge e gerarchizza l'insieme degli stimoli cui l'uomo è sottoposto. Il ritmo è una componente che l'uomo riconosce nelle sensazioni e nell'ordine degli elementi che identifica nel contesto.

Il corpo dialoga con il ritmo in continuo, leggendo strutture ritmiche nelle esperienze e imprimendo ritmi nei soggetti e negli spazi con cui si relaziona.

Mallgrave sottolinea (Mallgrave, 2015, p. 113) quanto ci siano componenti dello spazio (ritmo, fisicità, scala, struttura, metafora, etc.) su cui l'architetto moderno dovrebbe riflettere alla luce delle ricerche neuroscientifiche legate alle teorie embodiment e all'idea che la connessione tra dinamica del corpo, linguaggio e contesto sia profonda e non mera sommatoria narrativa.

L'attenzione del campo del progetto alle tematiche ritmiche non è nuova ma nonostante questo mostra ampi margini di sviluppo. Il concetto del ritmo come caratterizzazione dello spazio appare chiaro ma lo è meno quando si tenta di decifrare le effettive ritmiche attraverso in notazioni. Per quanto meccanismi come il *trascinamento ritmico* siano ampiamente indagati dalla ricerca e il tema delle sincronie sia focus di molte discipline (Strogatz, 2003) non è stato definito il modo in cui i ritmi rilevati nella complessa realtà dialoghino e regolino tra loro le gerarchie.

Il ritmo è una costante della percezione l'uomo tende a riconoscere la sua presenza unicamente quando qualcosa in esso non funziona, quando improvvisamente si verifica una aritmia: "per realizzare un ritmo bisogna uscirne. L'esteriorità è necessaria e, tuttavia, per entrare in un ritmo bisogna essere stati da lui catturati, essere presi o abbandonati "interiormente" al tempo stesso" (Lefebvre, 2019, p. 53).

La parola tedesca *umwelt* viene spesso utilizzata in ambito scientifico per delineare il mondo percepito attraverso i sensi che è di tipo soggettivo e diverso tra una tipologia di animale e l'altro (Duprat, 2013).

Immaginare applicazioni tecnologiche all'interno di uno scenario complesso, come quello dell'ecosistema digitale contemporaneo (Bagnara & Pozzi, 2016, pp. 216-219), denso di dati invisibili e sovrapposti, è un esercizio al quale consegue, inevitabilmente, una risultante percettiva personale, un proprio *umwelt* fortemente caratterizzato dai dati digitali. Questo è un rischio inevitabile, l'azione del progettista deve allora essere capace di conferire gradi di libertà nelle azioni che consentano pause riflessive, possibilità di entrata e uscita dai sistemi.

Le *protesi sincretiche* devono essere in grado cioè di modulare le risposte che forniscono al corpo passando da momenti automatici (*protesi passive*) a momenti controllati (*protesi interattive*) (Zannoni, 2018, p. 82) in base all'esigenza manifestata nella temporalità dell'interazione.

Con l'intenzione di intervenire in modo propositivo sugli sviluppi delle *protesi passive/interattive* vengono qui proposti tre contributi alla ricerca al campo delle interfacce aptiche. Questi contributi utilizzano il ritmo come elemento del linguaggio naturale adatto a collocarsi alla periferia dell'attenzione (Norman, 2008, p. 139).

Il ritmo è una componente fondamentale dell'esperienza umana che spesso risulta difficilmente distinguibile nei contesti percepiti, a volte perfino invisibile. Jovanotti, nella canzone "La ritmica" presente nell'album "L'albero" (1997) dice: "è un piacere primordiale accessibile ai bimbi soltanto, la gioia del ritmo la gioia del canto".

La capacità, di delineare oggetti e forme significative in un mondo precedentemente indeterminato, è alquanto complessa e tipica proprio dei bambini (Varela, 1994). La ritmica è una struttura trasversale i linguaggi naturali. I processi di *mimesi ritmica* (Mallgrave, 2015, p. 100) consentono ai bambini di trasdurre la ritmica da un linguaggio all'altro, da un osservazione all'altra.

Partendo da queste considerazioni la ricerca quindi propone tre elementi di originalità:

- Utilizzo della ritmica come *affordance* dello spazio.

La ritmica, attraverso i comportamenti che naturalmente può generare, ha le caratteristiche adeguate ad essere elemento dialogico tra corpo tecnologico e spazio.

- Utilizzo della ritmica attraverso tre capacità proprie.

Le capacità che la ritmica pressorea può esprimere, in sinergia con le tecnologie abilitanti, sono quella di provocare, narrare e conferire consapevolezza.

- Utilizzo delle caratteristiche omotipiche del corpo.

La ritmica è adagiata sul corpo, simmetricamente ma non parallelamente, tramite sensazioni pressore, intime e riconosciute come naturali dall'uomo.

La ritmica è utilizzata in questa ricerca all'interno di quella che è stata isolata come piattaforma ideale per la sperimentazione, il piede. Per questo motivo da qui in avanti i tre elementi di originalità verranno enunciati come le componenti del *Ritmo Podotattile*.

RITMO PODOTATTILE, AFFORDANCE DELLO SPAZIO

L'orizzonte di sviluppo delle risposte nelle protesi digitali applicate al corpo è probabilmente la mediazione tra una realtà contraddistinta dalla presenza di dati referenziati ai luoghi e il corpo che la attraversa. I flussi invisibili dei dati referenziati diventano parte caratterizzante i luoghi (Formia & Zannoni, 2018) ma eludono quello che di fatto è il campo percettivo umano.

I dati digitali tendono ad essere manifestati in *touchpoint* piuttosto che caratterizzare, con il loro fluire, lo spazio in cui sono collocati.

Inoltre il proliferare di apparecchiature elettroniche con *feedback* prevalentemente di origine visiva o acustica porta ad interrogarsi sulla necessità di trovare interazioni bidirezionali nuove ed efficaci, capaci di collocarsi ai margini dell'attenzione in modo da non creare disturbo alle attività prevalenti. I dispositivi devono quindi porsi come complementari alle azioni umani, sommandosi ed aggiungendo qualità nelle stesse in termini di comprensione, risultati, riduzione dello stress e benessere.

Le *ritmiche podotattili* intervengono in questa direzione; esse esprimono apticamente una interpretazione dei dati che caratterizzano determinati ambienti semplificando, enfatizzando o attivando comportamenti umani in modo sottile e non prevaricante l'unità attentiva umana.

Le *ritmiche podotattili* sono *affordance* dello spazio, capaci di mettere in risalto possibilità interattive che esso offre e potenzialmente provocare o suggerire comportamenti.

Il *ritmo podotattile* è possibile iscriverlo all'interno delle tecnologie assistive (Meier et al., 2015), capaci cioè di relazionarsi con l'uomo con *feedback* complementari con una sensazione piacevole ma non sufficiente a farsi carico della totalità di un compito.

L'utilizzo delle *ritmiche podotattili* applicate allo spazio agisce nel campo della caratterizzazione dello spazio sulla base di una progettualità statica, tuttavia, in

futuro, esse potrebbero divenire intese come elementi dinamici influenzati dai dati che leggono situazioni mutevoli.

RITMO PODOTATTILE, TRE CAPACITÀ

Il *ritmo podotattile* è uno strumento di caratterizzazione dello spazio e può agire con tre diverse capacità: provocativa, narrativa e di consapevolezza.

La capacità provocativa si riferisce ai meccanismi che la ritmica riesce naturalmente a innescare con il corpo. Essa, attraverso meccanismi come il *trascinamento ritmico*, la *mimesi ritmica*, la ricerca della sincronia può portare a dei cambi nei comportamenti dei soggetti.

La capacità di provocazione può avvenire sia a livello dinamico del corpo nello spazio (movimento, postura) sia a livello dell'attenzione (da una fase di disattenzione a una di attenzione divisa o focalizzata).

La capacità narrativa fa riferimento alle possibilità del *ritmo podotattile* di caratterizzare gli spazi e divenire portale per dati ad un secondo livello di conoscenza.

Attraverso il meccanismo della sincronizzazione ritmica tra il movimento del piede e la ritmica percepita, l'utente attiva l'erogazione di un contenuto precedentemente accessibile. Il contenuto può essere fruito attraverso media digitali sia personali sia pubblici collocati nello spazio.

La capacità di conferire consapevolezza è una qualità di cui si carica il *ritmo podotattile* quando la sequenza su cui è costruito coincide con una caratteristica precisa di un dato e questa associazione viene comunicata all'utente.

La conversione dato/ritmo può quindi essere realizzata attraverso le caratterizzazioni della ritmica come densità e intensità dello stimolo, forma d'onda, pause, etc.

RITMO PODOTATTILE, ALTERNANZA OMOTIPICA

La sempre maggiore miniaturizzazione delle tecnologie abilitanti consente di applicare oggetti in diverse e molteplici aree del corpo. Queste nuove applicazioni possono agire anche laddove le interazioni si sono allontanate conseguentemente lo sviluppo delle tecnologie digitali.

Le componenti della parte inferiore del corpo, gambe e piedi, sono un esempio lampante di questo allontanamento: centro di comando di macchine meccaniche (tornio, macchine da cucire, automobili) sono state un po' alla volta abbandonate per lasciare spazio a interfacce basate su schermi e interazioni tramite mano. Il piede, dotato di una sensibilità cutanea elevata, capace di mediare le informazioni del corpo e dello spazio, è inserito in involucri sempre più performanti che ne anestetizzano le capacità sensoriali.

L'orizzonte dell'interazione protesica, sfruttando le potenzialità raggiunte dalla tecnologia, può intervenire sulle capacità espresse o inesprese del corpo; facendo i conti con una lettura cosciente del corpo essa deve proporre soluzioni che dal corpo partano.

Il *ritmo podotattile* sfrutta così una semplice caratteristica del corpo, la divisione sull'asse sagittale in due parti simmetriche, gli antimeri. Essi risultano composti da elementi, detti omotipi, doppi e simmetrici, dotati della stessa struttura e funzione. Esempi omotipi sono le orecchie, le mani, le braccia, i piedi.

Il *ritmo podotattile* sfrutta questa caratteristica intervenendo simultaneamente su due omotipi, i piedi, erogando ad essi un unico stimolo diviso in due tracce complementari. Gli stimoli si presentano sui due piedi in modo sincronico, alternato o monopode.

Il *ritmo podotattile* può avvalersi di attuatori molteplici, purché essi apportino nel piede una tipologia di *feedback* di tipo pressoreo. Essi possono agire diversamente con elementi di pressione puntuale, lineare o di superficie. Le sensazioni delle ritmiche saranno conseguenti alle tipologie tecnologiche utilizzate e potranno così provare sensazioni di spinta, torsione, stretta, sfregamento, etc. L'apertura di questa tematica è ampia e in parte è già una componente della ricerca dei linguaggi aptici come testimoniato dai *pactor* e i *taxel*.

SPERIMENTAZIONE DEL RITMO PODOTATTILE

METODOLOGIA DELLA SPERIMENTAZIONE

La sperimentazione della ricerca è stata suddivisa in tre fasi consecutive. La prima di queste ha riguardato la definizione delle capacità della *ritmica podotattile* attraverso l'esercizio della scenaristica. I requisiti emersi durante questa fase hanno permesso l'astrazione di azioni pratiche che applicano i concetti in molteplici ambiti. Per ogni caratteristica sono quindi proposti esempi delle possibili ricadute.

Le fasi successive coincidono con i relativi due prototipi che sono stati costruiti e verificati.

Il primo di questi ha avuto come obiettivo la verifica della percezione degli utenti rispetto un elemento ritmico pressoreo in dialogo tra i due piedi.

Il secondo prototipo ha avuto l'obiettivo di raccogliere dati sulle variazioni di comportamento e di stato emotivo durante gli esercizi richiesti con un elemento ritmico/pressoreo nei piedi.

Al primo prototipo è stata affiancata una raccolta dati tramite questionario. La sperimentazione nel secondo prototipo è stata affiancata da una raccolta dati eterogenea tramite: questionario di autovalutazione emotiva, intervista, raccolte dati inerenti la postura e il ciclo del cammino, raccolta dati su conduttanza cutanea e variabilità della frequenza cardiaca.

LE TRE CAPACITÀ DEL RITMO PODOTATTILE

Durante la prima fase della sperimentazione sono stati elaborati degli scenari applicativi che mettessero alla prova alcune delle deduzioni e intuizioni emerse durante la ricerca.

In questi scenari sono state quindi sviluppate delle istantanee in cui la ritmica podotattile si presenta in una forma e in un modello di interazione specifico come lo schema sottostante illustra.

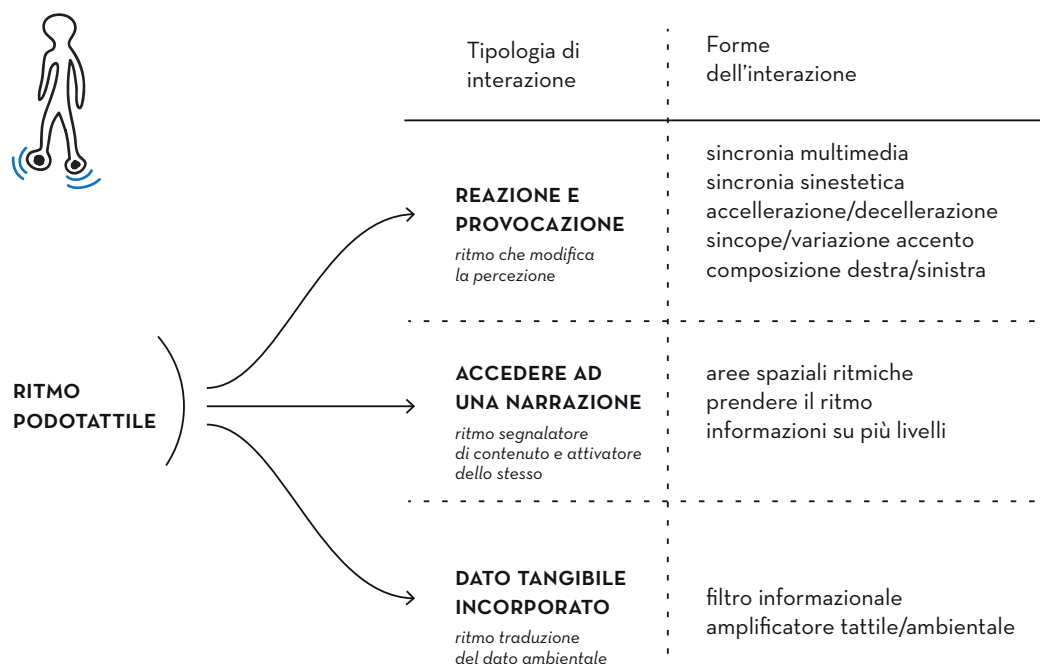


Figura 31
Capacità della ritmica podotattile

Il primo scenario si immaginava si potesse applicare al Parco Archeologico di Tremona. Questo luogo conserva i resti degli insediamenti di un villaggio medievale con reperti risalenti fino all'epoca Neolitica (Città di Mendrisio, 2021). Il parco è stato individuato in quanto avente caratteristiche utili ad una possibile sperimentazione in loco: superficie ampia nella quale la persona può camminare liberamente; informazioni limitate e distanti tra loro; storico di progetti leganti le modalità di visita e la tecnologia digitale (MendrisioTurismo, 2016).

La prima capacità indagata, attraverso varie istantanee, è quella nella quale il ritmo erogato nei piedi muta provocando differenti comportamenti nel visitatore. Il ritmo podotattile diventa una caratterizzazione dello spazio che innesca enfaticamente nell'avvicinamento ad un luogo di interesse, attivazione dell'attenzione in punti specifici del percorso e infine senso di meraviglia quando entra in sincronia con un ritmo percepito tramite il senso della vista (video) o dell'udito (audio).

Nella seconda capacità il ritmo podotattile diventa una caratterizzazione degli oggetti: il tatto del piede riconosce il ritmo erogato nel piede da alcuni attuatori e attraverso il meccanismo della *mimesi ritmica* riproduce lo stesso con il movimento del piede. Il raggiungimento di una breve sincronia tra i due ritmi attiverà l'erogazione di un contenuto tramite un audio erogato in cuffia.

La terza capacità della ritmica è calata all'interno di un ipotetico scenario differente: una fabbrica che utilizza la realtà aumentata nelle fasi di manutenzione e interazione con le macchine. In questo scenario gli operatori dedicano molte risorse attentive alle informazioni inviate loro perdendo il contatto con le variabili, potenzialmente pericolose, dello spazio in cui sono immersi. In questo scenario il ritmo podotattile diventa filtro e amplificatore dei dati dell'ambiente, rendendo manifeste



Figura 32
La ritmica podotattile cambia e crea attenzione.



Figura 33
Il corpo entra in sincronia con la ritmica podotattile e attiva un contenuto.

sul corpo dell'operatore le variazioni che stanno avvenendo fisicamente intorno al corpo.

L'elaborazione di questi scenari ha dato vita ad un successivo approfondimento delle tre capacità con la messa in evidenza di azioni specifiche attraverso le quali esse possono trovare attuazione in ambientazioni di progetto specifiche.

Ogni azione descritta presenta delle potenzialità di progetto che potranno essere sviluppate in ricerche legate al tema degli stimoli aptici sia sui piedi che su altre parti del corpo umano. Per ogni capacità sono inoltre delineate le caratteristiche degli ambienti adatti allo sviluppo delle azioni.

CAPACITÀ DI PROVOCAZIONE

Il *ritmo podotattile* può provocare un cambio di comportamento nel soggetto a cui esso è somministrato.

I cambi comportamentali possono essere raggiunti attraverso tre possibili azioni del ritmo:

- **Cambi di velocità ritmica.**
Cambiando la velocità dello stimolo ritmico pressoreo è possibile stimolare un meccanismo di trascinamento ritmico. Progetti simili, compiuti sul canale uditivo (Moens et al., 2010; Moens, 2018), mostrano la capacità di un cambio di ritmo musicale di influire una similare modifica nell'andatura umana.
- **Inserimento di accenti ritmici e pause.**
Inserendo degli accenti ritmici sul piede opposto a quello sul quale viene erogato una *ritmica podotattile* base o delle pause è possibile creare delle situazioni di aumento o cambio dei flussi di attenzione.
- **Creazione di sincronie multicanale.**
Attraverso la messa in sincronia degli effetti ritmici sui piedi con oggetti esterni al corpo è possibile creare effetti percettivi della realtà multisensoriali. I soggetti rilevati nel campo percettivo che il corpo distingue tramite la vista o l'udito tenderanno ad essere raggruppato percettivamente con ciò che ad esso è in sincronia, in questo caso con le informazioni tattili acquisite dai piedi. Le *ritmiche podotattili* potrebbero così rivelarsi informazioni aggiuntive di un oggetto percepito a distanza con un canale sensoriale differente. Un processo simile è utilizzato in una sperimentazione in campo coreutico in cui lo schienale di una poltrona è stato implementato da una griglia di attuatori che riproducono movimenti sincronizzati ai movimenti dei ballerini sul palco. I risultati di quella sperimentazione mostrano un aumento incisivo del coinvolgimento emotivo (McCormick et al., 2018).

Le tre azioni del ritmo che descrivono la capacità di provocazione prevedono che ci sia un controllo progettuale anche nello spazio in cui sono realizzate. Per questo motivo un luogo privilegiato per la sperimentazione delle stesse potrebbe essere un museo o una mostra.

In questo contesto, dove gli spazi direzionano il movimento e la quantità di informazioni da fruire sono molteplici, la provocazione del *ritmo podotattile* può risultare utile a direzionare l'attenzione, gestire i flussi, coinvolgere maggiormente l'utente.

I cambi di velocità del ritmo potranno così portare ad una velocità di percorrenza controllata in alcuni luoghi. Gli accenti ritmici potranno aumentare l'attenzione in alcuni punti del percorso in cui ci sono particolari opere di interesse o infrastrutture utili al fruitore. Infine, la sincronia multicanale tra *ritmo podotattile* ed elementi multimediali presenti nello spazio garantirà un maggiore coinvolgimento rispetto alcuni supporti audio/video.

CAPACITÀ DI NARRAZIONE

Il *ritmo podotattile*, utilizzato come caratterizzazione referenziata dello spazio, diventa componente identitaria del luogo e portale di accesso a dati di secondo livello. Le azioni eseguibili dal ritmo in linea con questa capacità sono due:

- **Identificazione di un'area.**

Muovendosi lungo lo spazio gli utenti sentono naturalmente le caratterizzazioni della pavimentazione ai loro piedi. La comparsa di *ritmi podotattili* durante la fruizione di uno spazio diventa un modo per evidenziare un'area rispetto a quelle limitrofe. Una funzionalità simile è utilizzata in molti progetti che utilizzano l'aptica vibratoria o pneumatica (vedi capitolo aptica e piedi) per fornire indicazione nella navigazione pedonale in città. L'invio dello stimolo aptico è sia indicazione di direzione ma anche di spazio nel quale accedere.

Prendere il tempo.

Gli umani hanno trasversalmente una capacità più o meno sviluppata, cioè quella di entrare in empatia con un ritmo che riconoscono (Apolito, 2018). Questa relazione ritmica avviene attraverso meccanismi consapevoli (prendere il ritmo di una musica) o inconsapevoli (*trascinamento ritmico*). La riproduzione di un ritmo percepito tramite uno stimolo aptico è sfruttata da Sound Brenner Pulse⁶², un metronomo da polso che dà il tempo vibrando.

Le *ritmiche podotattili*, essendo caratterizzate da velocità e complessità minime, rendono facilmente possibile sincronizzare il movimento del piede con il ritmo impresso dalla tecnologia. Il raggiungimento di questa sincronia potrebbe essere l'azione attivatrice di un contenuto digitale su un elemento terzo.

Le due azioni legate alla capacità di narrazione si prestano ad essere applicate all'interno di uno spazio urbano aperto.

Il *ritmo podotattile* è una tecnica utile ad identificare la presenza di dati nello spazio. Esso è referenziato ad uno spazio e non ad un tempo o ad una azione come diversamente avviene per gli *alert*. I segnali di allerta richiedono attenzione immediata in quanto rispondono ad un'esigenza che si manifesta nel tempo in cui sono inviati; il *ritmo podotattile*, invece, afferisce ad un'area in cui è possibile entrare ed uscire. Il ritmo caratterizza lo spazio e si aggiunge al campo del percepito dello stesso; esso comunica agli utenti la presenza di dati ma non impone all'esperienza la fruizione degli stessi.

L'azione del prendere il ritmo con il piede, è una *gesture* che diventa chiave d'accesso a un dato solo quando richiesto.

⁶² Caso studio
Corpo n. 45

CAPACITÀ CONFERIMENTO DI CONSAPEVOLEZZA

Il *ritmo podotattile* può essere generato dinamicamente sulla base di dati rilevati nello spazio. In questo caso l'azione che rende possibile questa capacità è l'associazione dato/ritmo: le informazioni rilevate dallo spazio sono convertite in ritmiche in base alla densità o all'intensità delle stesse.

Seguendo le indicazioni sulla qualità della forma d'onda (Baumann et al., 2010) e quelle tipologiche dei ritmi corporei (S. Koch & Rautner, 2017) i segnali ritmici trasmettono sensazioni ed emozioni; inoltre, attraverso il meccanismo della metafora, la frequenza degli stimoli aptici può essere utilizzato come suggerimento di una corrispondente densità di segnali o urgenza dell'informazione.

L'associazione dato/ritmo è attivabile in situazioni in cui si verifica un distacco tra la percezione dello spazio e lo stesso. Esempi di queste sono i luoghi di lavoro nei quali vengono utilizzate tecnologie di realtà aumentata o realtà virtuale. Entrambe queste tecnologie portano l'attenzione degli utenti verso una dimensione non fisica con la diminuzione conseguente dell'attenzione dedicata all'ambiente circostante il corpo. Un ritmo narrante lo scorrere del tempo o la presenza di persone nelle aree limitrofe al corpo, garantisce una maggiore consapevolezza della realtà fisica con le seguenti ricadute sulla sicurezza.

Il *ritmo podotattile* utilizzato come strumento di lettura di un dato ambientale si lega all'ambito dell'*ambient information display* cioè quei display presenti nello spazio che diventano interfacce di narrazione di un cambiamento dell'ambiente; un esempio è la maniglia Aladdin (MaClean & Roderick, 1999) che attraverso il cambio di temperatura descrive la quantità di persone presenti nella stanza oltre la porta su cui è montata.

La capacità del ritmo di dare consapevolezza rispetto ad una categoria di dati si iscrive in una possibile redistribuzione delle informazioni sui diversi canali sensoriali al fine di garantire una migliore comprensione e consapevolezza delle stesse (Wickens, 2002). Questa direzione progettuale è descritta bene dal display multisensoriale "Aero" della progettista Carolyn Wegner⁶³. Il display è un monitor per il monitoraggio dei parametri corporei utilizzato dall'anestesista durante le operazioni chirurgiche. Il dispositivo è una macchina di ventilazione per anestesia che assiste l'infermiere nel monitorare il paziente anche durante l'intervento chirurgico. Aero integra la materializzazione dei dati con una manipolazione tangibile e traduce i dati del paziente in una forma dinamica che simula la frequenza respiratoria del paziente e le condizioni polmonari. Similmente il *ritmo podotattile* può dare una materializzazione tangibile dei dati di un corpo di un paziente.

⁶³ Caso studio
Corpo n. 20

ELABORAZIONE DELLE RITMICHE PODOTATTILI

Sequenze di stimoli tattili trovano caratterizzazione sia nella struttura ritmica sia nelle qualità dei singoli stimoli. Come la composizione di una musica ascoltabile tramite il canale uditivo è infatti possibile generare sequenze tattili complesse attraverso griglie di attuatori diffusi sull'intera superficie del corpo le cui singole unità modificano le intensità della pressione sulla pelle.

Al fine di concentrare l'attenzione sugli effetti della componente ritmica i *ritmi podotattili* utilizzati nelle fasi di sperimentazione sono stati progettati limitando le possibili caratterizzazioni qualitative:

- **Intensità.** La pressione erogata dai due attuatori è unica e costante nel tempo.
- **Forma d'onda.** La forma d'onda su cui è costruito il *feedback* è unicamente simmetrica (Baumann et al., 2010).
- **Punti d'applicazione.** I punti di applicazione degli stimoli sono le due piante del piede, in particolare l'arco plantare.
- **Forma pressorea.** La forma dello stimolo è unica. Nel prototipo n.1 sono stati testati degli stimoli erogati tramite superficie mentre nel prototipo n. 2 è stato utilizzato una pressione lineare trasversale la lunghezza del piede nel punto di massima arcuazione della pianta.

Le *ritmiche podotattili* sono quindi composizioni di stimoli pressorei omogenei localizzati negli archi plantari dei piedi destro e sinistro. Le *ritmiche podotattili* hanno quindi caratteristiche derivate dalle strutture ritmiche:

- **Velocità.** Le ritmiche possono avere una velocità costante, crescente o decrescente. Le velocità su cui possono essere erogate dipendono dal motore che le genera. Il prototipo n.2 utilizza servo-motori di derivazione auto-modellistica (DSSERVO DS3225 25 kg) e può erogare ritmiche fino a 110 btm.
- **Presenza/assenza.** Le *ritmiche podotattili* sono pensate sia come elemento attivato per brevi o lunghi periodi. La presenza improvvisa di una pausa ritmica o l'attivazione della stessa durante un'assenza prolungata è una caratteristica potenzialmente simile all'effetto di molti *alert* vibratori.
- **Stimolazione monopode.** Le ritmiche possono essere erogate unicamente su un unico piede.
- **Stimolazione omotipi sincronica.** L'erogazione dello stimolo pressoreo in contemporanea su entrambe le piante del piede genera uno stimolo a doppia intensità.
- **Stimolazione omotipi alternata.** La stimolazione alternata delle due piante del piede rende possibile la creazione di ritmiche più veloci in quanto nel momento di scarico del motore a destra si avrà il picco di forza del motore a sinistra e viceversa.
- **Accenti ritmici.** È possibile creare degli accenti ritmici erogando degli stimoli sincroni o alternati sul piede opposto a quello sopra il quale c'è una predominanza di stimoli.

Le ritmiche possono inoltre avere caratterizzazioni ulteriori quando entrano in comunicazione con elementi terzi presenti nel corpo o nello spazio:

- **Sincronia multicanale.** La *ritmica podotattile*, nei limiti delle velocità esprimibili possono essere sincronizzate con ritmi esterni al corpo come musica, immagini video o reali, effetti aptici, etc.
- **Sincronia con il corpo.** La ritmica può essere sovrapposta ad un dato del corpo come la respirazione, il battito cardiaco, la cadenza del passo.

PROTOTIPO N.1

Il primo prototipo è stato costruito con l'obiettivo di verificare la sensibilità dei tester in relazione al tema della ritmica applicata a stimoli di tipo pressoreo nel piede.

Il prototipo è progettato per una fruizione statica in posizione eretta. Il tester sale sull'oggetto mentre il ricercatore si posiziona in ginocchio alle spalle del tester in modo che la presenza non impatti nella percezione visiva del tester.

Il ricercatore eroga gli stimoli ritmici attraverso il gonfiaggio e lo sgonfiaggio di due sacche d'aria posizionate in prossimità dell'arco plantare. Il gonfiaggio è gestito tramite delle pompette mentre lo sgonfiaggio avviene tramite l'apertura di una valvola per far uscire l'aria dalla sacca.

Il test ha una durata di 1 minuto e 30 secondi. Durante l'esperienza viene fatto ascoltare un brano musicale uguale per tutti i tester tramite cuffie auricolari con il fine di eliminare il rumore delle pompette.

Prima dell'inizio del test lo strumento è stato fatto provare ai tester, chiedendo loro di trovare la posizione più comoda. Ai tester non è stata fornita alcuna informazione circa gli obiettivi del prototipo e del progetto.

Le ritmiche erogate variano sia per velocità sia per tipologia mentre il parametro



Figura 34
Prototipo n.1

della velocità non è stato controllato. Le tipologie di ritmiche utilizzate sono state quattro ed erogate in sequenza per una durata di circa 20 secondi ognuna. Nella tabella di seguito sono riportate le cellule ritmiche che si sono ripetute durante il tempo dedicato ad ogni tipologia di stimolo. Le frecce in su corrispondono al gonfiaggio della sacca mentre quelle in giù allo sgonfiaggio.

MONOPODE	Piede DX	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓
	Piede SX	-	-	-	-	-	-	-	-
ALTERNATO	Piede DX	↑	-	↑	-	↑		↓	
	Piede SX	-	↑	-	↑		↑		↓
SINCRONICO	Piede DX	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓
	Piede SX	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓
SINCRONICO / ALTERNATO	Piede DX	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↓
	Piede SX	↑		↑	↓	↑		↑	↓

Figura 35
Cellule ritmiche emesse durante il test con il prototipo n.1

A conclusione della prova è stato chiesto ad ogni tester di compilare il questionario seguente:

- Indicazione dell'età e del sesso
- Indicazione di Patologie Podologiche o Ispessimenti Cutanei
- Come valuti la sensazione che senti nel piede? (scala 1-fastidioso / 9-confortevole)
- Durante la prova hai avvertito cambi di ritmo negli stimoli ricevuti nel piede?
- Quali stimoli hai percepito con maggiore intensità rispetto ai due piedi? (scala 1-sincrono / 9-alternato)
- Quali stimoli hai percepito con maggiore intensità? (scala 1-gonfiaggio / 9-sgonfiaggio)
- Valuteresti efficace l'utilizzo di sistemi di comunicazione simili nella quotidianità? Sì/No/Altro (risposta aperta)
- Spazio libero per commenti.

Obiettivo del questionario è stato indagare l'efficacia sul piede dell'utilizzo di stimoli pressorei caratterizzati da forme ritmiche. I nodi di indagine salienti del questionario sono stati:

- l'accettabilità di uno stimolo pressoreo ritmico sul corpo;
- l'efficacia di una ritmica alternata sui due piedi rispetto ad una sincrona e l'identificazione di variazioni ritmiche durante la prova.

Figura 36
Fase di
somministrazione
ritmica con il
primo prototipo



Figura 37
Posizione di
somministrazione
del test con il
primo prototipo

ANALISI DEI DATI DEL PROTOTIPO N.1

Al test hanno partecipato 22 persone di età tra gli 8 e i 65 anni di cui 14 maschi e 8 femmine. Rispetto allo stato di salute del piede i tester hanno segnalato ispessimenti cutanei, un problema di alluce valgo e l'utilizzo di plantari da parte di 4 tester. Nessuno di questi problemi è stato valutato compromettente rispetto alla presente prova.

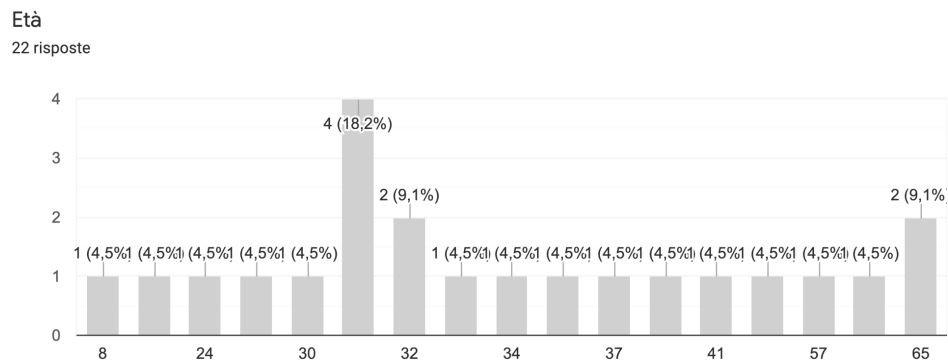


Figura 38
Età dei tester che hanno preso parte alla sperimentazione del primo prototipo

La valutazione del comfort percepito durante la stimolazione ritmica del piede è stata in predominanza positiva (19 tester). Si è invece dimostrata neutra per 2 tester e leggermente negativa per 1 tester.

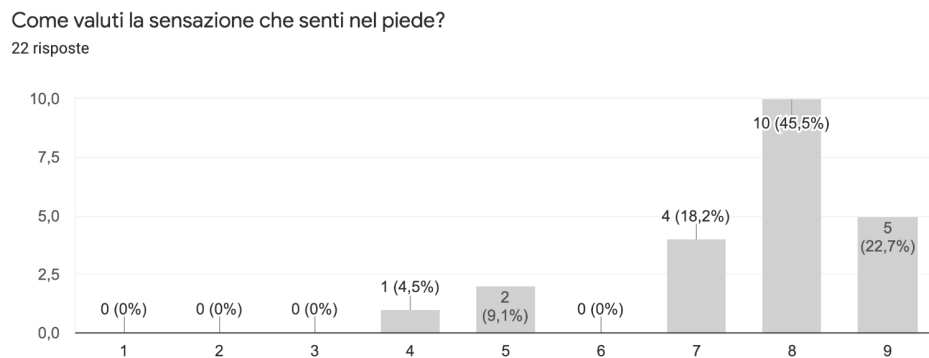


Figura 39
Valutazione del comfort del prototipo

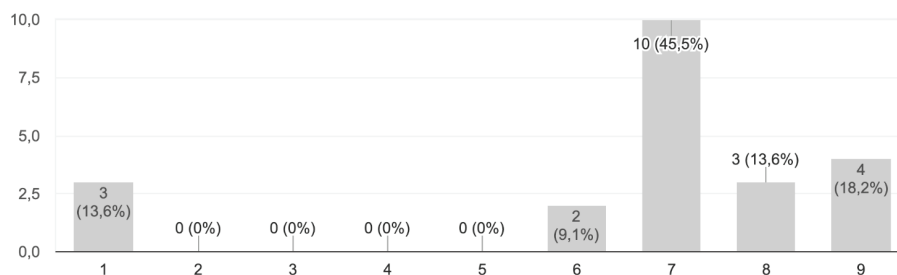
Rispetto alla richiesta volta a verificare la riconoscibilità di più tipologie ritmiche durante il test tutti i partecipanti hanno confermato di avere riconosciuto una buona variabilità.

Ai partecipanti è stato richiesto di scegliere la tipologia di stimolo percepita con maggiore intensità sul proprio corpo scegliendo tra lo stimolo sincrono e quello alternato sui due piedi. I tester hanno espresso una generale preferenza per lo stimolo alternato (19 tester) mentre solo tre tester hanno segnalato la preferenza per gli stimoli sincroni. Una delle risposte negative è tuttavia da eliminare per una successiva verifica della non comprensione della domanda.

Figura 40
Distribuzione delle risposte rispetto all'intensità maggiore tra stimoli sincroni o alternati.

Quali stimoli hai percepito con maggiore intensità rispetto ai due piedi?

22 risposte

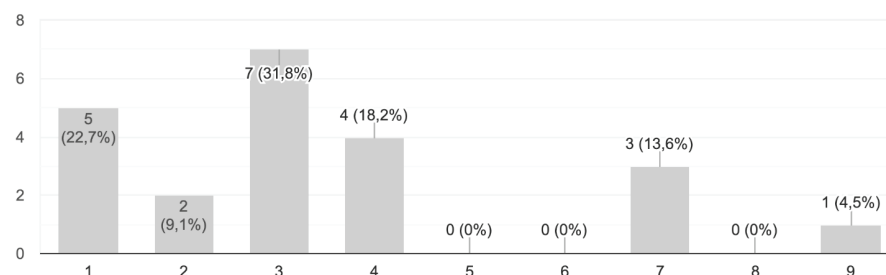


Rispetto alla richiesta di segnalazione dello stimolo di maggiore intensità tra gonfiaggio (pressione) e sgonfiaggio (depressione) la maggioranza dei tester ha segnalato il primo (18) anche se molti di questi hanno mostrato meno convinzione rispetto le scelte precedenti. Solamente 4 tester hanno segnalato la depressione come elemento di maggiore intensità. Ad una successiva analisi del test effettuato si è messo in evidenza il fatto che i tester abbiano ricevuto stimoli di gonfiaggio in rapporto 3 o 4 volte superiori a quelli di sgonfiaggio; ogni tipologia di ritmo erogato prevede il gonfiaggio fino a 4 livelli di pressione mentre lo sgonfiaggio non può essere modulato e una volta azionato porta la sacca a svuotarsi completamente. Per questo motivo il risultato del test che porta a leggere una evidenza nell'intensità maggiore di uno stimolo di gonfiaggio potrebbe non essere attendibile.

Figura 41
Distribuzione delle risposte rispetto all'intensità maggiore percepita tra stimoli di gonfiaggio o sgonfiaggio.

Quali stimoli hai percepito con maggiore intensità?

22 risposte



È stato quindi chiesto ai tester se la tipologia di stimolo potesse essere valutata positivamente per una potenziale applicazione nella vita quotidiana. A questa domanda 19 persone hanno affermato di sì con alcuni distinguo rispetto alla frequenza degli stimoli o la presenza limitata a poche zone del corpo.

Ai partecipanti è stato chiesto infine di esprimere liberamente un commento sulla propria esperienza. Le tematiche emerse nelle risposte sono state:

- la sottolineatura della piacevolezza del test (6 risposte);
- lo stupore rispetto ai momenti di sincronia tra ritmica podalica e musica in cuffia (3 risposte);
- indicazioni circa l'applicabilità della tecnologia (*automotive* - 1 risposta, videogiochi - 1 risposta, ambienti di lavoro - 1 risposta).

CONCLUSIONI TEST PROTOTIPO N.1

I risultati emersi dal questionario testimoniano alcune linee di ricerca che meritano un ulteriore approfondimento in una successiva sperimentazione.

In dettaglio è emerso che, limitatamente al breve tempo del test (1 minuto e 30 secondi), lo stimolo pressoreo erogato nell'area del piede è stato percepito con alti livelli di gradimento e piacevolezza. Questo risultato conferma le potenzialità dell'intervento tecnologico nel piede attraverso interfacce che sfruttino la pressione come elemento di comunicazione.

Dai risultati emerge la consapevolezza dei tester rispetto alle variazioni ritmiche che si sono susseguite durante il test. Il risultato mostra come le differenze ritmiche o i passaggi da una ritmica all'altra siano rilevabili dai tester e possano essere utilizzate come veicoli di stimoli associati alla pressione.

Ultimo elemento emerso con chiarezza dai test è l'indicazione da parte dei tester della maggiore intensità di una ritmica alternata sui due piedi rispetto ad una sincrona. L'indicazione risulta di particolare rilievo per la ricerca in quanto mostra come la divisione del corpo sull'asse sagittale e la presenza conseguente di elementi omotipici (simmetrici) possa essere un elemento chiave per comunicare con il corpo attraverso linguaggi aptici.

Si riporta in calce alle conclusioni di questo test un'indicazione emersa più volte nelle interviste che si allinea ad alcune ipotesi sulle capacità delle *ritmiche podotattili*: lo stupore che si manifesta quando il ritmo manifestato a livello pressoreo sulla pelle risulta sincronizzato alla musica ascoltata tramite canale uditivo.

PROTOTIPO N.2

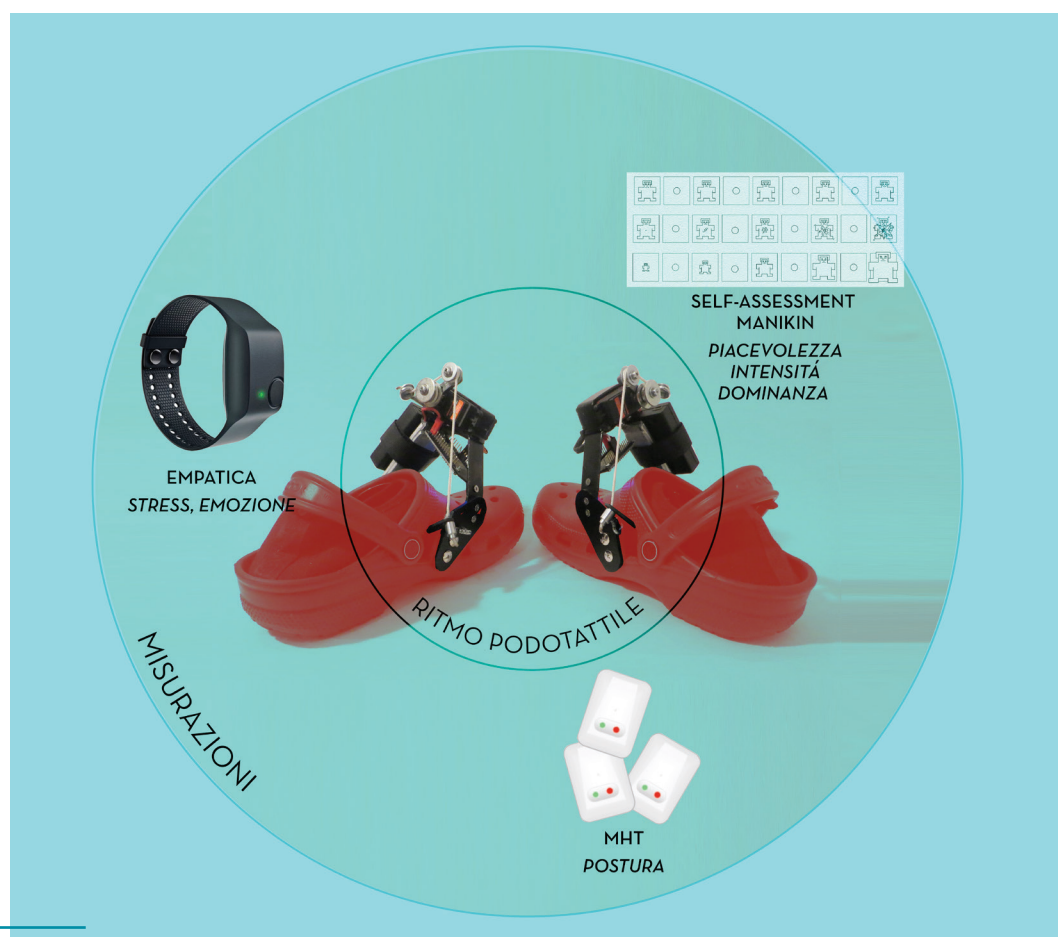


Figura 42
Prototipo n.2
e sistemi di
misurazione
utilizzati

Il secondo prototipo è stato costruito con l'obiettivo di verificare le ripercussioni della *ritmica podotattile* sui comportamenti dell'uomo in movimento nello spazio.

Per fare questo sono state realizzate due staffe applicate alle rispettive scarpe destra e sinistra. Le staffe leggono una traccia digitale wi-fi e mettono in movimento una linguetta disposta sotto l'arco plantare. Il movimento della linguetta genera una pressione dal basso verso l'alto.

La generazione della pressione sui due piedi è l'esito finale di un sistema che permette di convertire un file di tipo musicale, il MIDI, nella pressione finale. Nel grafico sottostante sono riportati i passaggi del processo che terminano con l'erogazione dello stimolo.

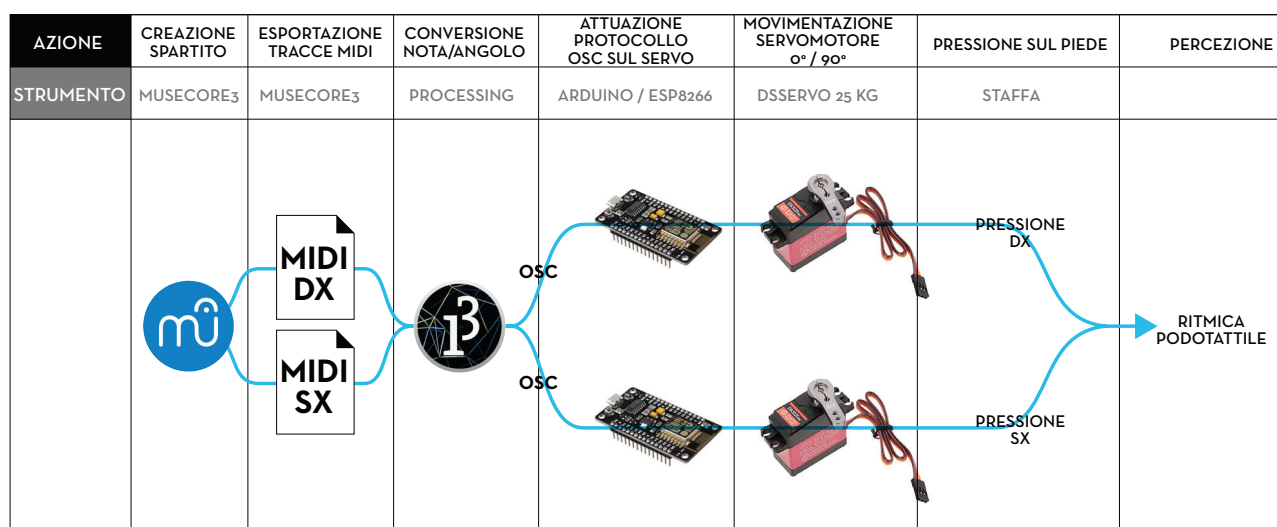


Figura 43
Processo di elaborazione delle ritmiche podotattili

Il software “Musecore3”⁶⁴ è programma che consente di scrivere musica su spartito. Attraverso questo software vengono quindi scritti due spartiti, uno relativo al piede destro e uno al piede sinistro. Ogni nota scritta sullo spartito corrisponderà ad una posizione del servo motore. Per quanto riguarda gli spartiti creati per i 9 test che seguiranno sono state utilizzate unicamente due note, una corrispondente alla pressione massima e una alla minima. Il software consente quindi di esportare gli spartiti nelle due tracce MIDI.

Il software “Processing”⁶⁵ è quindi utilizzato per due funzioni: radunare le due tracce midi nello stesso comando e trasmettere i comandi ai microcontrollori corrispondenti. Il software scritto in “Processing” permette la conversione delle note nelle posizioni angolari che il servomotore leggerà. L'escursione tra la nota più alta e la nota più bassa è quindi portata a 90°. Essendo un sistema basato sulla trasmissione dei dati attraverso il wi-fi, il software sviluppato in “Processing” comunica con i due microcontrollori attraverso dei pacchetti di dati inviati attraverso il protocollo *Open Sound Control* (OSC). Le schede basate su microcontrollori ESP8266

⁶⁴ musescore.org

⁶⁵ processing.org

⁶⁶ Il campo wi-fi è generato da un router GL-inet MT300N

ricevono un segnale tramite la connessione wi-fi⁶⁶ e lo traducono nel comando effettivo che permette l'azionamento dei motori.

La movimentazione meccanica è attivata dall'azione di un servomotore ad ingranaggi metallici con una coppia da 25 kg⁶⁷. Il motore è alimentato a 6 Volt attraverso 4 batterie stilo AAA. Il range di rotazione del servomotore varia tra due posizioni da 0° a 90° trasmettendo una forza di trazione alla linguetta mediante un cordino in poliestere statico vincolato a una estremità (fig. 39). L'elasticità della linguetta genera una leggera e continua tensione nel cordino che gli permette di rimanere sempre nella posizione ottimale.

La tensione è regolabile con una vite e consente l'adattamento del sistema entro le soglie di comfort di ogni utente.

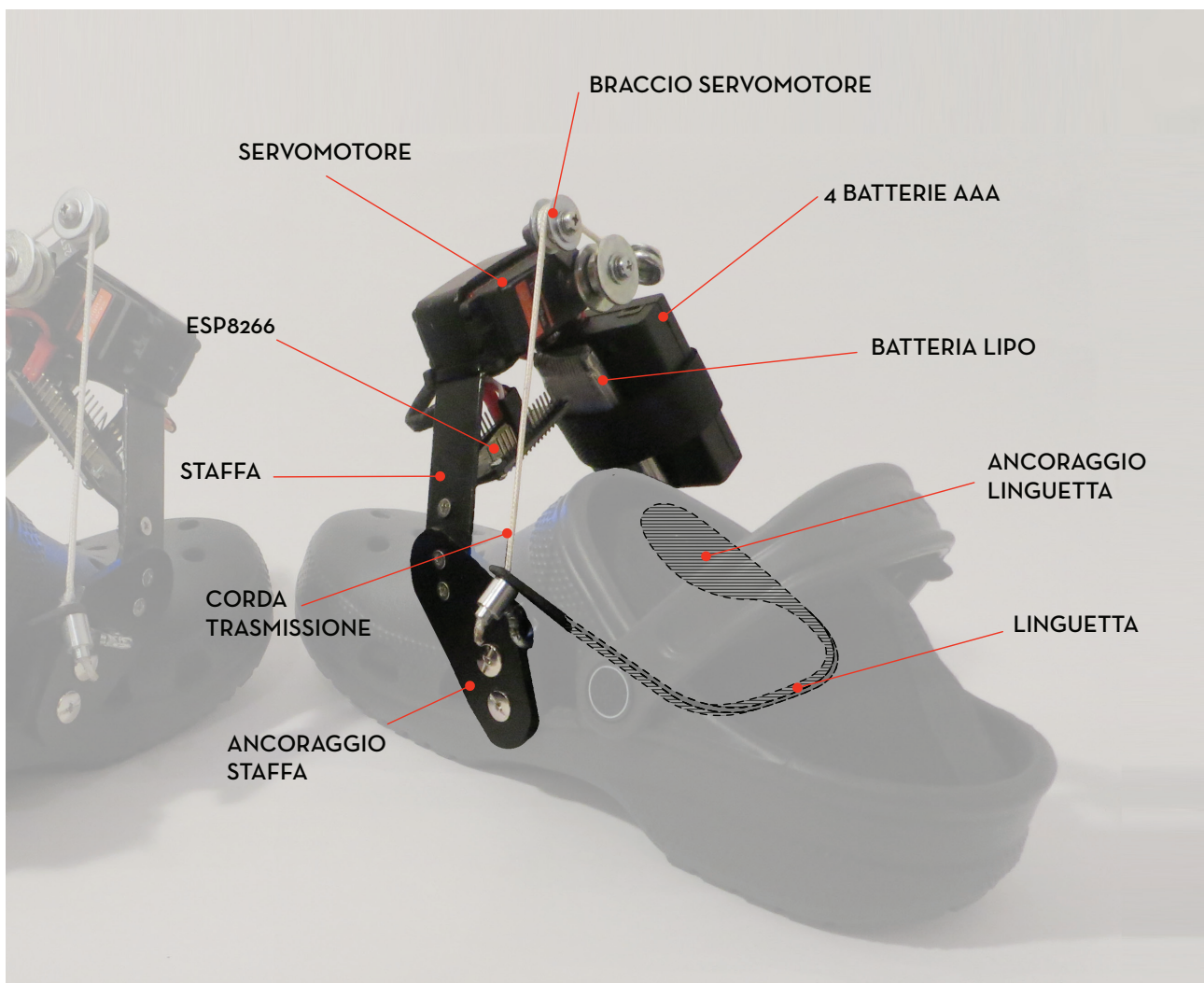


Figura 44
Elementi della staffa

⁶⁷ DSSERVO
DS3225, Coppia
25 kg, 4,8-6,8 V

COMPONENTI PER LA RACCOLTA DEI DATI

Durante i test sono stati misurati dati riferiti al centro di massa attraverso i sensori forniti da mHealth Technologies⁶⁸. Gli stessi dispositivi hanno inoltre consentito la raccolta dati riguardo la postura e la camminata utilizzando accelerometri e giroscopi.

Ad ogni soggetto è stato rilevato il battito cardiaco e la conduttanza cutanea (EDA) tramite i sensori presenti dentro il bracciale Empatica⁶⁹.



Figura 45
I tre pod del sistema MhT per l'analisi del movimento



Figura 46
Il bracciale Empatica

⁶⁸ mHealth Technologies è una azienda di Bologna che commercializza prodotti per la quantificazione oggettiva dell'attività fisica in ambito medico sanitario. mhealthtechnologies.it

⁶⁹ Empatica è un'azienda che commercializza sistemi per la rilevazione di dati del corpo come frequenza cardiaca e conduttanza cutanea. empatica.com

Prima e dopo ogni test è stato chiesto ai soggetti di compilare il questionario di autovalutazione *Self-Assessment Manikin* (SAM) (Bradley & Lang, 1994) rispetto ai tre parametri: piacevolezza, intensità e dominanza. Il questionario SAM sottoposto prima del test ha avuto lo scopo di valutare lo stato di riposo, il secondo lo stato post-esercizio.

Prima della compilazione del questionario a riposo, ad ogni partecipante è stato spiegato l'esercizio ed è stata quindi erogata la traccia podoritmica per pochi secondi.

Il questionario ha optato per la traduzione in italiano dei parametri in questo modo: *Pleasant*-Piacevolezza, *Arousal*-Intensità, *Dominance*-Dominanza. Il ter-

mine “intensità” è stato preferito al termine “eccitazione” in quanto nella cultura italiana già correlato ad uno stato di alta intensità dello stimolo.

Unicamente nella scala della “piacevolezza” è stata sottolineata la neutralità del valore centrale.

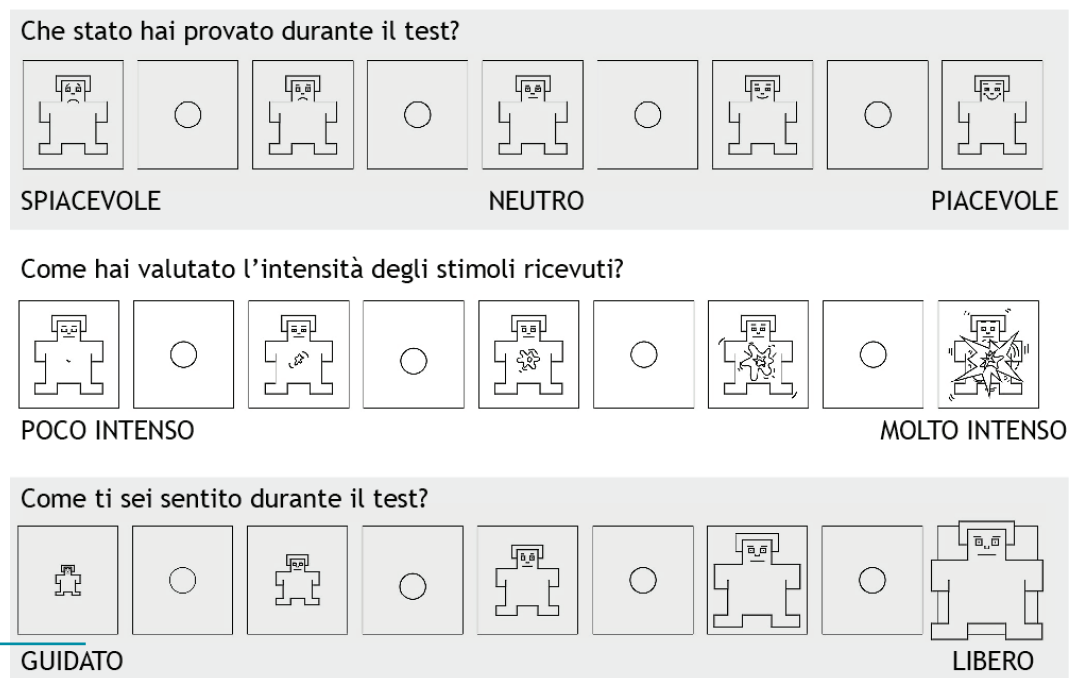


Figura 47
Questionario
SAM
somministrato ai
tester

DESCRIZIONE DEI TEST E RISULTATI ATTESI

I test progettati per la verifica del prototipo sono nove di cui cinque progettati per essere eseguiti da fermi mentre quattro in movimento.

Ai test hanno partecipato 17 soggetti di cui 8 donne e 9 uomini. Di questi 5 sono mancini e il restante destrorso. L'età dei tester è compresa tra i 19 e i 66 anni con una prevalenza nella fascia 25/35 (19, 24, 26, 27, 30, 32, 32, 32, 32, 33, 34, 41, 48, 49, 60, 62, 66). Tutti i tester risultano sani dal punto di vista motorio e non presentano particolari patologie podologiche che ne influenzino negativamente il cammino. Tre tester segnalano piedi piatti e uno un'artrosi bilaterale agli alluci.

I test sono stati fatti all'interno di un corridoio rettilineo e finestrato di circa 30 per 3 metri. La pavimentazione non prevedeva particolari riferimenti così come le pareti che potessero indurre distrazioni nei tester. Unicamente il test n.9 si è svolto in una sala con una larghezza 15 metri.

La scelta dei tester è avvenuta su conoscenza essendo essa avvenuta all'interno di una fase sanitaria delicata per via delle restrizioni legate al covid-19. I tester avevano una superficiale conoscenza del progetto avendo già partecipato al test del prototipo n.1.

In linea con le sperimentazioni analizzate, al fine di isolare i soggetti dai suoni dell'ambiente compresi quelli emessi dai due servomotori, i tester hanno indossato per tutta la durata degli esercizi delle cuffie audio riproducenti un rumore bianco (Pohl et al., 2017; Zheng et al., 2013). Il volume del rumore è stato regolato su un livello alto all'interno dei limiti della sopportabilità di ogni soggetto.

TEST N. 1, 2 E 3

I primi tre test mettono in relazione la dinamica di equilibrio con la presenza di segnali pressorei nell'arco plantare.

Ai tester viene chiesto di stare fermi, in equilibrio, in posizione eretta, per 60 secondi. Durante il test è inoltre richiesto al soggetto di guardare ininterrottamente un punto fisso collocato ad altezza degli occhi in una parete a distanza di circa 1,5 metri.

Il segnale ritmico erogato è stato diviso in 4 parti di uguale durata (15 s) nei quali, a velocità ed intervalli costanti sono inviati: segnali sincronici sui piedi, monopodi a destra e sinistra e infine alternati.

Unica variante tra i tre test è la posizione dei piedi: nel test n.1 i piedi sono uniti, nel test n. 2 i piedi sono aperti ed infine nel test n.3 i piedi sono disposti a tandem (il piede dominante davanti all'altro con il tacco di uno che tocca la punta dell'altro).

Il questionario benchmark per i tre test è stato quello compilato prima del test n.1. I risultati attesi da questi test sono la verifica di un'influenza minima degli stimoli inviati sulla capacità di equilibrio di un soggetto sano.



Figura 48
Test n.1 -
Esercizio di
equilibrio a piedi
uniti



Figura 49
Test n.2 -
Esercizio di
equilibrio a piedi
aperti



Figura 50
Test n.3 -
Esercizio di
equilibrio a piedi
a tandem

TEST N. 4

Obiettivo del test è valutare la risposta emotiva rispetto una ritmica in cui sono inserite pause difformi ed accenti ritmici. Il test prevede il mantenimento di una posizione di equilibrio da fermo mentre si guarda il punto rosso di fronte al soggetto. I piedi sono leggermente divaricati in modo che il soggetto sia in una posizione di maggiore comfort.

Al termine dell'esercizio viene effettuata una breve intervista nella quale si richiede di descrivere l'esperienza vissuta nei primi quattro test. Nel caso non emergano considerazioni descrittive gli stimoli pressorei viene chiesto un'ulteriore riflessione sulle tipologie ritmiche alternata, sincrona o monopode.

I risultati attesi da questo test sono la messa in evidenza di un legame emotivo con una ritmica pressorea.

TEST N.5

La finalità del test è quella di verificare l'incisività di una tipologia ritmica su una scelta generica. La posizione del tester è la medesima del test n.4.

Al termine dell'esercizio, prima della compilazione del questionario SAM, viene mostrato al soggetto un foglio su cui ci sono tre cerchi collocati in linea orizzontale uno a fianco dell'altro; il tester deve quindi scegliere una delle tre posizioni.

La ritmica che viene trasmessa ha una predominanza di stimoli sul piede destro in un rapporto di 4 a 1. Dall'analisi bibliografica rispetto ai pattern aptici nel piede emerge la maggiore influenza all'interno di una sequenza di stimoli dell'ultimo di questi rispetto ai precedenti (Rovers & van Essen, 2006); per questo motivo l'ultimo stimolo plantare è inviato sincronicamente su entrambi i piedi.

I risultati attesi da questo test sono una relazione tra una scelta generica e una prevalenza ritmica su uno dei due piedi omotipici.

TEST N.6

Gli effetti del *trascinamento ritmico* generati da una traccia audio sono documentati in bibliografia così come quelli legati agli stati d'ansia.

Questo test ha invece lo scopo di valutare l'effetto del *trascinamento ritmico* generato dalla *ritmica podotattile* sulla velocità del cammino dei soggetti.

Ai soggetti si chiede di camminare avanti e indietro lungo un corridoio di lunghezza 20 metri per tutta la durata dell'esercizio. Il riferimento per la durata del test è il *Six minutes walk test* (6MWT) usato in ambito medico per la valutazione del grado di autonomia dei pazienti e la capacità di esercizio.

La ritmica utilizzata nel test prevede uno stimolo alternato sui due piedi e una transizione della velocità da 50 a 105 bpm nello stimolo complessivo che cresce di 5 bpm ogni 30 secondi. L'ampiezza del range di stimolazione permette di coprire le frequenze di passo variegiate dei soggetti.

I risultati attesi dal test sono la messa in evidenza di una connessione stretta tra l'aumento ritmico pressoreo e la velocità del tester.



Figura 51
Test n.6 –
Esercizio di
trascinamento
ritmico

TEST N.7 E 8

Questi due test hanno la finalità di verificare le potenzialità di uno stimolo ritmico nel creare focus di attenzione in un determinato punto del percorso.

Il test è stato eseguito facendo percorrere ai soggetti il percorso medesimo del test n.6. Lungo il percorso sono stati disposti a distanza simile quattro simboli colorati.

Durante l'esercizio i soggetti acquisivano dall'arco plantare una ritmica pressorea costante la quale subiva una variazione in corrispondenza dell'area limitrofa uno dei simboli. Nel test n.7 la variazione ritmica è corrisposta al raddoppio della velocità mentre nel test n.8 ad una lunga pausa.

In seguito ad ognuno dei due test è stato chiesto ai soggetti di indicare uno dei quattro simboli su un foglio in cui essi sono riprodotti in linea orizzontale.

I risultati attesi dai due test sono la messa in relazione di un punto dello spazio con la variazione ritmica erogata in corrispondenza di quel punto.



Figura 52
Test n.7 –
Esercizio ritmo e
attenzione



Figura 53
Test n.8 –
Esercizio ritmo e
attenzione

ANALISI DATI DEI TEST SUL PROTOTIPO N.2

Durante i 9 test sono stati raccolti molteplici dati sia di tipo qualitativo sia quantitativo. Il modello di autovalutazione SAM ha permesso un monitoraggio su tre livelli dello stato emotivo dei soggetti. L'analisi delle risposte ai questionari è stata elaborata attraverso le medie e i grafici a baffo (*box-plot*). Questi grafici sono stati scelti perché, oltre ad indicare la mediana, inquadrano l'area compresa tra i valori indicati dai soggetti dividendola da quelli massimi e minimi. Nei grafici in blu sono rappresentati i dati relativi ai test a riposo mentre in arancione i dati relativi ai questionari post-esercizio.

Parallelamente sono stati raccolti dati sulla conduttanza cutanea e il battito cardiaco.

La conduttanza cutanea è una misura che attraverso la lettura della sudorazione della pelle e la conseguente variazione di conduttività restituisce un dato legato allo stato emotivo del soggetto. Un parametro EDA (Attività Elettrodermica) alto esprime uno stato di agitazione più elevato di uno basso.

Il dato del battito cardiaco è servito al calcolo della variabilità della frequenza cardiaca (HRV). Ad una HRV bassa è associato uno stato di stress del soggetto più elevato rispetto a quello di un soggetto con il parametro alto.

Nella presentazione di questi dati i parametri EDA e HRV non sono approfonditi nel loro carattere valoriale ma relativamente all'andamento avuto durante i test o confrontando gli stessi tra i 9 esercizi a cui i soggetti sono stati sottoposti.

Dal punto di vista motorio sono stati raccolti dati su postura e dinamica del movimento.

Una parte dei dati raccolti convergono nelle analisi qui presentate. Essi vengono analizzati nel perimetro dei singoli test e trasversalmente all'intera esperienza dei soggetti con le calzature emittenti *ritmiche podotattili*.

TEST N.1, 2

Analisi dati SAM

Figura 54
Analisi dei dati
SAM pre e post
esercizio 1

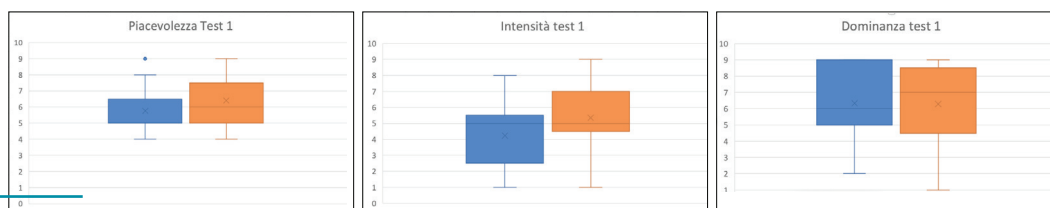
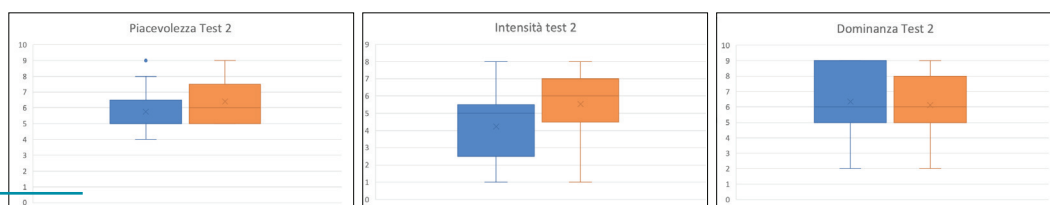


Figura 55
Analisi dei dati
SAM pre e post
esercizio 2



I dati raccolti nei primi due test mostrano una percezione della piacevolezza in aumento rispetto la condizione di riposo pre-test. L'aumento medio si attesta in entrambi i test a +0,6 rispetto la scala a nove livelli utilizzata.

I valori medi di piacevolezza si attestano, in entrambe le fasi, poco sopra la soglia dello stimolo neutro testimoniando una percezione genericamente piacevole.

La percezione dell'intensità degli stimoli mette in evidenza un maggiore scarto: in entrambi i casi i valori medi salgono di più di 1 punto (rispetto la scala da 1 a 9). Il grafico mette in evidenza l'indicazione di un'intensità media percepita sia prima che dopo il test leggermente sopra il valore medio.

La lettura dei valori di dominanza mostra una leggera inflessione. I valori sono espressi con una variabilità più alta (grandezza delle aree campite). I tester indicano una dominanza che decresce leggermente verso una situazione di maggiore controllo percepito. La sensazione di controllo in media non scende sotto il valore di 6 (sensazione di medio-alta libertà).

Analisi MHT

Durante i test sull'equilibrio sono stati raccolti dati relativi il centro di massa dei soggetti. I dati ricavati rappresentano le coordinate sul piano orizzontale della posizione del baricentro del corpo. Essendo la ritmica erogata nei primi tre test divisa in quattro parti di uguale durata la traccia raccolta è stata divisa nelle quattro fasi consecutive. Nei grafici sottostanti sono riportate le risultanti del movimento del punto di massa di ogni partecipante; sulle ascisse sono riportati i valori dell'asse mediale mentre sulle ordinate quelli dell'asse sagittale. Quando il peso del corpo è portato in avanti verso destra sul grafico la linea entra nel quadrante in alto a destra; quando il peso è portato indietro con uno scarico maggiore sul piede sinistro, la linea entra nel quadrante in basso a sinistra.

La prima traccia, verde, corrisponde al momento di erogazione di una ritmica sincrona sui due piedi; la seconda, blu, monopode a destra; la terza, magenta, monopode a sinistra e infine la traccia alternata in arancione.

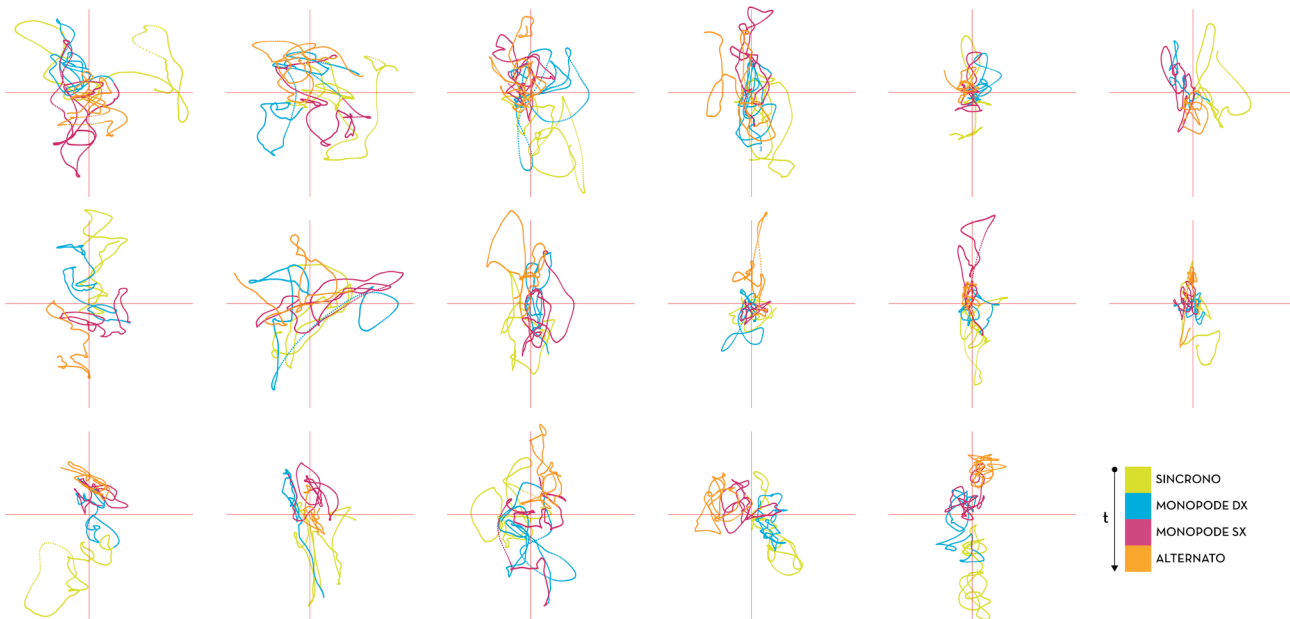


Figura 56
Tracce del punto di massa durante il test n.1

Le quattro tracce risultano parzialmente sovrapposte in tutti i soggetti; si evidenzia tuttavia come la traccia sincrona, in verde, presenti nella maggior parte dei grafici un distacco nella fase iniziale. Essendo la traccia sincrona la prima percepita dai tester è probabile che il distacco iniziale sia dovuto al normale adattamento del corpo nelle prime fasi dell'esercizio.

Le 68 tracce sono state successivamente sovrapposte rispetto alle ritmiche di pertinenza. Si segnala che le scale utilizzate su ordinate e ascisse all'interno dei grafici presentano un'elevata variabilità e non è stato possibile, in questa fase, normalizzarle tra i soggetti.

I grafici successivi mostrano quindi, attraverso le sovrapposizioni delle tracce, la densità della presenza del centro di massa all'interno dei quattro quadranti.



Figura 57
Sommatorie
delle tracce dei
punti di massa
divise per *ritmica*
podotattile
erogata

L'analisi dei grafici evidenzia la contrapposizione tra la sommatoria delle tracce sincrone e delle alternate mentre la similitudine tra quelle relative le ritmiche monopode.

Sul campione analizzato emerge quindi che la presenza di una polarizzazione dello stimolo su un unico piede non altera l'equilibrio generale del soggetto.

L'erogazione di uno stimolo alternato sui due piedi induce uno sbilanciamento in avanti del corpo mentre quella di uno stimolo sincrónico uno sbilanciamento opposto. I risultati inducono la necessità di un'ulteriore investigazione rispetto le aree di attivazione posturale che in questa ricerca non sono state prese in considerazione oltre che un aumento del campione analizzato.

TEST N.3

Analisi dati SAM

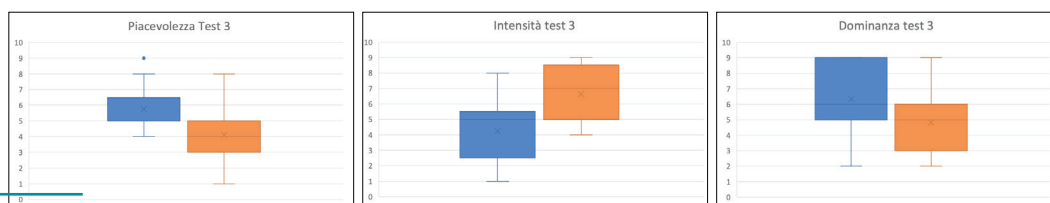


Figura 58
Analisi dei dati
SAM pre e post
esercizio 3

Il test n.3 esprime dati in controtendenza rispetto ai precedenti test sull'equilibrio. La piacevolezza post-test scende di quasi due punti mentre l'intensità continua a salire ma con uno scarto decisamente maggiore (+2,4 punti) rispetto ai test 1 e 2. Il valore di dominanza scende (aumenta la sensazione di controllo) anche in questo caso con valori medi intorno alla soglia del 5.

Il test n.3 ha messo alla prova l'equilibrio dei soggetti attraverso la posizione dei piedi a tandem: molti di partecipanti hanno infatti espresso difficoltà nel mantenere la posizione. La mancanza di equilibrio percepita ha probabilmente contribuito a generare i valori differenti rispetto i precedenti test.

TEST N.4

Analisi dati INTERVISTA

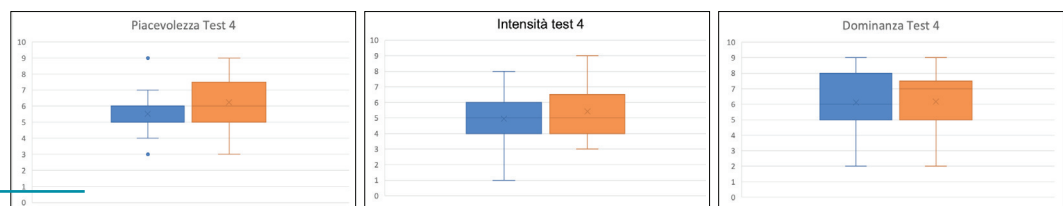
L'intervista ha avuto l'obiettivo primario di raccogliere riflessioni sulla preferenza tra uno stimolo sincrono, alternato o monopode.

La preferenza è stata attribuita, eterogeneamente, alla piacevolezza percepita, alla maggiore intensità attribuita o al ricordo più o meno forte dello stimolo. Le preferenze sono state così attribuite:

- 7 soggetti per lo stimolo alternato;
- 3 soggetti per lo stimolo sincrono;
- 5 soggetti hanno distinto tutte le ritmiche ma non hanno espresso preferenze;
- 2 soggetti non hanno distinto differenze negli stimoli plantari.

Analisi dati SAM

Figura 59
Analisi dei dati SAM pre e post esercizio 4



I risultati del questionario SAM relativi al test n. 4 si mostrano allineati con i test 1 e 2. Si nota un aumento della piacevolezza e dell'intensità. La variazione della seconda è tuttavia inferiore di quasi mezzo punto rispetto ai test 1 e 2.

La ritmica in questo esercizio è stata maggiormente progettata: sono state cioè inserite pause con valori differenti e accenti ritmici discontinui. Il risultato atteso era che l'intensità fosse percepita più alta rispetto i test precedenti. I dati mostrano invece un aumento dell'intensità inferiore rispetto i 5 test da fermo.

Nel grafico relativo alla dominanza si può apprezzare un andamento simile ai test 1 e 2; la media invece si differenzia mostrando una leggera crescita (+0,1), quindi una sensazione di maggiore libertà tra prima e dopo il test.

TEST N.5

Analisi dati QUESTIONARIO

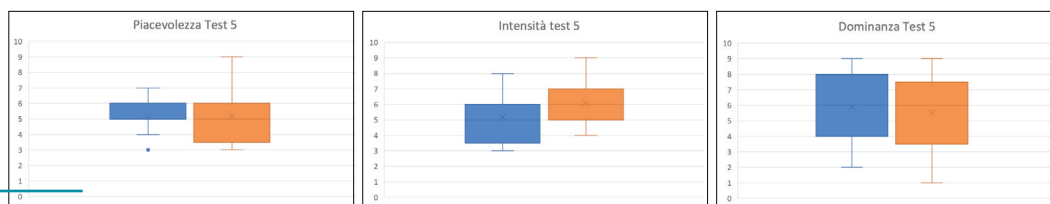
Il test n.5 ha indagato il rapporto tra predominanza ritmica su un piede e scelta post-stimolo. La *ritmica podotattile* erogata aveva una predominanza sul piede destro in rapporto 4 a 1.

La scelta dei soggetti rispetto alla posizione dei tre cerchi uguali disposti in linea è stata:

- 10 hanno preferito la posizione a destra;
- 6 quella centrale;
- 1 quella a sinistra.

Analisi dati SAM

Figura 60
Analisi dei dati
SAM pre e post
esercizio 5



L'analisi dei dati del questionario SAM mostra un range di valori post-test tendenti ad una percezione di piacevolezza stabile con una media leggermente positiva (+0,1); si segnala tuttavia una presenza di valori negativi più marcata nel post-test.

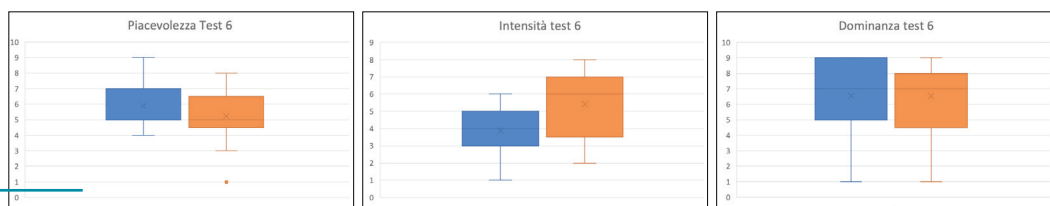
L'intensità percepita dagli stimoli nell'esercizio è in linea con i precedenti test.

La dominanza mostra una leggera decrescita verso una situazione di maggiore controllo avvertito.

TEST N.6

Analisi dati SAM

Figura 61
Analisi dei dati
SAM pre e post
esercizio 6



Il test n.6 mostra una diminuzione della piacevolezza percepita che rimane tuttavia nelle immediate vicinanze della soglia neutra.

Al contempo i dati testimoniano una percezione dell'intensità in aumento con un incremento di quasi 2 punti.

La sensazione di controllo provata nel test è minima, sia prima che dopo il test, ma in leggero aumento.

Analisi dati MHT

Durante l'esercizio n.6 sono stati analizzati i dati relativi la velocità di andatura al fine di verificare gli effetti del *trascinamento ritmico* sul cammino. I dati ricavati dal dispositivo MhT esprimono la *Gait Speed*, cioè la velocità con cui il piede destro o sinistro passa da una fase di appoggio a quella identica successiva.

Durante il test la variazione di velocità nel ritmo è stata modificata ogni 30 secondi per un totale di 12 variazioni. I dati di *gait speed* sono stati quindi suddivisi in 12 parti e sottoposti a media.

I grafici seguenti sono ricavati unendo su una linea temporale le medie di velocità delle fasi e mostrano quindi, per ogni tester, l'andamento della *gait speed* nelle diverse fasi dell'esercizio.

Ogni grafico è stato infine suddiviso con linee bianche e grigie; ognuna di esse evidenzia una transizione tra una media e l'altra. Ad ognuna transione è stato attribuito un valore che ne identificasse la tendenza in crescita (+1), neutra (0) o in decrescita (-1).

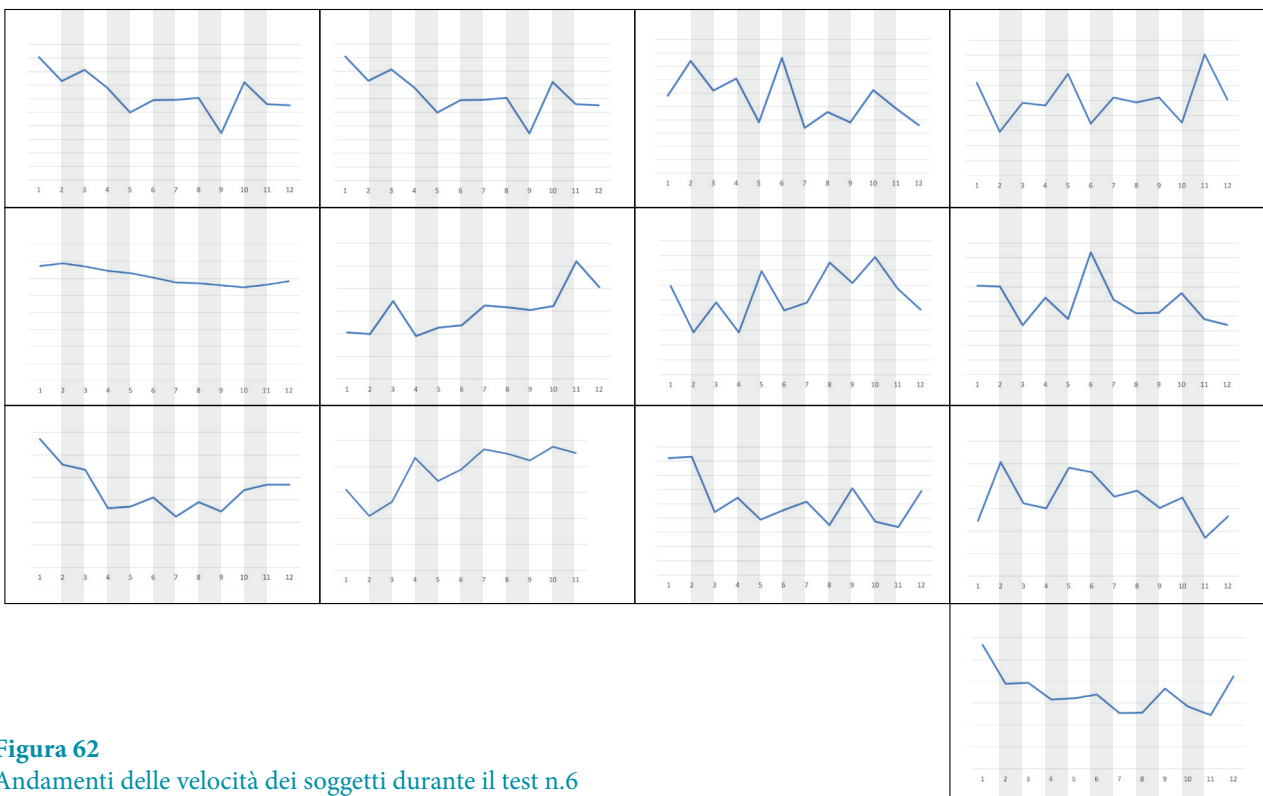


Figura 62
Andamenti delle velocità dei soggetti durante il test n.6

	fase 1-2 50 / 60 bpm	fase 2-3 55 / 65 bpm	fase 3-4 60 / 70 bpm	fase 4-5 65 / 75 bpm	fase 5-6 70 / 80 bpm	fase 6-7 75 / 85 bpm	fase 7-8 80 / 90 bpm	fase 8-9 85 / 95 bpm	fase 9-10. 90 / 100 bpm	fase 10-11 95 / 105 bpm	fase 11-12 100 / 105 bpm
tester 1	-1	1	-1	-1	1	0	1	-1	1	-1	-1
tester 2	1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-1	1	1
tester 3	-1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	1	0
tester 4	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1
tester 5	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1
tester 6	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1
tester 7	-1	0	-1	0	1	-1	0	1	-1	-1	1
tester 8	-1	1	-1	-1	1	0	1	-1	1	-1	-1
tester 9	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1
tester 10	-1	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	0
tester 11	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
tester 12	0	-1	1	-1	1	-1	-1	0	1	-1	-1
tester 13	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1

Figura 63
Andamento della velocità corrispondenti alle fasi dell'esercizio

Nel grafico sottostante sono messi a confronto gli andamenti dei soggetti durante le transizioni tra una fase e l'altra di ogni test.

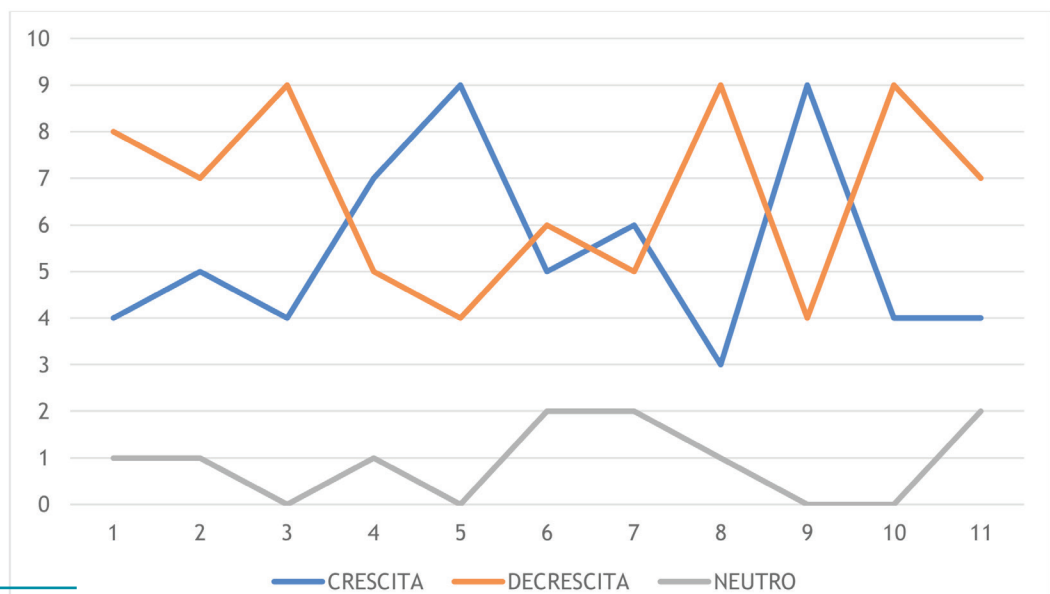


Figura 64
Confronto tra gli andamenti della velocità rispetto alle diverse fasi del test

Il grafico finale mostra diverse fasi che si sono succedute:

- Nei dati ricavati dalla transizione 1 alla 4, con una ritmica erogata con una progressione da 50 a 70 bpm è avvenuta una trasversale tendenza dei soggetti a rallentare l'andatura.
- Nelle transizioni successive, dalla 4 alla 6 si leggono valori completamente invertiti, mostrandoci una maggiore quantità di tester che tendono ad accelerare.
- Nelle transizioni dalla 6 alla 8 il rapporto tra incrementi e decrementi di velocità si equilibra e salgono a due i casi di andamento neutro.

- Nelle transizioni successive i risultati si alternano: 8-9, 10-11 e 11-12 in decremento e l'intermedia transizione 9- 10 in incremento.

Gli andamenti riportati mostrano il potenziale effetto della ritmica erogata nei piedi sulle andature dei soggetti.

Durante le prime fasi, contraddistinte da una ritmica più lenta (50-70 bpm), la maggioranza dei soggetti ha mostrato una tendenza a rallentare la propria andatura. Questa dinamica potrebbe suggerire la presenza del fenomeno di *trascinamento ritmico* che gli stimoli hanno avuto sulla velocità dei tester.

Durante le fasi dalla 4 alla 6 la ritmica sale fino ad una soglia di 80 bpm. La tendenza della maggioranza dei soggetti è quella di accelerare. Anche in questo caso la causa potrebbe essere individuata nel meccanismo di *trascinamento ritmico*.

Dal valore di 85 bpm in poi non sembra più esserci un chiaro nesso tra velocità dell'andatura dei tester e variazione della frequenza ritmica applicata.

TEST N.7, 8

Analisi dati QUESTIONARIO

In seguito ai due test è stato chiesto ai tester di indicare su un foglio una delle quattro forme presenti nel percorso effettuato durante il test.

Per il test n.7 la scelta dei soggetti è ricaduta:

- 7 volte sulla forma suggerita dal test;
- 2 volte sulla forma successiva quella suggerita dal test;
- 3 volte sulla forma più distante da quella suggerita dal test;
- 5 volte sulla forma precedente quella suggerita dal test.

Per il test n.8 la scelta dei soggetti è ricaduta:

- 9 volte sulla forma suggerita dal test;
- 4 volte sulla forma successiva quella suggerita dal test;
- 3 volte sulla forma più distante da quella suggerita dal test;
- 1 volte sulla forma precedente quella suggerita dal test.

Analisi dati SAM

Figura 65
Analisi dei dati
SAM pre e post
esercizio 7

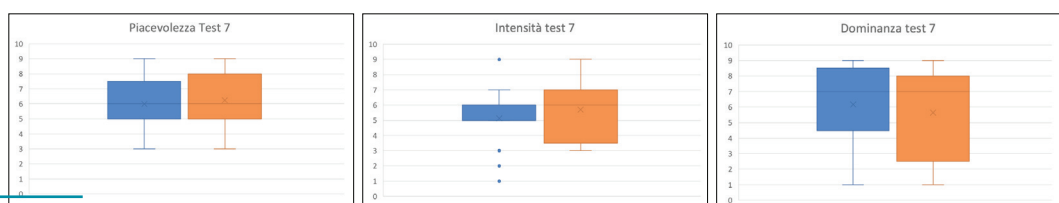
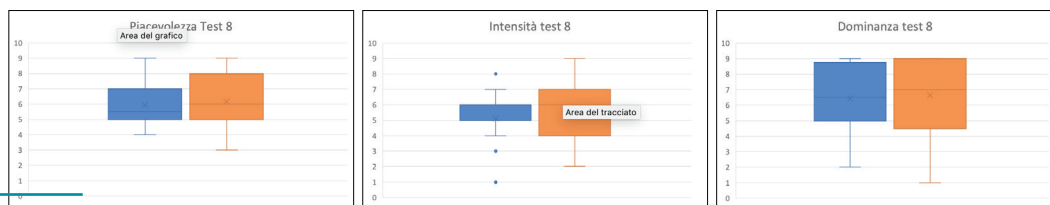


Figura 66
Analisi dei dati
SAM pre e post
esercizio 8



I test n. 7 e 8 mostrano dati simili. La piacevolezza aumenta per entrambi i test, sia a livello di media (+0,2 e +0,6) sia rispetto la marcatura di valori alti.

La percezione di intensità degli stimoli è in aumento di quasi un punto per entrambi i test. Differisce tra i due test unicamente il valore di dominanza: il test n. 7 è stato avvertito come provocante una sensazione di maggiore controllo (-0,5) rispetto al n. 8 che diversamente esprime una percezione post-test di maggiore libertà (+0,6).

TEST N.9

Analisi dati SAM

Figura 67
Analisi dei dati
SAM pre e post
esercizio 9



I dati del questionario SAM relativi al test n.9 mostrano un valore di piacevolezza in aumento di circa un punto rispetto la condizione del test eseguito senza stimoli plantari; i valori di intensità mostrano un incremento minimo.

Il valore di dominanza avvertita nel test è di maggiore controllo rispetto allo stesso test effettuato senza stimoli plantari.

CONCLUSIONI TEST PROTOTIPO N.2

Dati QUESTIONARIO

I risultati dei questionari fanno emergere alcune considerazioni rispetto i comportamenti che i soggetti hanno messo in atto durante i diversi esercizi:

- Le interviste effettuate nel test n. 4 confermano i risultati raggiunti nell'analisi dei dati del prototipo 1 cioè la maggiore intensità percepita in uno stimolo alternato rispetto al sincrono e al monopode. La preferenza è tuttavia meno marcata rispetto i test effettuati con il prototipo precedente.
La presenza di persone che non hanno espresso preferenza nello stimolo o che non hanno distinto variabilità marcata risulta elevato. Le cause possono essere attribuite sia ad una difficoltà di interazione con il linguaggio ritmico aptico sia ad una percezione non allenata. L'area del piede e in generale il corpo non è infatti allenato a leggere sensazioni di questo tipo per cui la sensibilità in tal senso risulta bassa.
- Le ritmiche podatattili con prevalenza su un piede hanno la tendenza ad influenzare la scelta presentata. La percentuale di risposte che indicano la posizione destra, in linea

con i risultati attesi, è del 59%. Il 35% dei test ha indicato la forma centrale e il 6 % la posizione a sinistra.

L'ultimo stimolo erogato nella ritmica è stato sincrono in modo tale da non provocare un'indicazione chiara come suggerito dalla bibliografia. Si sottolinea quindi l'opportunità di ripetere i test modificando l'ultimo stimolo in modo asimmetrico.

- L'individuazione di un elemento nello spazio a seguito della variazione o della sospensione ritmica mostra dati discordanti nei due test. Il cambio di velocità ritmica e la conseguente messa in evidenza del simbolo associato a quell'area è stato avvertito da una buona percentuale di tester (41%). La sospensione/pausa della ritmica registra invece il superamento della metà dei soggetti che hanno risposto in linea con i risultati attesi (53%).

I risultati dei questionari evidenziano una maggiore chiarezza nella sospensione della ritmica rispetto alla sua variazione.

La minore chiarezza della ritmica del test n.7 può essere legata sia alla percezione della ritmica stessa sia all'efficacia della trasmissione del prototipo.

Nei commenti post-test è merso un errore nella progettazione del questionario: alcuni test hanno apparentemente messo in relazione la scelta richiesta con una preferenza di forma o cromia.

Dati SAM

Sono riportati qui i grafici confrontanti i dati dei nove test. In magenta è messo in evidenza il valore medio generale.

Per punti si riportano le considerazioni emerse dall'analisi delle risposte del campione analizzato:

- Gli stimoli erogati nella pianta del piede sono stati vissuti in media con una sensazione di leggera piacevolezza. Lo scarto tra prima e dopo il test è minimo ma permette di affermare con certezza che nonostante la durata totale dei test, circa 1 ora, i soggetti non hanno riscontrato particolari fastidi nella presenza della *ritmica podotattile*.
- La percezione dell'intensità degli stimoli ricevuti nei test è in aumento costante rispetto la condizione a riposo (momento precedente i test in cui è stato erogato lo stimolo per pochi secondi). Lo scarto medio totale è di 1 punto ma in alcuni esercizi si arriva a picchi di quasi 3 punti.
I valori post esercizio si attestano nella prossimità di un'intensità media. Il livello descritto è in linea con la volontà di generare sensazioni capaci di non invadere con forza il campo dell'attenzione.
La non invasione rispetto l'attenzione è una caratteristica che necessariamente deve avere un ulteriore approfondimento attraverso test che assegnino ai soggetti dei compiti primari da portare a termine.
- La dominanza è percepita generalmente in calo sottolineando una sensazione di controllo che tende a salire durante il test. Il valore medio di 6 tuttavia non indica una sensazione estrema ed è allineata alla volontà di accompagnare e non dominare il soggetto.

Figura 68
Valori di
Piacevolezza
del questionario
SAM nei nove
test

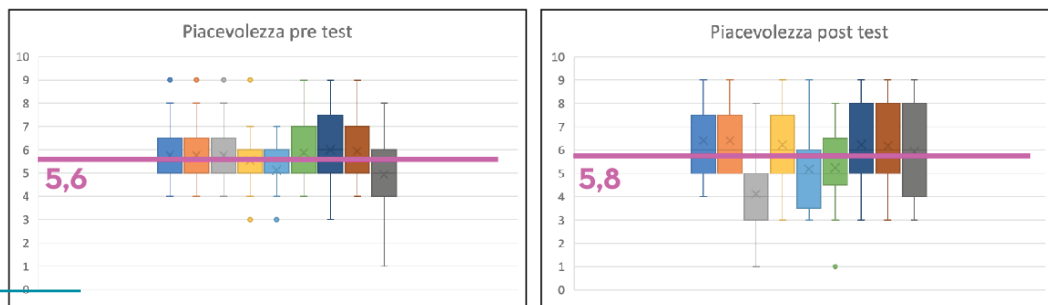


Figura 69
Valori di
Intensità del
questionario
SAM nei nove
test

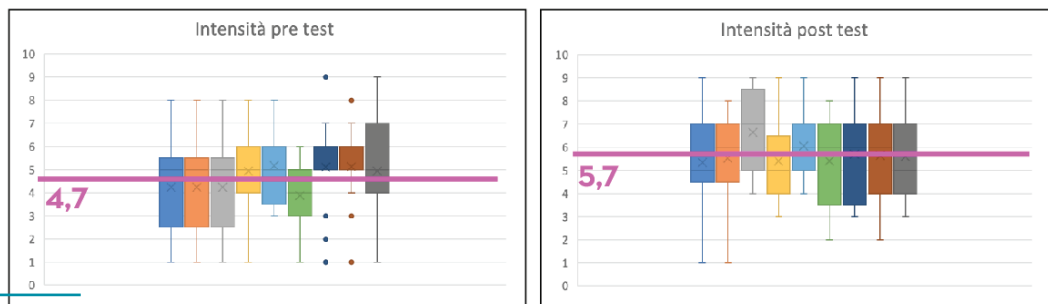
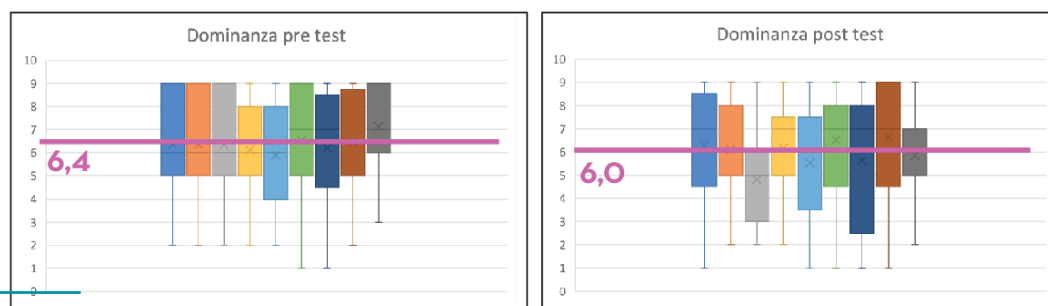


Figura 70
Valori di
Dominanza del
questionario
SAM nei nove
test



I successivi grafici mettono in relazione a due a due i parametri dei questionari SAM prima e dopo gli esercizi. Il colore blu rappresenta i valori pre-test, il colore arancio quelli post-test. Le linee uniscono i valori del medesimo test.

Le aree campite coprono la variabilità espressa nei valori medi riportati nei test.

L'area arancio presenta una parte con campitura meno intensa: essa corrisponde all'area generata dalla presenza della prova n.3 la quale esprime valori molto distanti dalla media generale.

L'osservazione dei grafici successivi permette di trarre alcune indicazioni in merito agli effetti delle *ritmiche podotattili* sul corpo dei partecipanti ai test:

- L'aumento dell'intensità percepita ha avuto un effetto leggermente positivo sulla piacevolezza dello stimolo e ha inciso minimamente nella sensazione di controllo avvertita.
- All'aumentare della sensazione di piacevolezza percepita la dominanza ha subito una stabilizzazione dei parametri. Questo può indicare una strada di sviluppo mirato a migliorare la piacevolezza del prototipo.

Figura 71
Valori di
Piacevolezza e
Intensità prima e
dopo il test

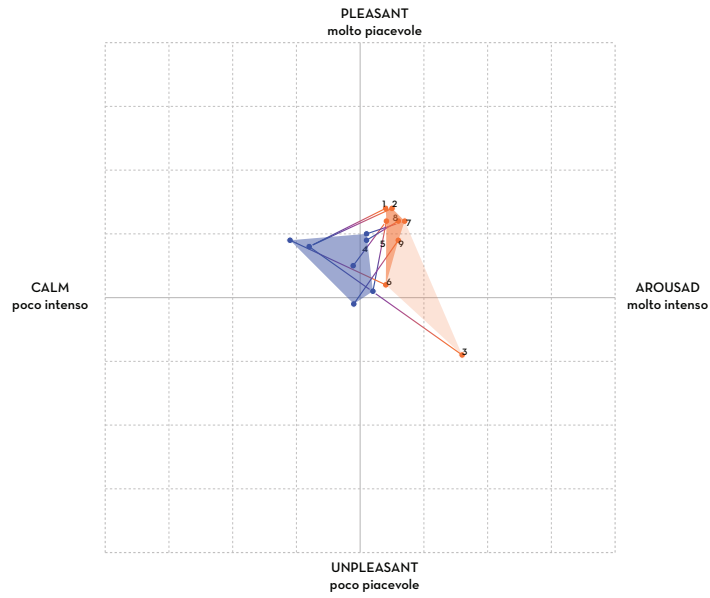


Figura 72
Valori di
Piacevolezza
e Dominanza
prima e dopo il
test

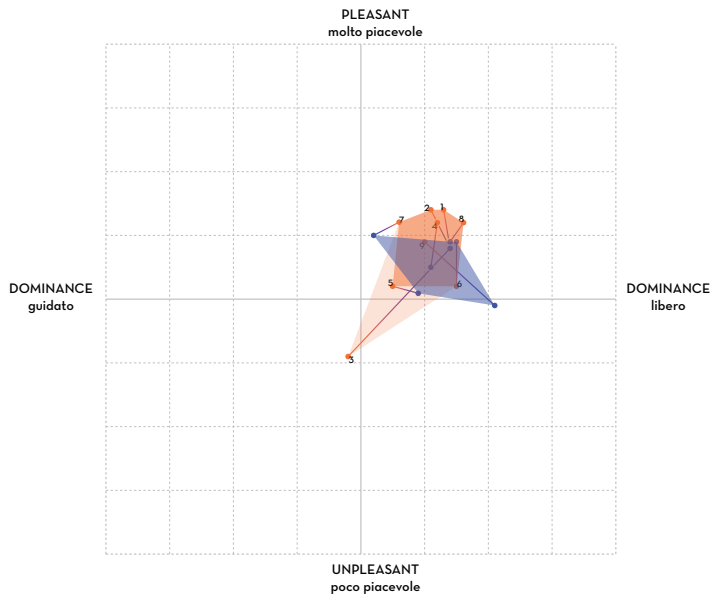
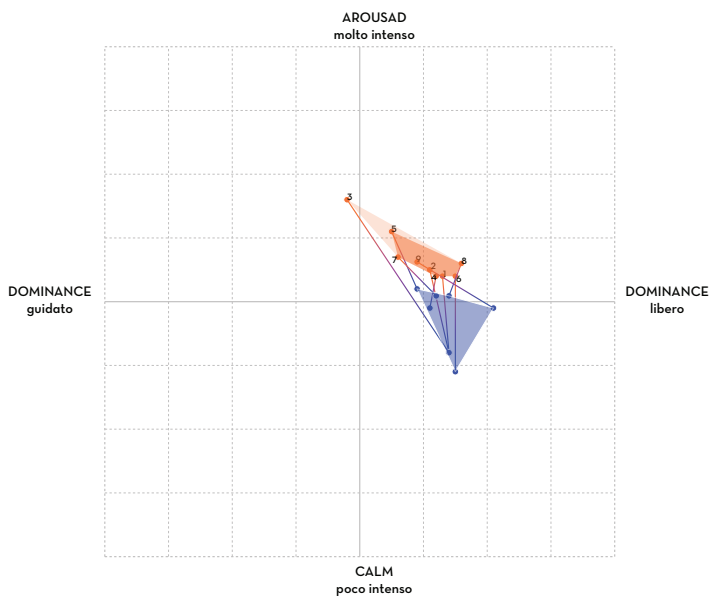


Figura 73
Valori di
Intensità e
Dominanza
prima e dopo il
test



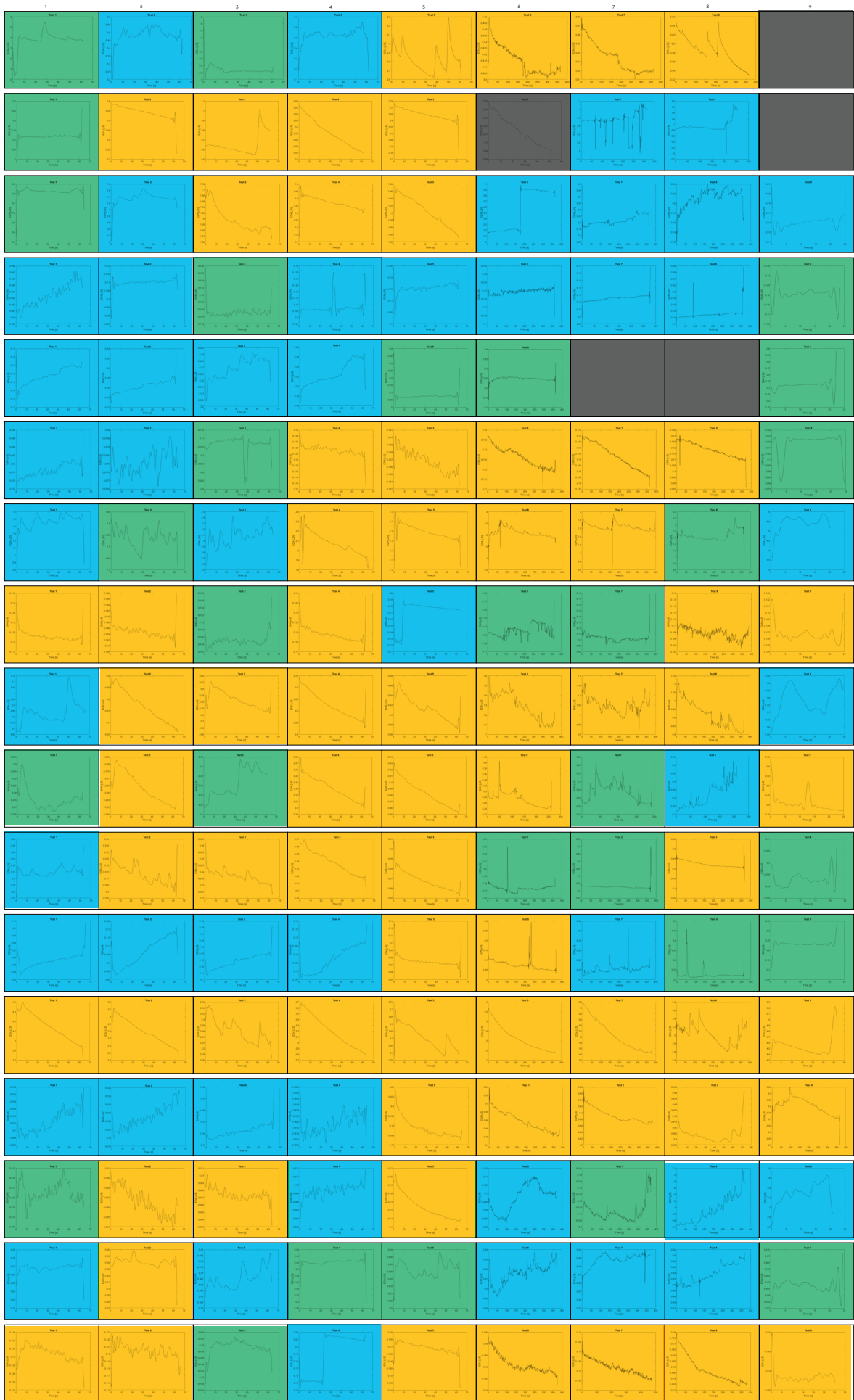
Dati EMPATICA

Il dispositivo Empatica ha permesso la raccolta dei dati di conduttanza cutanea e battito cardiaco. Essi hanno permesso di elaborare grafiche sulle variabilità dei parametri durante il tempo dei singoli test.

Nell'immagine sottostante sono mostrati i grafici degli andamenti del parametro EDA durante i test eseguiti. Ad ogni grafico è associato un colore corrispondente l'andamento generale del parametro:

- in arancio sono evidenziati i grafici che mostrano una tendenza in decrescita;
- in azzurro sono evidenziati quelli con tendenza in crescita;
- in verde sono evidenziati i grafici con un parametro costante o che l'eccessiva variabilità non consente di tracciare un andamento predominante;
- in grigio sono evidenziate prove mancanti o annullate.

Figura 74
Analisi del parametro EDA per ogni test effettuato



Nella tabella sottostante sono riportate le percentuali delle tendenze per ogni test. Nella prima riga si possono apprezzare i valori medi dell'HRV per ognuno dei test. Nelle righe sottostanti le percentuali relative la presenza di grafici con tendenza del parametro EDA a salire, scendere o rimanere stabile.

Il parametro dell'HRV viene qui osservato in comparazione tra i 5 test da fermo e i 3 in movimento dalla durata di 6 minuti.

Negli esercizi da fermo il valore più alto di variabilità della frequenza cardiaca è presente nel test n.1 seguito dal n.3 e dal n.5. Il test n.2 e il n.4 presentano i valori più bassi.

Negli esercizi in movimento i due test che prevedono l'osservazione di punti nello spazio si attestano in valori simili mentre il n.6 ha una variabilità più bassa.

I dati riportati non mettono in evidenza comportamenti specifici. Si deduce quindi la necessità di indagare il parametro della variabilità della frequenza cardiaca in differenti modalità.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9
MEDIA HRV	60	40	58	40	52	136	168	166	88
EDA decrescita	18%	53%	35%	53%	76%	56%	44%	50%	33%
EDA stabile	29%	6%	35%	6%	12%	19%	25%	12,5%	40%
EDA crescita	53%	41%	30%	41%	12%	25%	31%	37,5%	27%

Figura 75

Medie parametro HRV e Percentuali dei grafici di tendenza EDA. Test n.9

La variabilità delle tendenze del parametro riscontrate durante gli esercizi mostra come i tester abbiano vissuto gli esercizi con livelli di stress emotivo differente. Nello specifico si evidenzia come il primo test abbia avuto una percentuale maggiore delle tendenze del parametro in crescita rispetto quelle in decrescita. In percentuale ancora maggiore si presentano i grafici che mostrano una stabilità del parametro. Relativamente il test n.1 si potrebbe leggere un iniziale stress legato all'adattamento con il dispositivo ritmico.

Il test n.2 inverte i valori del precedente mostrando una buona percentuale di grafici in decrescita. La percentuale del 53% non è sufficiente per evidenziare un comportamento comune ma rispetto al precedente si registra un abbassamento medio del parametro.

Il test n.3 mostra percentuali equamente distribuite. Dalle osservazioni e dai commenti rilasciati dai soggetti durante l'esercizio è emerso quanto esso sia stato vissuto con disagio per via della precarietà della posizione richiesta. Questa potrebbe avere inciso dunque sullo stress generato dall'esercizio più che l'effettiva ritmica emessa.

Il test n. 4 presenta valori equivalenti il test n.2.

Nel test n.5 si rileva la percentuale più alta di grafici in diminuzione (76%). L'esercizio era contraddistinto da una ritmica molto semplice e ripetitiva rispetto quelli che lo hanno preceduto. Questo potrebbe avere determinato una certa rilassatezza da parte dei soggetti.

I test in movimento n.6, n.7 e n.8 mostrano percentuali simili tra loro, in particolare gli ultimi due. In generale si registra una maggiore presenza di grafici in decrescita testimoniando una presenza più alta di soggetti che hanno vissuto il test con un basso livello di stress.

Il test n.9 mostra percentuali diverse che vedono i grafici con andamento stabili presentarsi con percentuale maggiore. Si sottolinea quanto questo test sia difficile da leggere in quanto i tester sono stati privati del canale visivo e sono stati accompagnati nel cammino dalla sicurezza della presenza di una persona a fianco. Le variabili che legano lo stress provato nell'esercizio sono quindi molto più alte e difficilmente analizzabili in questa sede.

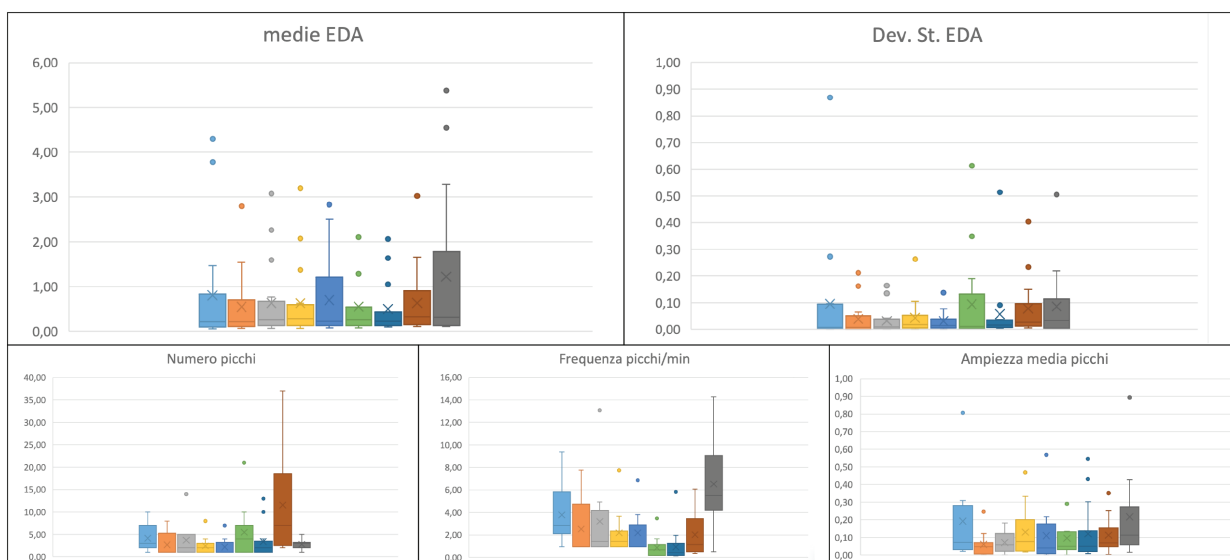


Figura 76
Medie, Deviazione Standard e Picchi del parametro EDA nei 9 test

I grafici soprastanti mettono infine a confronto i parametri legati alla lettura della conduttanza cutanea nei diversi esercizi. Nei grafici gli esercizi si presentano dall'1 al 9 in ordine da sinistra a destra.

Nel grafico relativo alle medie si nota che i più alti valori dell'EDA sono stati registrati durante il test n.9 mentre quelli più bassi durante il test n.7.

Dall'analisi dei dati riguardo i picchi del parametro EDA risulta che nell'esercizio 8 si siano verificati una maggiore quantità di picchi. Questo potrebbe essere stato scaturito dall'effettiva percezione delle lunghe pause ritmiche presenti. I cambi di velocità della ritmica erogati nell'esercizio n.7 sembrano invece non avere provocato numerosi picchi.

La maggiore frequenza del numero di picchi al minuto appare più alta nel test n.9 e in decrescita nei test da fermi passando dal primo al quinto test. Il carico di stress nell'esercizio ad occhi chiusi potrebbe avere determinato momenti di indecisione e stress nell'azione con conseguente variazione della traccia EDA. La decrescita dei picchi dall'esercizio n.1 al n.5 è probabilmente legata ad un adattamento progressivo del corpo alla presenza degli stimoli nei piedi.

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

CONCLUSIONI

Il lavoro di ricerca ha avuto l'obiettivo primario di indagare il rapporto tra le tecnologie abilitanti e il corpo umano. L'analisi del campo problematico ha messo in evidenza un interesse diffuso per il tema in oggetto sul quale si affacciano ricerche provenienti da molteplici discipline.

Gli approfondimenti bibliografici e l'analisi dei casi studio hanno direzionato l'attenzione della ricerca verso i linguaggi e i modi in cui il corpo e le tecnologie entrano in relazione. In quest'area della ricerca la tecnologia si interpone come mediatrice tra corpo dell'uomo e dati generati dallo stesso, da quello degli altri o dai contesti attraversati.

I linguaggi utilizzati per la trasduzione dei dati sono un ambito ampiamente indagato nella letteratura scientifica che ha come campo dominante la *data visualization*. L'analisi bibliografica, tuttavia, mette in evidenza la difficoltà nel preservare gli equilibri del corpo e dell'attenzione nel momento in cui il dato si manifesta nella realtà umana. Partendo da queste considerazioni sono stati scelti tre approfondimenti specifici che la letteratura indica come adatti alla gestione dei carichi attentivi: il piede, la tecnologia di comunicazione aptica e il ritmo.

La scelta di circoscrivere l'ambito di indagine al piede ha permesso di gestire una complessità inferiore delle variabili e contemporaneamente ipotizzare soluzioni espandibili ad altre aree del corpo. Le caratteristiche morfologiche, biomeccaniche e percettive del piede si sono rivelate adeguate al suo utilizzo come piattaforma sperimentale per il rapporto dialogico tra corpo e spazio. I motivi di questa scelta oltrepassano le proprietà biologiche di questa area anatomica associandosi alle caratteristiche tecniche e tecnologiche del campo merceologico calzaturiero.

Gli approfondimenti sugli stimoli aptici indicano questa tipologia di *feedback* come strada maestra per l'integrazione di *tecnologia assistiva* a supporto di attività specifiche. In questo senso l'analisi bibliografica ha fatto emergere una maggiore propensione del corpo nell'accettare una tecnologia basata sull'azione pressorea rispetto a sistemi basati sulla vibrazione.

Il ritmo è stato identificato come elemento comune presente nelle ricerche sui linguaggi aptici ma con margini comunicativi ulteriormente sviluppiabili. Esso si trova al centro di fenomeni come quello del *trascinamento ritmico* e della *mimesi*

ritmica ed è componente fondamentale dei linguaggi naturali attraverso i quali l'uomo comunica. Il ritmo, nella sua stretta connessione con la natura umana, è quindi preso in analisi come un approccio *biomimetico* atto a trasdurre progettualmente, attraverso la tecnologia aptica, le sue capacità di relazione con il corpo.

La ricerca, quindi, individua nel ritmo e nell'aptica pressorea i veicoli più adatti per l'abilitazione del corpo umano a sviluppare processi comunicativi strutturati con i dati referenziati ad uno spazio.

L'unione di questi elementi viene nella tesi indicata con il nome di *ritmica podotattile* ed enunciata attraverso caratteristiche dedotte dalla bibliografia e messe alla prova all'interno di scenari e ambiti applicativi.

Le *ritmiche podotattili* sono *affordance* dello spazio, nel quale suggeriscono, enfatizzano o attivano determinati comportamenti sulla base di specifiche sequenze di stimoli; esse si rapportano con il corpo in modo non prevaricante e in un'ottica di rispetto verso le risorse cognitive umane.

Le caratteristiche, indicate come capacità della *ritmica podotattile*, sono tre:

- provocare o suggerire comportamenti attraverso l'erogazione di determinate ritmiche aptiche;
- costituire accessi a dati e narrazioni dei luoghi attraverso il comportamento naturale di *mimesi ritmica* in cui il corpo entra in sincronia con un ritmo percepito;
- dare consapevolezza della variabilità dei flussi di dati, caratterizzanti gli ambienti, manifestandoli sulla superficie del corpo attraverso una trasduzione in stimoli aptici.

Per ogni capacità sono definite azioni specifiche che ne delineano le linee guida applicative. Esse sfruttano l'omotopia del corpo umano erogando stimoli pressorei in modo sincrono o alternato sugli elementi uguali e simmetrici del corpo lungo l'asse sagittale, in questo caso i piedi.

Al fine di verificare l'efficacia degli elementi ritmici pressorei sul corpo la ricerca ha adottato strumenti sperimentali atti a raccogliere dati qualitativi e quantitativi.

Sono stati quindi progettati, prototipati e verificati due prototipi. Per ogni prototipo sono stati definiti e circoscritti test con l'obiettivo di valutare l'efficacia delle capacità espresse.

I dati raccolti, nel questionario sottoposto dopo la somministrazione del primo prototipo, sottolineano la maggiore intensità percepita di uno stimolo alternato rispetto uno sincrono e l'accettazione positiva dello stimolo nella pianta del piede.

Le rilevazioni quantitative effettuate sul campione analizzato durante la somministrazione del secondo prototipo confermano alcune delle potenzialità espresse nella definizione della *ritmica podotattile*:

- le risposte ai questionari somministrati durante i test fanno emergere percentuali incoraggianti nell'attuazione di suggerimenti nelle scelte e nei punti di attenzione nello spazio;
- i dati relativi alla postura e al movimento del corpo suggeriscono la presenza di effetti della *ritmica podotattile* sia sulla gestione dell'equilibrio sia sulla velocità di andatura del cammino;
- i dati di conduttanza cutanea mostrano un veloce adattamento del corpo agli stimoli erogati e un carico di stress non elevato in linea con quanto richiesto dall'intervento.

È messo in evidenza quanto l'analisi dei dati necessiti di ulteriori approfondimenti e confronti con una bibliografia medica specifica e un campione più ampio e omogeneo.

Le elaborazioni dei dati quantitativi sono confermate dalle risposte dei questionari di autovalutazione emotiva SAM. Questi indicano una percezione degli stimoli con intensità poco sopra la soglia media percepita, accettabili e distinguibili dal corpo, capaci di non provocare un'eccessiva percezione di controllo fuori dalla propria volontà.

Queste caratteristiche sono allineate con gli obiettivi dell'intervento sperimentale, volti ad erogare stimoli capaci di mettersi in relazione con il corpo in modo non prevaricante.

Le applicazioni della *ritmica podotattile* possono essere molteplici.

La prima di queste vede l'utilizzo della *ritmica podotattile* in ambienti lavorativi in cui i dati referenziati ai luoghi debbano essere comunicati al corpo senza urgenza. La capacità richiamata è quella del dare consapevolezza in tempo reale del mutamento degli ambienti in cui un operatore è immerso quando sta eseguendo un'azione ad alto focus di attenzione in realtà aumentata. Questi dati possono essere relativi alla presenza di persone o macchine nello spazio limitrofo, alla qualità e sicurezza della postazione di lavoro o legati alle gerarchie di notifiche in entrata.

La seconda vede l'ambito museale utilizzare la pressione e la *ritmica podotattile* per creare maggiore coinvolgimento e interazione con i sistemi multimediali presenti. Questa applicazione sfrutta la capacità della *ritmica podotattile* di provocare focus attentivi lungo il percorso ed enfatizzare, tramite la sincronia, un contenuto multimediale esterno al corpo.

La terza è delineata all'interno dei confini della città futura in cui la *ritmica podotattile* sarà caratterizzante l'esperienza digitale sinestetica e contemporaneamente strumento utile per narrazioni multi-livello degli spazi urbani.

SVILUPPI FUTURI

Alla luce della ricerca svolta emergono le potenzialità dello sviluppo di linguaggi di mediazione, tra corpo e flussi di dati, che utilizzino le tecnologie aptiche e le elaborazioni ritmiche come risorsa per il mantenimento dell'equilibrio tra afflusso di dati verso le persone e risorse cognitive delle stesse.

Obiettivo nello sviluppo di questi linguaggi è il raggiungimento di una maggiore variabilità delle qualità percepite. Per questo motivo si ipotizza lo svincolamento dall'area del piede e una valutazione di intervento sugli arti e sulle altre parti del corpo.

Il raggiungimento di una maggiore quantità e qualità degli stimoli non è volto alla creazione di linguaggi ad alta portata metalinguistica, ma vuole potenziare l'apparato comunicativo che permetta al corpo una lettura trasversale dei flussi di dati e la messa in relazione con essi.

In questa direzione si colloca la possibilità di avanzare nella ricerca sviluppando la tematica dello stimolo ritmico attraverso attuatori pneumatici agenti sul corpo oltre che con punti e linee anche con superfici di pressione adattate all'anatomia umana.

La verifica rispetto l'efficacia dell'associazione ritmica con la variabilità dei dati non è stata oggetto di verifica sperimentale. Se confermata l'efficacia dell'intervento essa potrà generare le prime applicazioni progettuali nell'ambito della sicurezza sul lavoro. In questo ambito è ipotizzabile la progettazione di innovativi strumenti *wearable* che abbiano la capacità di fornire maggiore consapevolezza delle mutevoli caratteristiche degli ambienti lavorativi. In parallelo a questo ambito si aprono possibili applicazioni nell'ambito *health* in cui questi stimoli potrebbero essere sfruttati a corredo della progettazione destinata alla riabilitazione o attraverso un approccio progettuale di sostituzione sensoriale e supporto della percezione spaziale del corpo.

Si evidenzia inoltre quanto le applicazioni dei concetti emersi potrebbero avere ripercussioni nell'ambito del *wellness*, del *wellbeing* e dell'arte con applicazioni concrete nei processi di apprendimento e di performance dal vivo.

Ulteriori ambiti applicativi che possono essere presi in esame durante lo sviluppo futuro della ricerca sono quelli che svincolano gli oggetti dal contatto continuo con il corpo. È infatti ipotizzabile una linea di ricerca che utilizzi la ritmica e l'aptica come caratterizzazione di oggetti intelligenti che entrano in relazione con le persone unicamente durante le fasi dell'interazione. In questo spazio progettuale l'utilizzo della ritmica e dell'aptica converge nell'ampio filone della ricerca che vede gli oggetti capaci di trasformare le superfici dinamicamente.

Un filone di ricerca applicativa che potrebbe sfruttare appieno le *ritmiche podotattili* è quello della realtà virtuale. Questo ambito, al centro della ricerca in molteplici discipline, sta volgendo l'attenzione alla caratterizzazione sensoriale delle esperienze proposte. La realtà virtuale, inoltre, è un luogo in cui circoscrivere e controllare con maggiore precisione le variabili di un'ulteriore sperimentazione legata alle tipologie di *ritmiche podotattili* e alla loro potenzialità di entrare in sincronia con media esterni al corpo.

INDICE IMMAGINI

Figura 1 , Saggi di linguistica generale, (Jakobson, 2002)	19
Figura 2 , Distribuzione temporale dei casi studio su Corpo/Tecnologia	31
Figura 3 , Relazione tra il sé e il sé	31
Figura 4 , Relazione tra gli altri e il sé	32
Figura 5 , Relazione tra il contesto e il sé	33
Figura 6 , Rapporto tra linguaggio e risorse attentive utilizzate	35
Figura 7 , Previsioni sul mercato del wearable	36
Figura 8 , Comunicazione Uomo/Macchina (Celaschi & Dall’Osso, 2018)	37
Figura 9 , Forme d’onda degli stimoli pressorei erogati, (Baumann et al., 2010)	50
Figura 10 , Macro-aree di interesse	56
Figura 11 , Corridoi progettuali	57
Figura 12 , Locandina Seminario “Fatto con i piedi”	63
Figura 13 , Esiti della sperimentazione didattica	68
Figura 14 , Possibili movimenti del piede	73
Figura 15 , Percorso del centro di pressione durante le fasi del ciclo del passo (Neumann, 2002)	74
Figura 16 , Forze di compressione agenti sul piede durante le fasi del ciclo del passo (Neumann, 2002)	74
Figura 17 , Distribuzione dei meccanorecettori nella pianta del piede (Velazquez et al., 2009)	74
Figura 18 , Soglia percettiva media del tatto. Tratta da Lederman, 1991, Encyclopedia of human biology, vol.7, p.55	75
Figura 19 , Ambiti emersi dall’analisi dei casi studio progettuali nel contesto del piede	77
Figura 20 , Categorie casi studio del piede	79
Figura 21 , Distribuzione temporale dei casi studio raccolti	79
Figura 22 , Rapporto tra complessità del linguaggio e quantità di risorse attentive richieste nei casi studio indaganti il rapporto Piede e Tecnologia	81
Figura 23 , Utilizzo dell’aptica nel piede	82, 83
Figura 24 , Tipologie di movimento del piede su interfacce di trascinamento dello stesso (Pearson & Weiser, 1986)	85
Figura 25 , (dx) Abaco dei gesti semaforici (Velloso et al., 2015)	88
Figura 26 , Detti, metafore e movimenti del corpo	89, 90, 91
Figura 27 , Teoria della forma e della figurazione. (Klee, 1959, p.267)	101
Figura 28 , interfaccia del software Macaron	101
Figura 29 , Tipologie di ritmi corporei	104
Figura 30 , Unità ritmiche da 2,6 secondi utilizzati (Pohl et al., 2017)	107

Figura 31 , Capacità della ritmica podotattile	118
Figura 32 , La ritmica podotattile cambia e crea attenzione.	119
Figura 33 , Il corpo entra in sincronia con la ritmica podotattile e attiva un contenuto.	119
Figura 34 , Prototipo n.1	124
Figura 35 , Cellule ritmiche emesse durante il test con il prototipo n.1	125
Figura 36 , Fase di somministrazione ritmica con il primo prototipo	126
Figura 37 , Posizione di somministrazione del test con il primo prototipo	126
Figura 38 , Età dei tester che hanno preso parte alla sperimentazione del primo prototipo	127
Figura 39 , Valutazione del comfort del prototipo	127
Figura 40 , Distribuzione delle risposte rispetto all'intensità maggiore tra stimoli sincroni o alternati	128
Figura 41 , Distribuzione delle risposte rispetto all'intensità maggiore percepita tra stimoli di gonfiaggio o sgonfiaggio	128
Figura 42 , Prototipo n.2 e sistemi di misurazione utilizzati	129
Figura 43 , Processo di elaborazione delle <i>ritmiche podotattili</i>	130
Figura 44 , Elementi della staffa	131
Figura 45 , I tre pod del sistema MhT per l'analisi del movimento	132
Figura 46 , Il bracciale Empatica	132
Figura 47 , Questionario SAM somministrato ai tester	133
Figura 48 , Test n.1 - Esercizio di equilibrio a piedi uniti	134
Figura 49 , Test n.2 - Esercizio di equilibrio a piedi aperti	135
Figura 50 , Test n.3 - Esercizio di equilibrio a piedi a tandem	135
Figura 51 , Test n.6 – Esercizio di <i>trascinamento ritmico</i>	137
Figura 52 , Test n.7 – Esercizio ritmo e attenzione	138
Figura 53 , Test n.8 – Esercizio ritmo e attenzione	138
Figura 54 , Analisi dei dati SAM pre e post esercizio 1	140
Figura 55 , Analisi dei dati SAM pre e post esercizio 2	140
Figura 56 , Tracce del punto di massa durante il test n.1	141
Figura 57 , Sommatorie delle tracce dei punti di massa divise per <i>ritmica podotattile</i> erogata	142
Figura 58 , Analisi dei dati SAM pre e post esercizio 3	142
Figura 59 , Analisi dei dati SAM pre e post esercizio 4	143
Figura 60 , Analisi dei dati SAM pre e post esercizio 5	144
Figura 61 , Analisi dei dati SAM pre e post esercizio 6	144
Figura 62 , Andamenti delle velocità dei soggetti durante il test n.6	145
Figura 63 , Andamento della velocità corrispondenti alle fasi dell'esercizio	146
Figura 64 , Confronto tra gli andamenti della velocità rispetto alle diverse fasi del test	146
Figura 65 , Analisi dei dati SAM pre e post esercizio 7	147
Figura 66 , Analisi dei dati SAM pre e post esercizio 8	148
Figura 67 , Analisi dei dati SAM pre e post esercizio 9	148

Figura 68 , Valori di Piacevolezza del questionario SAM nei nove test	150
Figura 69 , Valori di Intensità del questionario SAM nei nove test	150
Figura 70 , Valori di Dominanza del questionario SAM nei nove test	150
Figura 71 , Valori di Piacevolezza e Intensità prima e dopo il test	151
Figura 72 , Valori di Piacevolezza e Dominanza prima e dopo il test	151
Figura 73 , Valori di Intensità e Dominanza prima e dopo il test	151
Figura 74 , Analisi del parametro EDA per ogni test effettuato	153
Figura 75 , Medie parametro HRV e Percentuali dei grafici di tendenza EDA. Test n.9	154
Figura 76 , Medie, Deviazione Standard e Picchi del parametro EDA nei 9 test	155

REFERENCES

- Antinucci, F., Virilio, P., de Kerckhove, D., Sterlac, Maldonado, T., Moravec, H., Pryor, S., Parisi, D., Varela, F. J., & Capucci, P. L. (1994). Il corpo della mente. In P. L. Capucci (a c. di), *Il corpo tecnologico. L'influenza delle tecnologie sul corpo e sulle sue facoltà*. Baskerville.
- Apolito, P. (2018, maggio 27). *Rompere il ritmo. Condivisione e inclusione*. [Conferenza]. Festival Dialoghi sull'uomo, Sala Maggiore Palazzo Comunale, Pistoia. <https://www.dialoghisulluomo.it/it/apolito/rompere-il-ritmo-condivisione-e-inclusione>
- Bagnara, S., & Pozzi, S. (2014). Interaction design e riflessione. In A. Bassi, & F. Bulegato (a c. di), *Le ragioni del design*. FrancoAngeli.
- Bagnara, S., & Pozzi, S. (2016). «I computer sono inutili. Sanno dare solo risposte!» (Pablo Picasso) È ancora vero? Dalla HCI (Human Computer Interaction) all'ID (Interaction Design). In G. Sinni (a c. di), *Design X. Dieci anni di design a San Marino con uno sguardo ai prossimi cento*. Quodlibet.
- Baousi, K., Fear, N., Mourouzis, C., Stokes, B., Wood, H., Worgan, P., & Roudaut, A. (2017). Inflashoe: A Shape Changing Shoe to Control Underfoot Pressure. *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '17*, 2381–2387. <https://doi.org/10.1145/3027063.3053190>
- Baumann, M. A., MacLean, K. E., Hazelton, T. W., & McKay, A. (2010). Emulating human attention-getting practices with wearable haptics. *2010 IEEE Haptics Symposium*, 149–156. <https://doi.org/10.1109/HAPTIC.2010.5444662>
- Blumer, R. (2009). *La pelle come limite* (1a ed.). Corraini.
- Blumer, R. (2016). Dare senso. In G. Sinni (a c. di), *Design X. Dieci anni di design a San Marino con uno sguardo ai prossimi cento*. (pp. 284–285). Quodlibet.
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49–59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9)
- Brewster, S., & Brown, L. M. (2004). Tactons: Structured tactile messages for non-visual information display. *Proceedings of the fifth conference on Australasian user interface - Volume 28*, 15–23.

- Brown, L. M., Brewster, S. A., & Purchase, H. C. (2006). Multidimensional tactons for non- visual information presentation in mobile devices. *Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*, 231–238. <https://doi.org/10.1145/1152215.1152265>
- Brown, L. M., & Kaaresoja, T. (2006). Feel who's talking: Using tactons for mobile phone alerts. *CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '06*, 604. <https://doi.org/10.1145/1125451.1125577>
- Buiatti, E. (2014). *Forma Mentis. Neuroergonomia sensoriale applicata alla progettazione*. FrancoAngeli.
- Campisi, E. (2018). *Che cos'è la gestualità*. Carocci editore.
- Celaschi, F. (2017). *Non industrial design: Contributi al discorso progettuale*. Luca Sossella editore.
- Celaschi, F., & Casoni, G. (2020). *Human Body Design. Corpo e progetto nell'economia della trasformatività* (1a ed.). FrancoAngeli.
- Celaschi, F., & Dall'Osso, G. (2019). Pre-cyborg, l'ora del piede tecnologico. *DIID DISEGNO INDUSTRIALE INDUSTRIAL DESIGN*, 67, 136–143.
- Celaschi, F., & Dall'Osso, G. (2018) Lo sviluppo dei dispositivi wearable. Nuove potenzialità delle tecnologie., *SISTEMI & IMPRESA*, 8, 59 - 62
- Chang, D., Nesbitt, K. V., & Wilkins, K. (2007). The Gestalt Principles of Similarity and Proximity Apply to Both the Haptic and Visual Grouping of Elements. *AUIC '07: Proceedings of the Eight Australasian Conference on User Interface*, 64.
- Cherubini, L. (1997). La ritmica [Song]. In *Lalbero*. Soleluna, Mercury.
- Città di Mendrisio. (2021, aprile 7). Parco Archeologico di Tremona. parco-archeologico. <https://www.parco-archeologico.ch/it/>
- De Luca, V. (2016). Oltre l'interfaccia: Emozioni e design dell'interazione per il benessere. *Involucri sensibili. Integumentary design*, Md Journal (1), 106–119.
- Dehghani, M., & Dangelico, R. M. (2017). Smart wearable technologies: Current status and market orientation through a patent analysis. *2017 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 1570–1575. <https://doi.org/10.1109/ICIT.2017.7915602>
- Del Vecchio, B. (2006). *L'adorazione del piede* (1a ed.). Castelvechchi.
- Duprat, G. (2013). *Zoottica. Come vedono gli animali?* L'ippocampo ragazzi.
- Enriquez, M., Afonin, O., Yager, B., & Maclean, K. (2001). A pneumatic tactile

- alerting system for the driving environment. *Proceedings of the 2001 Workshop on Perceptive User Interfaces - PUI '01*, 1. <https://doi.org/10.1145/971478.971506>
- Feeken, C., Wasmann, M., Heuten, W., Ennenga, D., Müller, H., & Boll, S. (2016). ClimbingAssist: Direct vibro-tactile feedback on climbing technique. *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct - UbiComp '16*, 57–60. <https://doi.org/10.1145/2968219.2971417>
- Felberbaum, Y., & Lanir, J. (2016). Step by Step: Investigating Foot Gesture Interaction. *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces - AVI '16*, 306–307. <https://doi.org/10.1145/2909132.2926057>
- Flemons, T. (2007). *Geometry of Anatomy*. intensiondesigns.ca. <http://intensiondesigns.ca/geometry-of-anatomy/>
- Flemons, T. (2012). *Bones of Tensegrity*. intensiondesigns.ca. <http://intensiondesigns.ca/bones-of-tensegrity/>
- Formia, E., & Zannoni, M. (2018). “Geo-media” e Data Digital Humanities. Il ruolo della memoria collettiva nel progetto del territorio. *Design e Territori, MD Journal* (5), 116–129.
- Frey, M. (2007). CabBoots: Shoes with integrated guidance system. *Proceedings of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction - TEI '07*, 245. <https://doi.org/10.1145/1226969.1227019>
- Geißler, E., Mühlenberend, A., & Harnack, K. (2016). Sensole: An Insole-Based Tickle Tactile Interface. *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction - TEI '16*, 717–722. <https://doi.org/10.1145/2839462.2872963>
- Gill, A. (2007). «Limousine per i piedi»: La retorica della calzatura sportiva. In G. Riello & P. McNeil (a c. di), *Scarpe. Dal sandalo antico alla calzatura d'alta moda*. Colla Editore.
- Giomi, A. (2017). Percezione aptica, feedback sonoro e mediazione tecnologica. *Danza e ricerca. Laboratorio di studi, scritture, visioni*, 9(9), 245–272. <https://doi.org/10.6092/issn.2036-1599/7679>
- Givone, S. (2003). *Prima lezione di estetica* (6a ed.). Editori Laterza.
- Hansen, A.-M. S., Andersen, H. J., & Raudaskoski, P. (2012). How two players negotiate rhythm in a shared rhythm game. *Proceedings of the 7th Audio Mostly Conference on A Conference on Interaction with Sound - AM '12*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/2371456.2371457>
- Hahn, J. (2020, febbraio 24). Harikrishnan's inflatable latex trousers create «ana-

- tomically impossible» proportions. *Dezeen*. <https://www.dezeen.com/2020/02/24/harikrishnan-lcf-inflatable-latex-fashion/>
- Hertenstein, M. J., Keltner, D., App, B., Bulleit, B. A., & Jaskolka, A. R. (2006). Touch communicates distinct emotions. *Emotion*, 6(3), 528–533. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.6.3.528>
- Hill, E., Hatano, H., Fujii, M., & Watanabe, Y. (2014). Haptic foot interface for language communication. *Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference on - AH '14*, 1–4. <https://doi.org/10.1145/2582051.2582060>
- Hockman, J. A., Wanderley, M. M., & Fujinaga, I. (2009). Real-Time Phase Vocoder Manipulation by Runner's Pace. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 4. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1177575>
- Huber, B. (2013). Foot position as indicator of spatial interest at public displays. *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems on - CHI EA '13*, 2695. <https://doi.org/10.1145/2468356.2479495>
- Introduction to Labanotation*. (s.d.). Recuperato 26 agosto 2020, da <https://user.uni-frankfurt.de/~griesbec/LABANE.HTML>
- J. Trost, W., Labbé, C., & Grandjean, D. (2017). Rhythmic entrainment as a musical affect induction mechanism. *Neuropsychologia*, 96, 96–110. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.01.004>
- Jakobson, R. (2002). *Saggi di linguistica generale*. Feltrinelli Editore.
- Jones, L. A., & Sarter, N. B. (2008). Tactile Displays: Guidance for Their Design and Application. *Human Factors*, 50(1), 90–111. <https://doi.org/10.1518/001872008X250638>
- Karuei, I., MacLean, K. E., Foley-Fisher, Z., MacKenzie, R., Koch, S., & El-Zohairy, M. (2011). Detecting vibrations across the body in mobile contexts. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3267–3276. <https://doi.org/10.1145/1978942.1979426>
- Kettner, R., Bader, P., Kosch, T., Schneegass, S., & Schmidt, A. (2017). Towards pressure-based feedback for non-stressful tactile notifications. *Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services - MobileHCI '17*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3098279.3122132>
- Kim, L. H., Castillo, P., Follmer, S., & Israr, A. (2019). VPS Tactile Display: Tactile Information Transfer of Vibration, Pressure, and Shear. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 3(2), 1–17. <https://doi.org/10.1145/3328922>

- Klee, P. (1959). *Teoria della forma e della figurazione* (Vol. 1). Feltrinelli.
- Koch, S. C., Fuchs, T., & Summa, M. (2014). Body memory and kinesthetic body feedback: The impact of light versus strong movement qualities on affect and cognition. *Memory Studies*, 7(3), 272–284. <https://doi.org/10.1177/1750698014530618>
- Koch, S., & Rautner, H. (2017). Psychology of the Embrace: How Body Rhythms Communicate the Need to Indulge or Separate. *Behavioral Sciences*, 7(4), 80. <https://doi.org/10.3390/bs7040080>
- Lakoff, G., & Johnson, M. (2004). *Metafora e vita quotidiana*. Bompiani.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (2009). Haptic perception: A tutorial. *Attention, Perception & Psychophysics*, 71(7), 1439–1459. <https://doi.org/10.3758/APP.71.7.1439>
- Lee, B.-C., Chen, S., & Sienko, K. H. (2011). A Wearable Device for Real-Time Motion Error Detection and Vibrotactile Instructional Cuing. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 19(4), 374–381. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2011.2140331>
- Lefebvre, H. (2019). *Elementi di Ritmanalisi. Introduzione alla conoscenza dei ritmi*. (G. Borelli, a c. di). LetteraVentidue.
- Lieberman, J. ., & Breazeal, C. . (2007). TIKL: Development of a Wearable Vibrotactile Feedback Suit for Improved Human Motor Learning. *IEEE Transactions on Robotics*, 23(5), 919–926. <https://doi.org/10.1109/TRO.2007.907481>
- Löffler, D., Tscharn, R., Schaper, P., Hollenbach, M., & Mocke, V. (2019). Tight Times: Semantics and Distractibility of Pneumatic Compression Feedback for Wearable Devices. *Proceedings of Mensch Und Computer 2019 on - MuC'19*, 411–419. <https://doi.org/10.1145/3340764.3340796>
- Macaron Editor. (s.d.). Recuperato 26 agosto 2020, da <https://hapticdesign.github.io/macaron/>
- MacLean, K. E. (2009). Putting Haptics into the Ambience. *IEEE Transactions on Haptics*, 2(3), 123–135. <https://doi.org/10.1109/TOH.2009.33>
- MaClean, K. E., & Roderick, J. B. (1999). Smart tangible displays in the everyday world: A haptic door knob. *1999 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (Cat. No.99TH8399)*, 203–208. <https://doi.org/10.1109/AIM.1999.803167>
- Maldonado, T. (1997). *Critica della ragione informatica*. Feltrinelli.

- Mallgrave, H. F. (2015). *L'empatia degli spazi*. Raffaello Cortina Editore.
- Masahiro, N., Takaesu, H., Demachi, H., Oono, M., & Saito, H. (2008). Development of an automatic music selection system based on runner's step frequency. In J.P. Bello, E.Chew & D. Turnbull (a c. di) *Proceeding of the Ninth International Conference on Music Information Retrieval*, (pp.193–198). Lulu.com. [https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=OHp3sRnZD-oC&oi=fnd&pg=PA193&dq=Masahiro,+N.,+Takaesu,+H.,+Demachi,+H.,+Oono,+M.,+%26+Saito,+H.+\(2008\).+-+Development+of+an+automatic+music+selection+system+based+on+runner's+step+frequency.+193-198.+Scopus.&ots=oGJSrEhw90&sig=pg_UGVw-SgLSJHDhC_XpjRw1hMfk#v=onepage&q&f=false](https://books.google.it/books?hl=it&lr=&id=OHp3sRnZD-oC&oi=fnd&pg=PA193&dq=Masahiro,+N.,+Takaesu,+H.,+Demachi,+H.,+Oono,+M.,+%26+Saito,+H.+(2008).+-+Development+of+an+automatic+music+selection+system+based+on+runner's+step+frequency.+193-198.+Scopus.&ots=oGJSrEhw90&sig=pg_UGVw-SgLSJHDhC_XpjRw1hMfk#v=onepage&q&f=false)
- Maskeliūnas, R., Damaševičius, R., & Segal, S. (2019). A Review of Internet of Things Technologies for Ambient Assisted Living Environments. *Future Internet*, 11(12), 259. <https://doi.org/10.3390/fi11120259>
- Matthews, T., Dey, A. K., Mankoff, J., Carter, S., & Rattenbury, T. (2004). A toolkit for managing user attention in peripheral displays. *Proceedings of the 17th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST '04*, 247. <https://doi.org/10.1145/1029632.1029676>
- Matthies, D. J. C., Müller, F., Anthes, C., & Kranzlmüller, D. (2013). ShoeSoleSense: Proof of concept for a wearable foot interface for virtual and real environments. *Proceedings of the 19th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology - VRST '13*, 93. <https://doi.org/10.1145/2503713.2503740>
- McCormick, J., Hossny, M., Fielding, M., Mullins, J., Vincent, J. B., Hossny, M., Vincs, K., Mohamed, S., Nahavandi, S., Creighton, D., & Hutchison, S. (2018). Feels Like Dancing: Motion Capture-Driven Haptic Interface as an Added Sensory Experience for Dance Viewing. *Leonardo*, 45–49. https://doi.org/10.1162/leon_a_01689
- McKinney, M. E., & Gatchel, R. J. (1982). The comparative effectiveness of heart rate biofeedback, speech skills training, and a combination of both in treating public-speaking anxiety. *Biofeedback and Self-Regulation*, 7(1), 71–87. <https://doi.org/10.1007/BF00999056>
- Meier, A., Matthies, D. J. C., Urban, B., & Wettach, R. (2015). Exploring vibrotactile feedback on the body and foot for the purpose of pedestrian navigation. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Sensor-Based Activity Recognition and Interaction - WOAR '15*, 1–11. <https://doi.org/10.1145/2790044.2790051>
- MendrisiottoTurismo. (2016). Il villaggio di Tremona-Castello in 3D. https://www.youtube.com/watch?v=4gzp_A9ADrQ

- Merleau-Ponty, M. (1945). *Fenomenologia della percezione* (2a ed. Giunti, 2019). Bompiani.
- Moens, B. (2018). *D-Jogger: An interactive music system for gait synchronisation with applications for sports and rehabilitation*. University of Gent. <https://biblio.ugent.be/publication/8551818>
- Moens, B., van Noorden, L., & Leman, M. (2010). D-Jogger: Syncing Music with Walking. *Proceedings of SMC Conference 2010, Barcelona*, online, 451–456. <http://hdl.handle.net/1854/LU-1070528>
- Neumann, D. (2002). *Kinesiology of the musculoskeletal system*. Mosby.
- Nicoletti, R., & Borghi, A. M. (2007). *Il controllo motorio*. Il Mulino.
- Norman, D. (2008). *Il design del futuro*. Apogeo.
- Ochiai, Y., & Toyoshima, K. (2012). Invisible feet under the vehicle. *Proceedings of the 3rd Augmented Human International Conference on - AH '12*, 1–2. <https://doi.org/10.1145/2160125.2160156>
- Pallmer, R. (s.d.). *Social-Haptic Communication*. Russpalmer. Recuperato 22 agosto 2020, da <https://www.russpalmer.com/social-haptic-communication>
- Papetti, S., Fontana, F., & Civolani, M. (2011). Rhythm'n'Shoes: a wearable foot tapping interface with audio-tactile feedback. *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression-30 May-1 June 2011*, 473–476. https://www.nime.org/proceedings/2011/nime2011_473.pdf
- Paradiso, J., Hu, E., & Hsiao, K. (1999). The CyberShoe: A Wireless Multisensor Interface for a Dancer's Feet. *Proceedings of the of International Dance and Technology 99*. https://www.researchgate.net/publication/2365404_The_CyberShoe_A_Wireless_Multisensor_Interface_for_a_Dancers_Feet
- Pearson, G., & Weiser, M. (1986). Of moles and men: The design of foot controls for workstations. In M. Mantei & P. Orbeton (a c. di) *CHI '86: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 333-339). Association for Computing Machinery. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/22627.22392>
- Perovich, L., Mothersill, P., & Farah, J. B. (2013). Awakened apparel: Embedded soft actuators for expressive fashion and functional garments. *Proceedings of the 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction - TEI '14*, 77–80. <https://doi.org/10.1145/2540930.2540958>
- Pohl, H., Brandes, P., Ngo Quang, H., & Rohs, M. (2017). Squeezeback: Pneumatic Compression for Notifications. *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '17*, 5318–5330. <https://doi.org/10.1145/3099138.3099138>

org/10.1145/3025453.3025526

Priplata, A. A., Niemi, J. B., Harry, J. D., Lipsitz, L. A., & Collins, J. J. (2003). Vibrating insoles and balance control in elderly people. *The Lancet*, 362(9390), 1123–1124. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)14470-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)14470-4)

Qian, H., Kuber, R., & Sears, A. (2013). Tactile notifications for ambulatory users. *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems on - CHI EA '13*, 1569. <https://doi.org/10.1145/2468356.2468637>

Quek, F., Ehrich, R., & Lockhart, T. (2008). As go the feet...: On the estimation of attentional focus from stance. *Proceedings of the 10th International Conference on Multimodal Interfaces - IMCI '08*, 97. <https://doi.org/10.1145/1452392.1452412>

Rantakari, J., Inget, V., Colley, A., & Häkkinen, J. (2016). Charting Design Preferences on Wellness Wearables. *Proceedings of the 7th Augmented Human International Conference 2016 on - AH '16*, 1–4. <https://doi.org/10.1145/2875194.2875231>

Redazione State of Mind (2013, novembre 7). I paradigmi sperimentali nelle ricerche sullo schema corporeo. *State of Mind*. <https://www.stateofmind.it/2013/11/paradigmi-sperimentali-schema-corporeo/>

Riello, G., & McNeil, P. (2007). *Scarpe. Dal sandalo antico alla calzatura d'alta moda*. Colla Editore.

Ritmo. (2020, 18 luglio). In *Wikipedia*. <https://it.wikipedia.org/w/index.php?title=Ritmo&oldid=114391432>

Vocabolario-Treccani. (s.d.). Ritmo. In *Vocabolario Treccani*. Recuperato 25 agosto 2020, da <http://www.treccani.it/vocabolario/ritmo>

Ross, J. M., & Balasubramaniam, R. (2014). Physical and neural entrainment to rhythm: Human sensorimotor coordination across tasks and effector systems. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00576>

Rovers, A. F., & van Essen, H. A. (2006). Guidelines for haptic interpersonal communication applications: An exploration of foot interaction styles. *Virtual Reality*, 9(2–3), 177–191. <https://doi.org/10.1007/s10055-005-0016-0>

Rovers, A. F., & van Essen, H. A. (2004). HIM: A framework for haptic instant messaging. *Extended Abstracts of the 2004 Conference on Human Factors and Computing Systems - CHI '04*, 1313. <https://doi.org/10.1145/985921.986052>

Sennet, R. (2009). *L'uomo artigiano* (4a ed.). Feltrinelli.

Sherrick, C. E., & Gelard, F. A. (1972). The Cutaneous “Rabbit”: A Perceptual Illusion. *Science*, 178(4057), 178–179. <https://doi.org/10.1126/science.178.4057.178>

Shull, P. B., Lurie, K. L., Cutkosky, M. R., & Besier, T. F. (2011). Training multi-parameter gaits to reduce the knee adduction moment with data-driven models and haptic feedback. *Journal of Biomechanics*, 44(8), 1605–1609. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.03.016>

Social Haptics | Deafblind Information. (s.d.). Deafblindness Support Services. Recuperato 13 dicembre 2019, da <https://www.deafblindinformation.org.au/about-deafblindness/deafblind-communication/social-haptics/>

Song, S., Noh, G., Yoo, J., Oakley, I., Cho, J., & Bianchi, A. (2015). Hot & tight: Exploring thermo and squeeze cues recognition on wrist wearables. *Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers - ISWC '15*, 39–42. <https://doi.org/10.1145/2802083.2802092>

Sparman, B., Kernizan, S., Laucks, J., Tibbits, S., & Guberan, C. (2019). Liquid printed pneumatics. *ACM SIGGRAPH 2019 Emerging Technologies on - SIGGRAPH '19*, 1–2. <https://doi.org/10.1145/3305367.3340318>

Spelmezan, D., Hilgers, A., & Borchers, J. (2009). A language of tactile motion instructions. *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services - MobileHCI '09*, 1. <https://doi.org/10.1145/1613858.1613896>

Stanley, A. A., & Kuchenbecker, K. J. (2012). Evaluation of Tactile Feedback Methods for Wrist Rotation Guidance. *IEEE Transactions on Haptics*, 5(3), 240–251. <https://doi.org/10.1109/TOH.2012.33>

Di Stefano, N. (2018). Gesto, suono e corpo. Sul ruolo della mano nell'espressione della musica. *Lebenswelt. Aesthetics and philosophy of experience.*, 13, 57-66. <https://doi.org/10.13130/2240-9599/11108>

Strogatz, S. (2003). *Sincronia. I ritmi della natura, i nostri ritmi*. Rizzoli.

Suzuki, Y., Suzuki, R., & Watanabe, J. (2014). Translation from text to touch: Touching a «japanese old tale». *Proceedings of the Extended Abstracts of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '14*, 685–694. <https://doi.org/10.1145/2559206.2578877>

Suzuki, Y., Suzuki, R., Watanabe, J., Yoshida, A., & Shigeru, S. (2015). Haptic vibrations for hands and bodies. *SIGGRAPH Asia 2015 Haptic Media and Contents Design on - SA '15*, 1– 3. <https://doi.org/10.1145/2818384.2818389>

T. Azevedo, R., Bennett, N., Bilicki, A., Hooper, J., Markopoulou, F., & Tsakiris, M. (2017). The calming effect of a new wearable device during the anticipation of public speech. *Scientific Reports*, 7(1), 2285. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-02274-2>

- Thaler, R., & Sunstein, C. (2020). *La spinta gentile. La nuova strategia per migliorare le nostre decisioni su denaro, salute, felicità.* (10a ed.). Feltrinelli.
- Trulsson, M. (2001). Mechanoreceptive afferents in the human sural nerve. *Experimental Brain Research*, 137(1), 111–116. <https://doi.org/10.1007/s002210000649>
- Varela, F. J. (1994). Il reincanto del concreto. In P. L. Capucci (a c. di), *Il corpo tecnologico* (pp. 143–159). Baskerville.
- Velazquez, R., Bazan, O., & Magana, M. (2009). A shoe-integrated tactile display for directional navigation. *2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 1235–1240. <https://doi.org/10.1109/IROS.2009.5354802>
- Velazquez, R., & Pissaloux, E. (2014). On human performance in tactile language learning and tactile memory. *The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, 96–101. <https://doi.org/10.1109/RO-MAN.2014.6926236>
- Velloso, E., Schmidt, D., Alexander, J., Gellersen, H., & Bulling, A. (2015). The Feet in Human-Computer Interaction: A Survey of Foot-Based Interaction. *ACM Computing Surveys*, 48(2), 1–35. <https://doi.org/10.1145/2816455>
- Watanabe, J., Ando, H., & Maeda, T. (2005). Shoe-shaped interface for inducing a walking cycle. *Proceedings of the 2005 International Conference on Augmented Tele-Existence - ICAT '05*, 30. <https://doi.org/10.1145/1152399.1152406>
- Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 159–177. <https://doi.org/10.1080/14639220210123806>
- Yao, L., Shi, Y., Chi, H., Ji, X., & Ying, F. (2010). Music-touch shoes: Vibrotactile interface for hearing impaired dancers. *Proceedings of the Fourth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction - TEI '10*, 275. <https://doi.org/10.1145/1709886.1709944>
- Zannoni, M. (2018). *Progetto e interazione. Il design degli ecosistemi interattivi.* Quodlibet. <https://www.quodlibet.it/libro/9788822901668>
- Zhao, S., Israr, A., Lau, F., & Abnoui, F. (2018). Coding Tactile Symbols for Phonic Communication. *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '18*, 1–13. <https://doi.org/10.1145/3173574.3173966>
- Zheng, Y., & Morrell, J. B. (2012). Haptic actuator design parameters that influence affect and attention. *2012 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)*, 463–470. <https://doi.org/10.1109/HAPTIC.2012.6183832>
- Zheng, Y., Su, E., & Morrell, J. B. (2013). Design and evaluation of factors for ma-

naging attention capture. *2013 World Haptics Conference (WHC)*, 497–502. <https://doi.org/10.1109/WHC.2013.6548458>

Van der Zwaag, M. D., Westerink, J. H. D. M., & van den Broek, E. L. (2011). Emotional and psychophysiological responses to tempo, mode, and percussiveness. *Musicae Scientiae*, *15*(2) 250–269. <https://doi.org/10.1177/1029864911403364>

CASI STUDIO CORPO / TECNOLOGIA

CATEGORIE DI CLASSIFICAZIONE



L'appendice è un repository dei casi studio indaganti il rapporto tra corpo e tecnologie abilitanti. In esso sono raccolte le schede che descrivono ricerche, prototipi, prodotti artistici e commerciali.

I casi studio sono classificati in base alle modifiche che essi portano sul corpo, gli oggetti, i contesti e i linguaggi.

anno 1997
autore Eduardo Kac
stato arte / performance



OBIETTIVO / FUNZIONE

Collegare una memoria digitale al corpo dell'umano.

DESCRIZIONE

Attraverso un microchip impiantato nella cavaglia l'artista ha inserito sette fotografie di propri antenati e una radiografia del suo corpo.

L'impianto del microchip è stato eseguito in diretta TV e sul Web.

REFERENCES / LINK

www.ekac.org/timcap.html



anno 2007
autore Sterlac
stato arte

OBIETTIVO / FUNZIONE

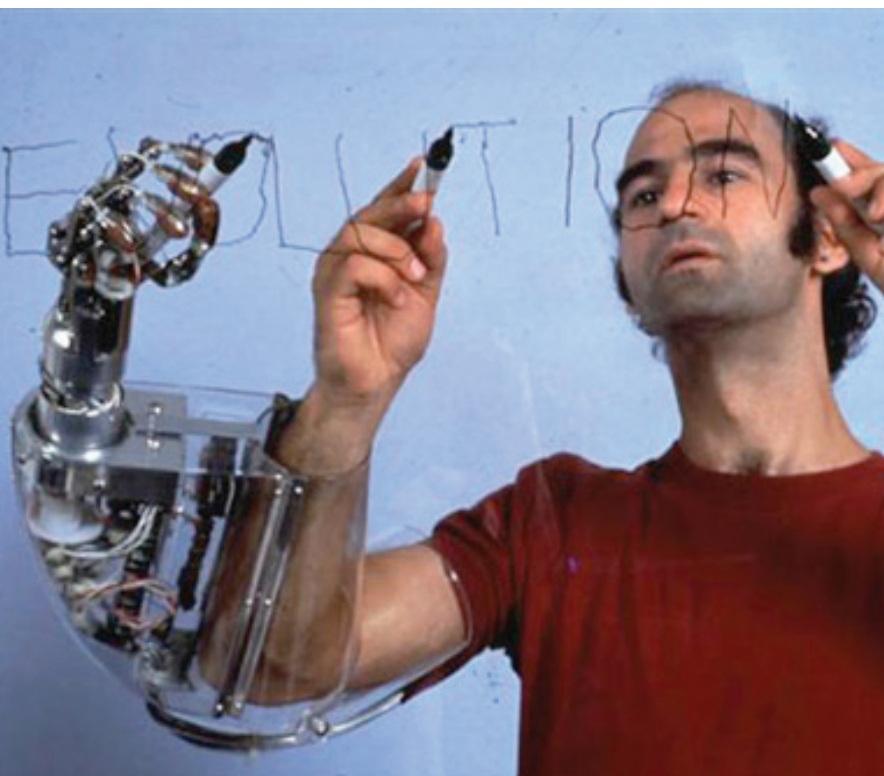
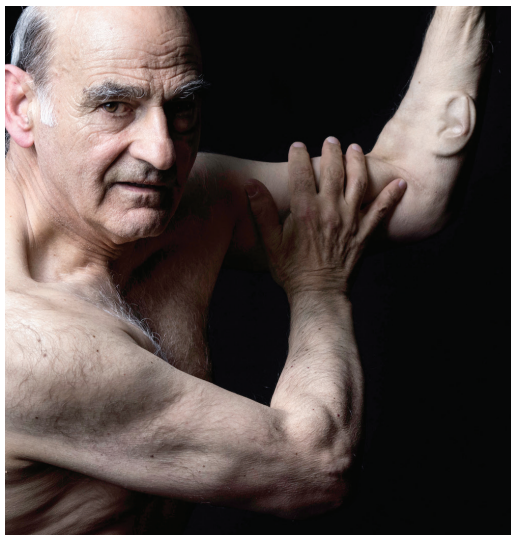
Sentire attraverso un orecchio aggiunto sul braccio ambienti distanti a cui si è collegati.

DESCRIZIONE

Impianto sul braccio sinistro di un orecchio creato in laboratorio dalle proprie cellule. All'interno un microfono collegato via bluetooth consentire alle persone lontane di ascoltare quanto percepito dal proprio corpo.

REFERENCES / LINK

Non industrial design, Celaschi Flaviano, Luca Sossella Editore



anno 2004
autore Neil Harbisson
stato impianto unico

OBIETTIVO / FUNZIONE

Aumentare la capacità percettiva creando una sisestesia visivo/uditiva.

DESCRIZIONE

Il soggetto ha applicato sul proprio corpo un dispositivo che trasmuta i colori dell'ambiente circostante, raccolti da un sensore applicato alla sua testa, in onde sonore in tempo reale.

REFERENCES / LINK

www.businessinsider.com/what-its-like-to-be-a-cyborg-2015-9?IR=T



anno 2011
autore Rich Lee
stato Impianto unico

OBIETTIVO / FUNZIONE

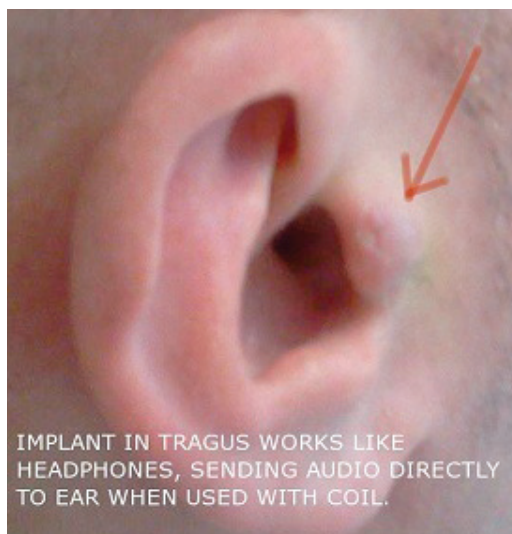
Auricolari invisibili realizzati con magneti impiantati nelle orecchie.

DESCRIZIONE

I magneti impiantati nei lobi formano un unico sistema con la collana.

REFERENCES / LINK

www.tomshw.it/altro/cuffia-invisibile-basta-un-impianto-nellorecchio/



anno 2011 (fondazione gruppo)
autore Grindhouse Wetware
stato prototipi artigianali



OBIETTIVO / FUNZIONE

La Grindhouse Wetware è una startup di biotecnologia open source con sede in Pennsylvania. Grindhouse applica l'etica dei biohacker per creare la tecnologia che aumenta le capacità umane.

DESCRIZIONE

Bottlenose è un dispositivo che dialoga con magneti impiantati nei polpastrelli. La mano trasmette informazioni tramite segnale morse.

Northstar è un impianto sottocutaneo attivabile tramite la gestualità che identifica il nord magnetico.

Circandia è un dispositivo sottocutaneo che permette di rilevare dati dal corpo umano: temperatura e pressione sanguigna.

REFERENCES / LINK

en.wikipedia.org/wiki/Grindhouse_Wetware

forum.biohack.me/index.php?p=/discussion/267/bottlenose-release-enjoy

code.google.com/archive/p/bottlenose/wikis/BottleNose.wiki



anno 2013
autore Georgia Institute of Technology
stato Ricerca

OBIETTIVO / FUNZIONE

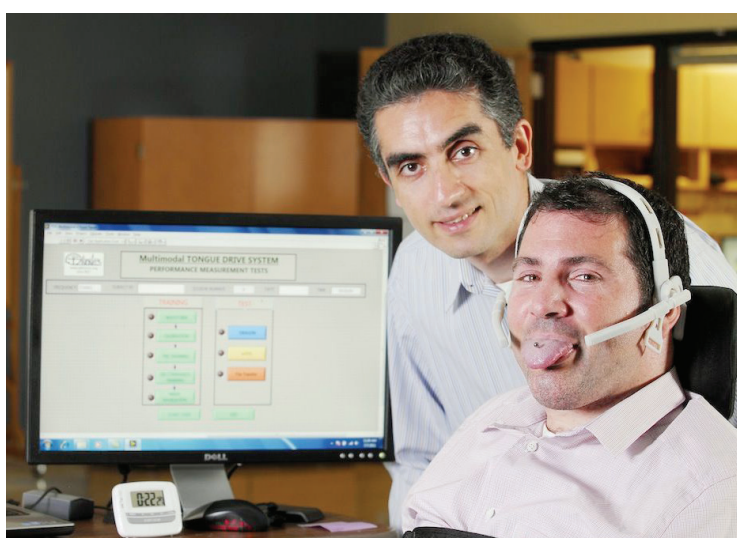
Rendere autonomi soggetti con paralisi di alto grado.

DESCRIZIONE

Sedia a rotelle elettrica comandata tramite piercing posizionato sulla lingua.

REFERENCES / LINK

www.nbcnews.com/healthmain/tongue-piercing-lets-paralyzed-control-wheelchairs-2D11664972



anno 2017
autore Skinmotion
stato Prodotto Commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

Trasportare sul proprio corpo una traccia audio attivabile tramite un dispositivo di mediazione.

DESCRIZIONE

Il disegno tatuato può essere letto da una fotocamera di un qualsiasi smartphone che integri il software specifico.

REFERENCES / LINK

www.youtube.com/watch?v=O-st4J8Z8H_M

tattoorudy.it/soundvawe-tattoo



anno 2016
autore MIT
stato Ricerca



OBIETTIVO / FUNZIONE

Attivare digitalmente i tatuaggi rendendoli interfacce e potenziando la loro espressività.

DESCRIZIONE

Il progetto prevede l'implementazione della pelle con tatuaggi conduttivi che permettono il controllo sia di luci ad essi incorporati sia di oggetti esterni il corpo.

REFERENCES / LINK
duoskin.media.mit.edu/



anno 1997
autore Mario Canali
stato Installazione interattiva

OBIETTIVO / FUNZIONE

Utilizzo del proprio corpo come strumento in dialogo con altri corpi.

Capacità di gestire il proprio corpo ed emozioni intervengono nella creazione del dialogo sinfonico.

DESCRIZIONE

“Ritmi” è un’installazione che consente a 4 partecipanti di sviluppare un gioco musicale basato sui parametri dei propri battiti cardiaci.

Il battito è rilevato da sensori e rimesso con una traccia sonora che può essere variata dal soggetto stesso.

REFERENCES / LINK

www.studiocanali.com/index.php?m1=RITMI&lang=it



anno 2015
autore Doppel
stato Prodotto commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

Bracciale ad emissioni ritmiche aptiche per calmare le persone.

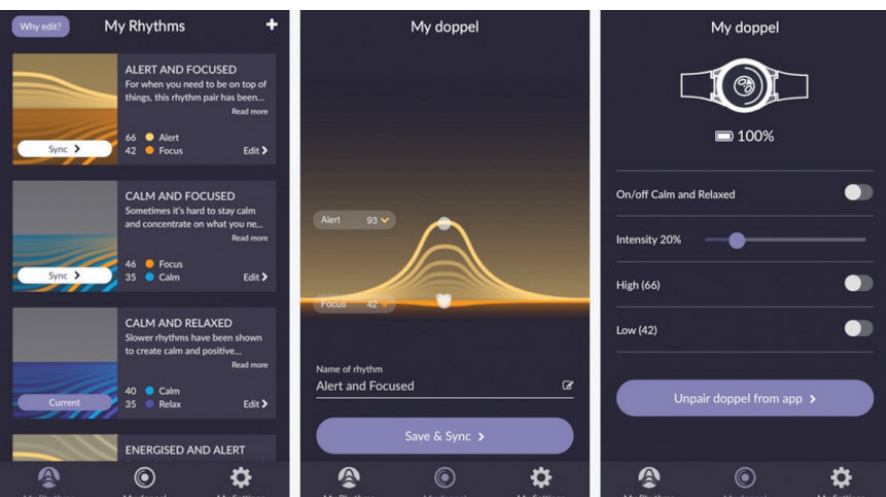
DESCRIZIONE

Il dispositivo, attraverso la vibrazione, replica il ritmo del battito cardiaco in situazione di quiete. La percezione del ritmo stimola il corpo attraverso il *trascinamento ritmico* portando lo stesso ad allinearsi lentamente alla sentimento di calma descritto dalla ritmica erogata.

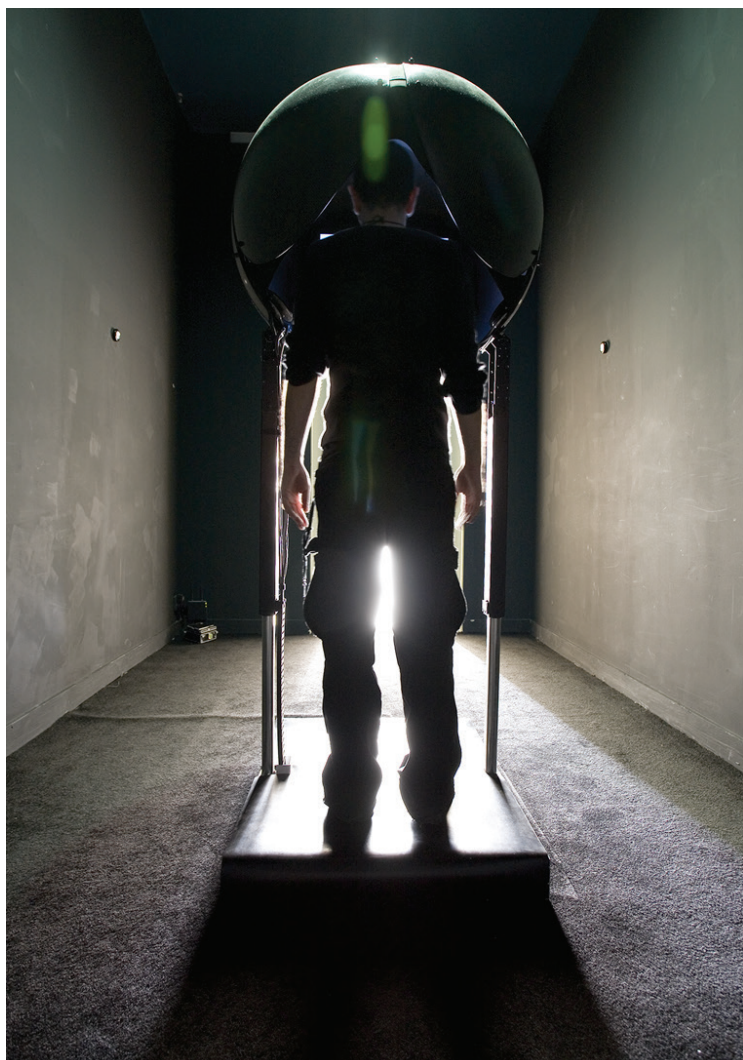
REFERENCES / LINK

feeldoppel.co.uk

www.wearable.com/health-and-well-being/living-with-doppel-wearable-change-mood-7270



anno 2007
autore Maurizio Martinucci, TeZ
stato arte



OBIETTIVO / FUNZIONE

Dispositivo che permette una fruizione sinestetica di prodotti audiovisivi all'interno di un ambiente immersivo.

DESCRIZIONE

L'oggetto avvolge l'utente e invia ad esso suoni (attraverso pannelli vibranti), vibrazioni (pedana vibrante a basse frequenze), immagini (schermo a distanza ravvicinata).

Gli elementi concorrono a creare una dimensione sensoriale multilivello.

REFERENCES / LINK

digicult.it/it/digimag/issue-048/thirty-years-of-ars-electronica-the-future-of-man-and-nature/

www.tez.it

anno 2016
autore Chris Salter + TeZ
stato arte

OBIETTIVO / FUNZIONE

Attraversamento di uno spazio sinestatico con l'utilizzo di dispositivi ancorati al corpo.

DESCRIZIONE

I visitatori indossano indumenti tra cui un cappuccio che rende la vista sfuocata e stringono nelle mani dispositivi tattili.

Lo spazio, caratterizzato da suoni, luci e sensazioni tattili, è in continua evoluzione e influenzato dalle azioni dei partecipanti stessi.

REFERENCES / LINK

phenomena.net/hf/

www.tez.it/



anno 1978
autore Laurie Anderson
stato arte

OBIETTIVO / FUNZIONE

Trasmettere suoni attraverso il contatto con un oggetto.

DESCRIZIONE

Sfruttando la conduzione sonora ossea, il dispositivo “tavolo” invia suoni e voci al visitatore che appoggia i gomiti e si tappa le orecchie con le mani.

REFERENCES / LINK

digicult.it/it/digimag/issue-048/thirty-years-of-ars-electronica-the-future-of-man-and-nature/



anno x - 2020
autore Quell
stato Prodotto commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

Dispositivo per la neurostimolazione in caso di dolore cronico dell'utente.

DESCRIZIONE

Il dispositivo è di tipo medico e di classe II FDA.

Esso si può personalizzare in base alle tue preferenze e alla tipologia di corporatura. Il dispositivo tiene traccia di attività, andatura, sonno e dolore. Ogni elettrodo ha una durata di due settimane alla fine delle quali va sostituito.

REFERENCES / LINK

www.quellrelief.com



anno 2018
 autore Amazon
 stato Prodotto per l'industria

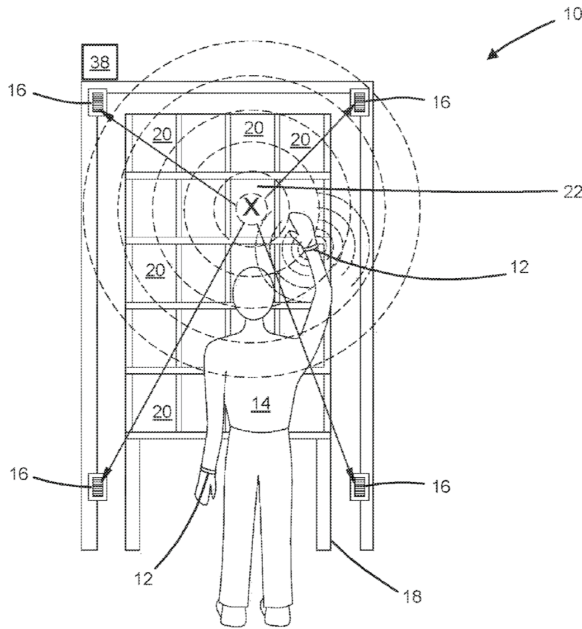


FIG. 1

OBIETTIVO / FUNZIONE

Aiutare l'orientamento del magazziniere.

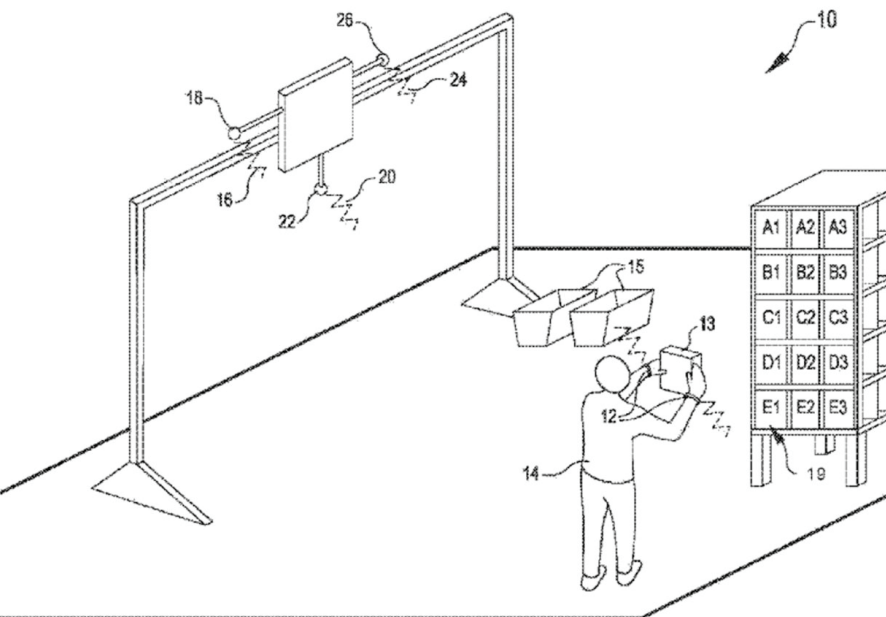
DESCRIZIONE

Dispositivo per supporto ai magazzinieri della ditta Amazon nell'individuare la merce all'interno dei grandi magazzini dell'azienda.

Il dispositivo emette vibrazioni in corrispondenza della zona dove si trova l'oggetto della spedizione.

REFERENCES / LINK

www.designboom.com/technology/amazon-patent-bracelet-warehouse-workers-02-01-2018/



anno 2016
autore Mattia Strocchi
stato Ricerca



OBIETTIVO / FUNZIONE

Rafforzare il movimento del braccio.

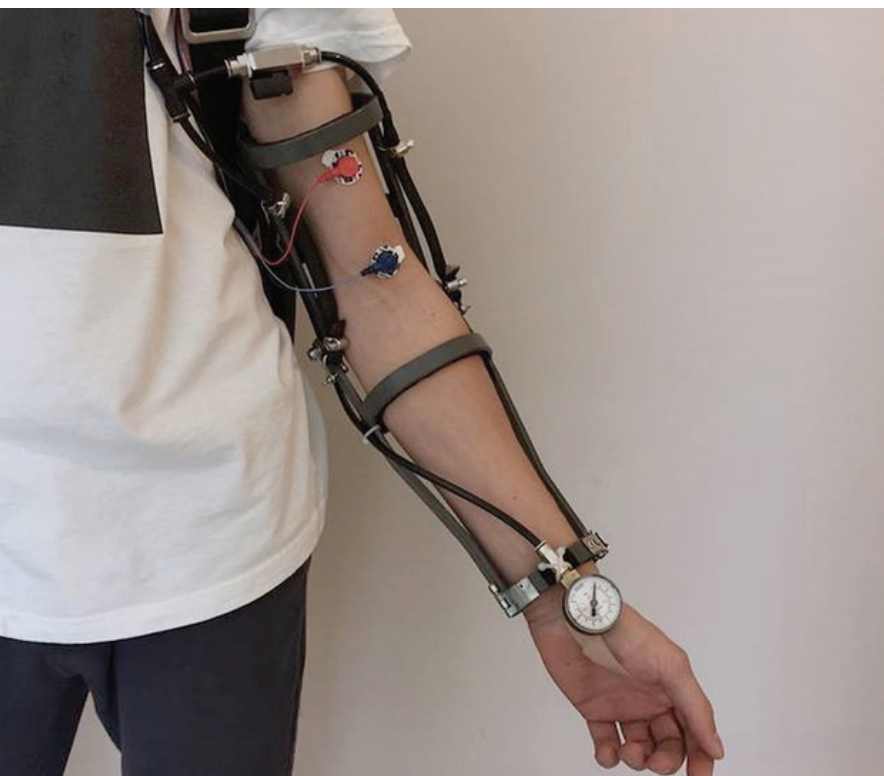
DESCRIZIONE

Il dispositivo ha lo scopo di aumentare la forza del braccio una volta che questo viene messo in azione. Il dato del movimento viene rilevato tramite un'elettromiografia.

REFERENCES / LINK

www.makerstation.it/ita/Blog/Mattia-Strocchi-crea-ORION,-l-esoschele-tro-che-viene-controllato-dai-muscoli

www.maketocare.it/story/orion



anno 2018
autore MIT
stato Ricerca



OBIETTIVO / FUNZIONE

Elementi pneumatici a protezione del corpo.

DESCRIZIONE

La ricerca indaga tipologie di attuatori pneumatici che utilizzano camere d'aria contigue a volumi e spessori variabili. Queste caratteristiche portano gli oggetti ad assumere caratteristici comportamenti.

REFERENCES / LINK

www.media.mit.edu/projects/spatial-flux/overview/



anno 2008
autore Prop
stato Prodotto commerciale



OBIETTIVO / FUNZIONE

Dispositivo per la protezione dell'anziano in fase di caduta.

DESCRIZIONE

Il dispositivo è costituito da una struttura pneumatica gonfiabile che si attiva quando l'anziano sta cadendo.

REFERENCES / LINK

www.repubblica.it/tecnologia/2017/07/09/news/ecco_l_airbag_da_indossare_salvera_gli_anziani_dalle_cadute-170321542/#gallery-slider=170319772

www.gazzetta.it/Passione-Motori/Moto/15-12-2013/moto-scooter-airbag-dainese-d-air-sicurezza-incidenti-201837898933.shtml



anno 2017
autore Google
stato Applicazione



OBIETTIVO / FUNZIONE

Inserire arte digitale all'interno dello spazio reale.

DESCRIZIONE

Il progetto è costituito da una applicazione mobile open-source che mostra animazioni in realtà aumentata. Le animazioni vengono create con l'applicazione stessa ed referenziate allo spazio reale. Gli utenti possono visualizzare le opere dell'ecosistema digitale in loco.

REFERENCES / LINK

experiments.withgoogle.com/norman-ar

anno 2014
autore Ultra Haptics
stato Prodotto commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

Sistema ad ultrasuoni per la creazione di forme tridimensionali sospese nell'aria.

DESCRIZIONE

Il dispositivo sfrutta un effetto derivato dagli ultrasuoni denominato "forza di radiazione acustica" per creare delle forme identificabili dalla mano umana.

REFERENCES / LINK

www.ultrahaptics.com/

www.pianetablunews.it/2014/12/09/ultrasuoni-utilizzati-per-creare-forme-3d-a-mezzaria-che-possono-essere-viste-e-sentite/



anno x - 2020
autore Shape Lab, Stanford
stato Ricerca

OBIETTIVO / FUNZIONE

Lo Shape Lab, diretto dal Prof. Sean Follmer, esplora il modo in cui i dati digitali possono essere tradotti in modo fisico e tangibile.

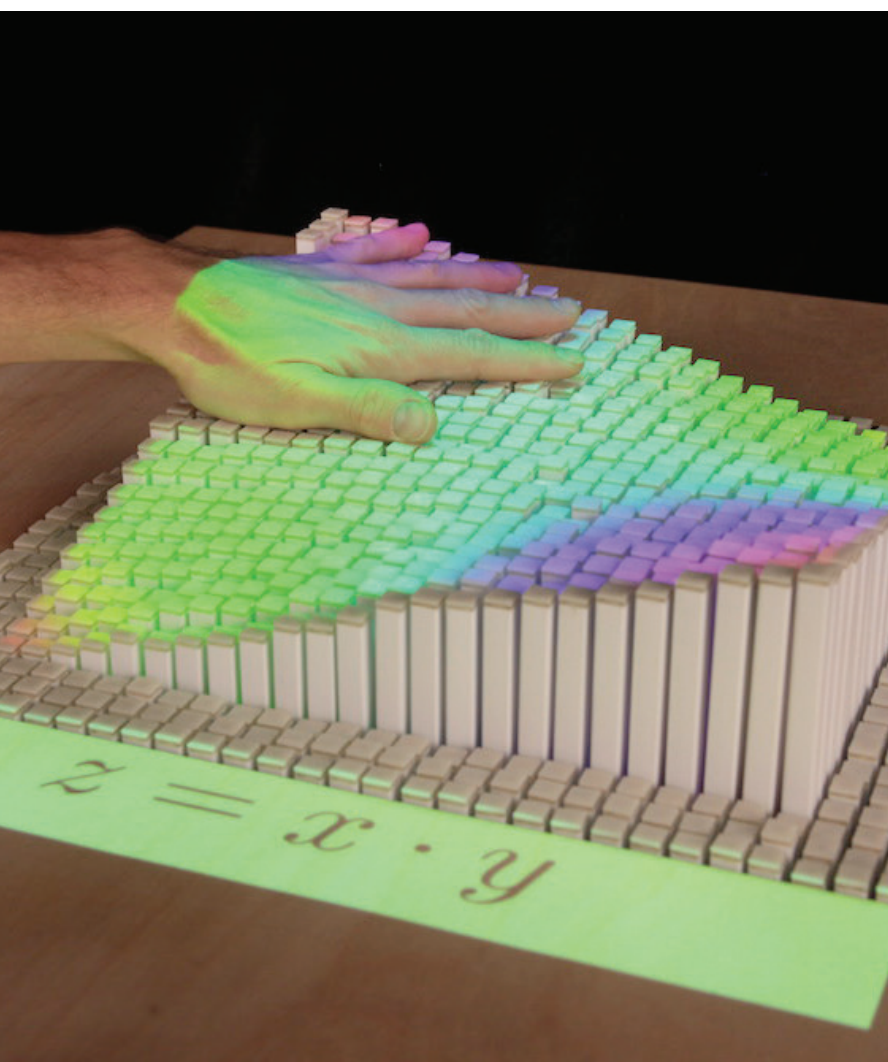
DESCRIZIONE

Sperimentazioni di griglie di attuatori lineari per la creazione di forme di rappresentazione del dato tridimensionali.

REFERENCES / LINK

www.ted.com/talks/sean_follmer_shape_shifting_tech_will_change_work_as_we_know_it#t-545765

shape.stanford.edu/



anno 2018
autore Carolyn Wegner
stato Ricerca

OBIETTIVO / FUNZIONE

Diminuire il carico cognitivo nell'interazione uomo-macchina.

DESCRIZIONE

Macchina di ventilazione per anestesia che assiste l'infermiere nel monitorare il paziente durante l'intervento chirurgico. Aero° integra la materializzazione dei dati con una manipolazione tangibile. Il sistema traduce i parametri digitalizzati in una forma dinamica che simula le condizioni polmonari.

REFERENCES / LINK

www.carolynwegner.com/aeroventilation



anno 2006
autore Newman, Trotti, Dainese, MIT
stato prodotto commerciale

**OBIETTIVO / FUNZIONE**

Lo scopo del progetto è alleggerire gli ingombri delle tute degli astronauti.

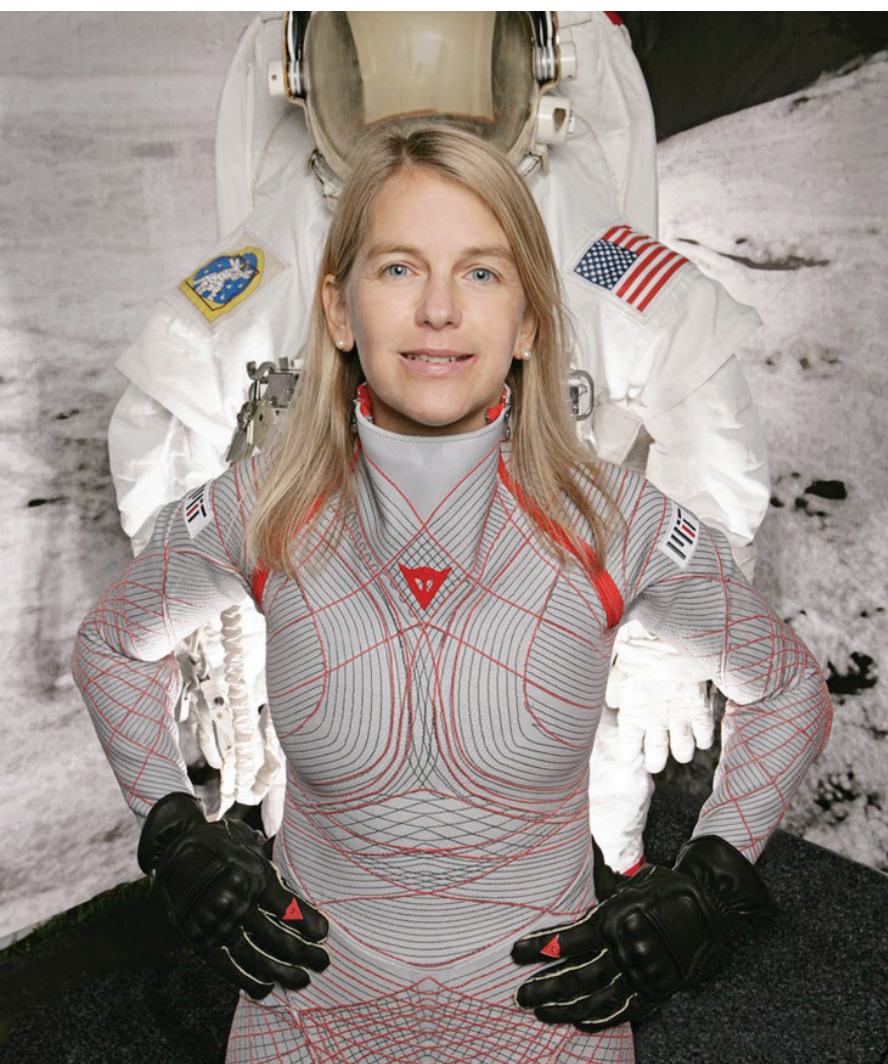
DESCRIZIONE

Il prodotto agisce attraverso il controllo delle pressioni interne al corpo tramite linee di non estensione.

Attraverso questa tecnologia la pressione del corpo rimane costante senza dover utilizzare i sistemi pneumatici standard.

REFERENCES / LINK

www.dainese.com/protection/space-suits/?lang=it



anno 2000
autore X-Bionix
stato prodotto commerciale



OBIETTIVO / FUNZIONE

Abiti che mirano ad un'alta efficienza in ambito sportivo dialogando con le dinamiche del corpo in movimento.

DESCRIZIONE

Le trame tridimensionali agiscono sulle linee di tensione del corpo umano esercitando compressioni durante il movimento.

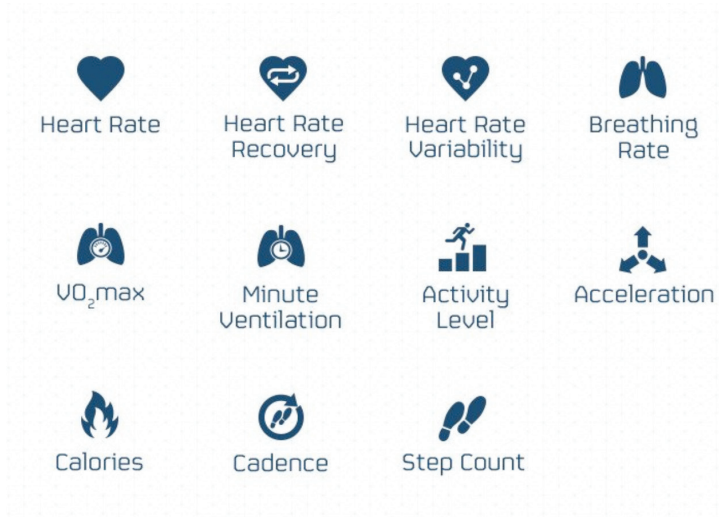
I tessuti tridimensionali consentono un maggiore controllo della temperatura e della traspirazione.

REFERENCES / LINK

www.x-bionic.com



anno 2006
autore Hexoskin
stato Prodotto commerciale



OBIETTIVO / FUNZIONE

Indumenti lavabili capaci di registrare dati sul corpo dell'utente.

DESCRIZIONE

I dispositivi proposti dall'azienda rilevano molteplici dati corporei: frequenza cardiaca, variabilità del battito cardiaco, frequenza respiratoria, volume respiratorio, passi, cadenza, calorie utilizzate durante un'attività, tempo di riposo.

REFERENCES / LINK

www.skin.com



anno x - 2020
autore Crux
stato Prodotto in fase di lancio



OBIETTIVO / FUNZIONE

Monitoraggio dell'idratazione umana.

DESCRIZIONE

Il prodotto monitora il livello di idratazione del corpo.

REFERENCES / LINK

www.cruxproductdesign.com/case-study/sixty-hydration-monitor



anno x - 2020
autore Ditto
stato Prodotto commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

Gerarchizzare il flusso di informazioni e notifiche che arrivano al corpo dai dispositivi digitali.

DESCRIZIONE

Il dispositivo è un piccolo modulo che esprime l'interazione con il corpo unicamente con la vibrazione. La semplicità del dispositivo deriva dalla volontà di ridurre al minimo le possibilità di generare focus attentivi su sé stesso. La gerarchizzazione delle notifiche avviene tramite applicazione.

REFERENCES / LINK

dittowearable.com



anno x - 2020
autore Shot Tracker
stato Prodotto commerciale



OBIETTIVO / FUNZIONE

Rilevare l'attività sportiva dei giocatori di basket per migliorare la performance.

DESCRIZIONE

I dispositivi sono in grado di rilevare le modalità di lancio del pallone e la posizione del giocatore nel campo. È possibile così ricostruire le azioni e fare analisi strategiche. Attraverso l'analisi dei dati l'atleta professionista è in grado di migliorare la performance.

REFERENCES / LINK

shottracker.com



anno 2003
autore Tyler, Kaczmarek
stato Ricerca

OBIETTIVO / FUNZIONE

Riconoscere immagini ad alto dettaglio per persone non vedenti.

DESCRIZIONE

Dispositivo atto a trasformare immagini in informazioni elettro-tattili sulla superficie della lingua

REFERENCES / LINK

[reader.elsevier.com/reader/sd/
pii/S1026309811001702?to-
ken=F3508EF2991D9F9E1C-
DA616E31593A66D7451DA3035F-
C5C3F2F7E3F6044D361F4BF-
74D7E84E51DEBC69295653E931E04](http://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1026309811001702?token=F3508EF2991D9F9E1C-DA616E31593A66D7451DA3035F-C5C3F2F7E3F6044D361F4BF-74D7E84E51DEBC69295653E931E04)



anno 2018
autore Kinetic
stato Prodotto pre-commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

Aiutare il lavoratore a prendere consapevolezza delle giuste posture di lavoro durante le attività.

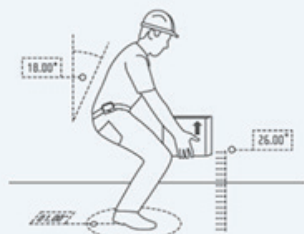
DESCRIZIONE

Il dispositivo si aggancia alla cintura del lavoratore e monitora le attività che lo mettono a rischio lesione: posture non sicure, avvio di veicoli, possibili scivolamenti e cadute.

REFERENCES / LINK

www.wearkinetic.com

www.wearable-technologies.com/2018/11/kinetic-raises-4-5m-for-its-wearable-reflex-aimed-at-reducing-workplace-injuries/

**BIOMECHANICAL ANALYSIS**
FOR WORKERS

Using sensors and biomechanical analysis, REFLEX can determine when your workers are moving with correct posture.

**REAL-TIME FEEDBACK**
FOR WORKERS

If excessive bending, twisting or reaching are detected, your workers get immediate feedback in the form of a light vibration.

anno x - 2020
autore Movesense
stato Prodotto commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

Monitorare la salute del corpo.

DESCRIZIONE

Nel case sono contenuti un accelerometro, un giroscopio, un magnetometro, un monitor della frequenza cardiaca e dell'ECG e un sensore di temperatura.

REFERENCES / LINK

www.movesense.com/movesense-md-sensor



anno x - 2020
autore Alex Posture
stato Prodotto commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

Aiutare l'utente a mantenere una postura corretta durante lunghe sessioni di lavoro in una postazione fissa. 28

DESCRIZIONE

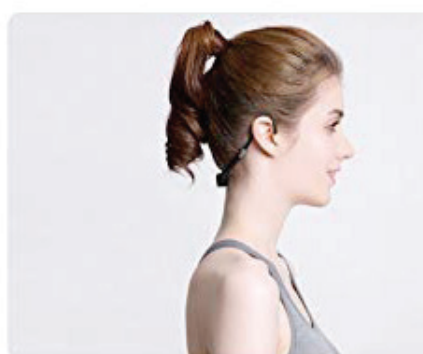
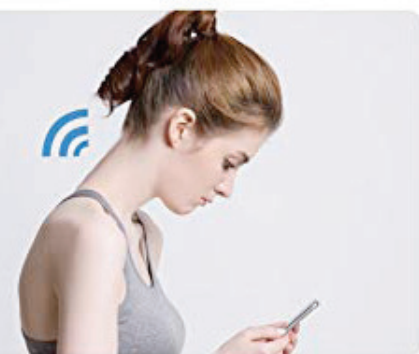
Il dispositivo, collocato sul retro del collo, analizza la postura e avverte con una leggera vibrazione la necessità di ricalibrare la posizione del corpo. Un'applicazione dedicata raccoglie e mostra i dati del corpo cercando di generare un miglioramento nel comportamento dell'utente.

REFERENCES / LINK

alexposture.com

Real-time reminding

Vibration when you make a bad posture



anno 2010
autore Hyong-Suk, Ji-hye, Park
stato Concept

OBIETTIVO / FUNZIONE

Misurare oggetti e spazi con il corpo.

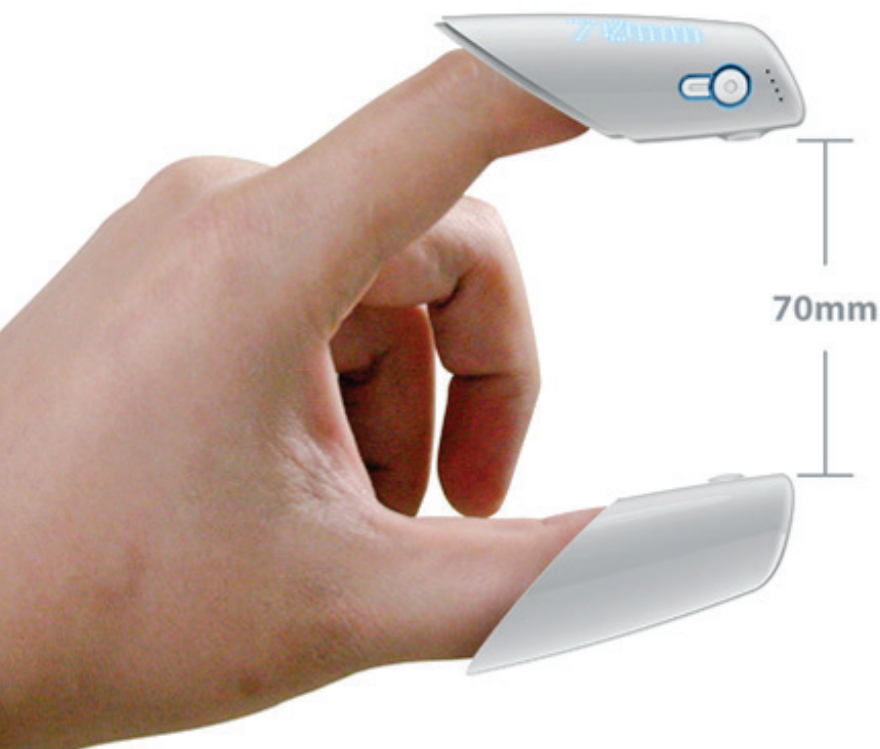
DESCRIZIONE

Oggetto indossabile dalle dita destinato a misurare piccoli oggetti o distanze iscrivibili tra le due dita.

REFERENCES / LINK

www.littlegatepublishing.com/2014/07/gadget-review-smart-fingers/

www.futurix.it/2010/09/smart-fingers-misurare-con-le-dita.html



anno x - 2020
autore Dot
stato Prodotto commerciale



OBIETTIVO / FUNZIONE

Orologio per non vedenti.

DESCRIZIONE

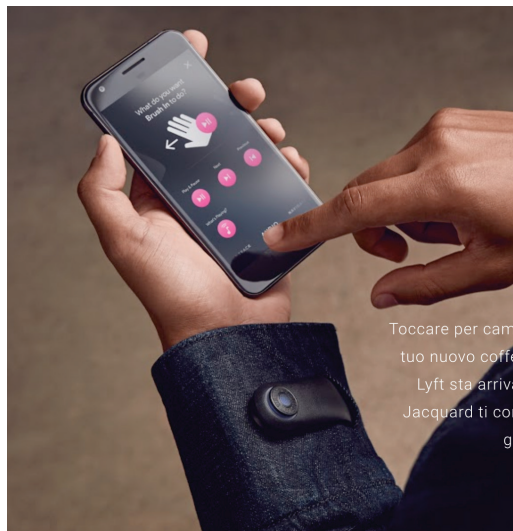
Il quadrante dell'orologio presenta un micro pattern di attuatori lineari capaci di attivarsi e comporre i caratteri dell'alfabeto Braille.

REFERENCES / LINK

dotincorp.com/store/dot-watch-off-white



anno x - 2020
autore Google, Levi's
stato Prodotto commerciale



OBIETTIVO / FUNZIONE

Giacca capace di rilevare le gestualità del corpo al fine di controllare i dispositivi digitali portatili.

DESCRIZIONE

Il dispositivo prevede l'inserimento di un modulo smart all'interno del polsino della giacca. Il modulo è sensibile al tocco e riconosce i gesti della mano.

REFERENCES / LINK

atap.google.com/jacquard



anno 2019
autore Soundbrenner
stato Prodotto commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

Metronomo indossabile.

DESCRIZIONE

Il dispositivo, collegato a smartphone o computer, permette di gestire gli impulsi metronomici dei brani. Il sistema riceve input da file DAW via MIDI e rilascia vibrazioni.

Il dispositivo è inoltre un accordatore, ha programmi predisposti all'apprendimento ritmico e monitora i decibel dell'ambiente.

REFERENCES / LINK

www.soundbrenner.com



anno 2020
autore Neosensory
stato Prodotto commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

Il dispositivo è destinato principalmente ai non vedenti e ha l'obiettivo di tradurre i suoni del contesto in cui si è immersi in pattern vibrazionali.

DESCRIZIONE

Il bracciale potenzia le sensazioni uditive attraverso la vibrazione. Il dispositivo aumenta la consapevolezza del corpo rispetto a ciò che sta avvenendo nell'ambiente. Il dispositivo isola i suoni di interesse eliminando il rumore di fondo.

REFERENCES / LINK

neosensory.com

neo.life/2019/01/the-wristband-that-gives-you-superpowers



anno 2019
autore Mimo Baby
stato progetto comm. chiuso

OBIETTIVO / FUNZIONE

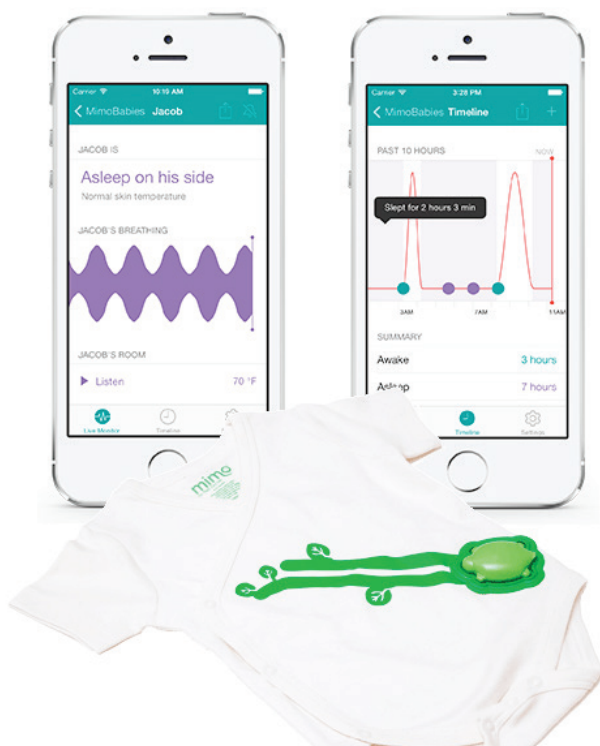
Prevenire la morte in culla del neonato.

DESCRIZIONE

Dispositivo per il controllo dei parametri vitali del bambino durante il sonno. Il dispositivo è composto da più parti: un'applicazione che notifica informazioni e mette in relazione i dati in grafiche; un body sensorizzato; un elemento che attiva elettronicamente il body indossato dal bambino e che contiene il processore e la batteria.

REFERENCES / LINK

www.mimobaby.com



anno x - 2020
autore Livall
stato Prodotto commerciale



OBIETTIVO / FUNZIONE

Comunicare la presenza e la direzione di svolta del ciclista nel traffico urbano.

DESCRIZIONE

Caschetto da bici con segnalatore di direzione controllabile tramite joystick sul manubrio.

REFERENCES / LINK

www.wearable.com/cycling/livall-bh51m-review

www.livall.com/English



anno 2002 - 2016
autore Cute Circuite
stato Prodotto commerciale



OBIETTIVO / FUNZIONE

Comunicare con una persona a distanza utilizzando sensazioni tattili distribuite sull'intero corpo.

DESCRIZIONE

Soundshirt (2016) è una maglia che consente la partecipazione dell'utente ad una esperienza immersiva in realtà aumentata; in particolare la maglia permette la percezione tattile della musica sul corpo.

Hugshirt (2002) è una maglia capace di restituire a distanza una sensazione di abbraccio. Il prodotto riesce a catturare la forza, la durata e la posizione del tocco e gli attuatori ricreano la medesima sensazione a distanza.

REFERENCES / LINK

cutecircuit.com/

www.youtube.com/watch?v=8V3X-QZZCED4

anno 2019
autore My Sgnl
stato Prodotto fuori commercio



OBIETTIVO / FUNZIONE

Ascoltare l'audio delle chiamate telefoniche senza smartphone vicino all'orecchio.

DESCRIZIONE

Dispositivo configurato a bracciale atto a creare telefonare utilizzando il corpo come mezzo conduttivo del suono.

REFERENCES / LINK

www.mysgnl.com



anno x - 2020
autore My Manu
stato Prodotto commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

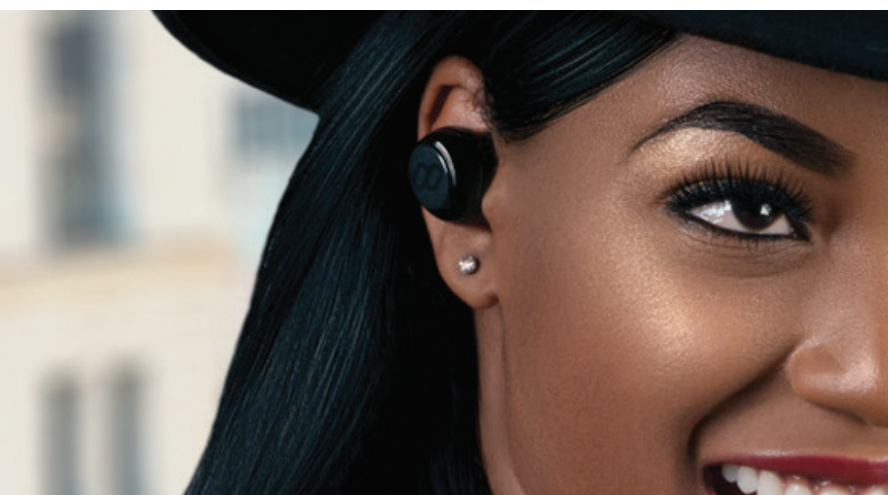
Traduzione audio in tempo reale di lingue differenti.

DESCRIZIONE

Auricolari capaci di leggere le informazioni uditive e riproporle in un audio tradotto in tempo reale nella lingua del ricevitore.

REFERENCES / LINK

www.mymanu.com/



anno 2014
autore Logbar
stato Prodotto fuori commercio

OBIETTIVO / FUNZIONE

Comandare a distanza oggetti digitali trami i gesti delle dita.

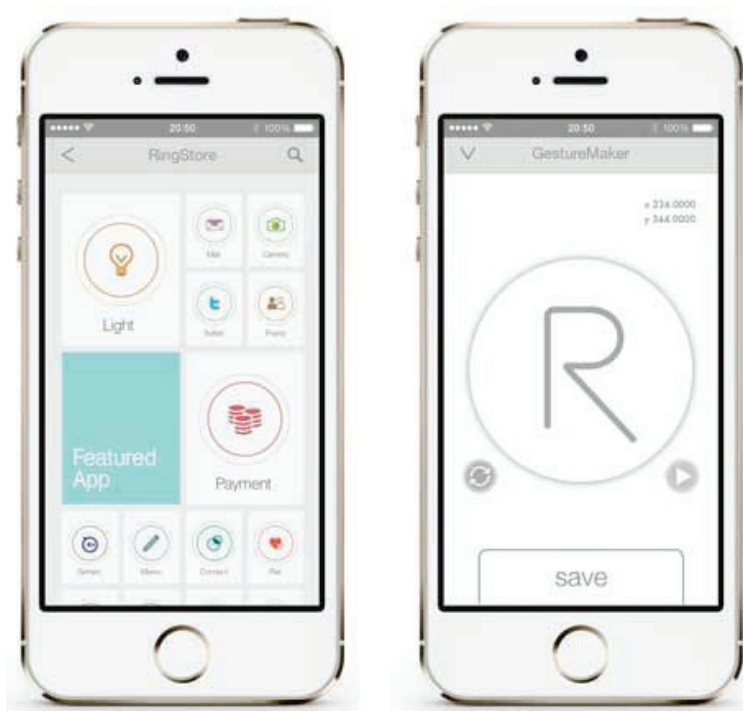
DESCRIZIONE

Il dispositivo si presenta come un anello e permette, tramite la registrazione dei movimenti della mano, il controllo dei dispositivi collegati al sistema. L'anello consente inoltre di inviare e comporre messaggi di testo disegnandoli nell'aria, effettuare pagamenti a distanza e ricevere notifiche.

REFERENCES / LINK

www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2572820/The-Bluetooth-ring-turns-finger-MAGIC-WAND.html

mashable.com/2014/03/03/bluetooth-ring/?europe=true#9V9u.MwFzZqr



anno 2015
autore Nicholas Caporusso
stato Ricerca

OBIETTIVO / FUNZIONE

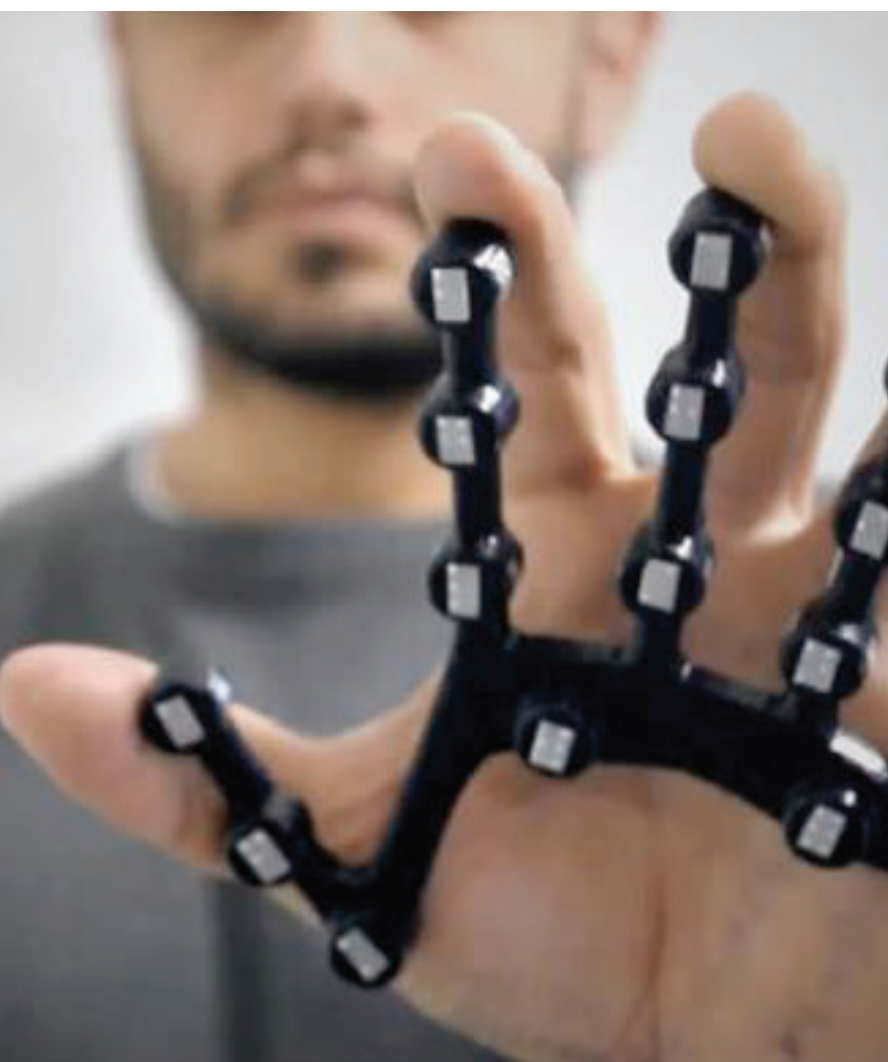
Dispositivo per la comunicazione di utenti sordociechi.

DESCRIZIONE

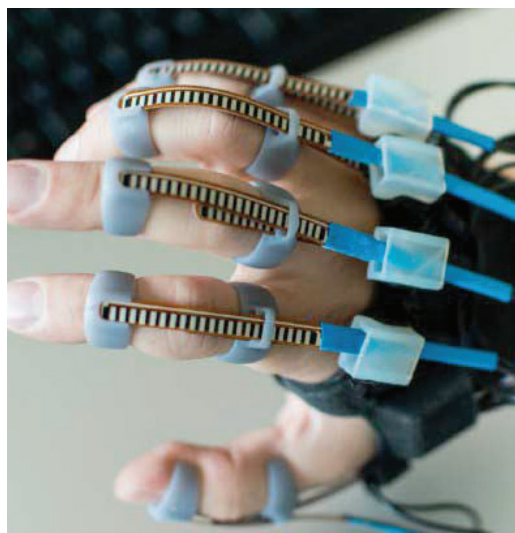
Il dispositivo si basa sull'alfabeto tattile Malossi e su quello Braille. Esso consente, attraverso sensori di forza distribuiti in specifici punti, di inviare informazioni e ricevere messaggi vibratorii.

REFERENCES / LINK

www.medaarch.com/dbglove-dalla-puglia-arriva-il-guanto-che-fa-comunicare-i-sordo-ciechi/25652



anno x - 2020
autore Università di Camerino
stato Ricerca

**OBIETTIVO / FUNZIONE**

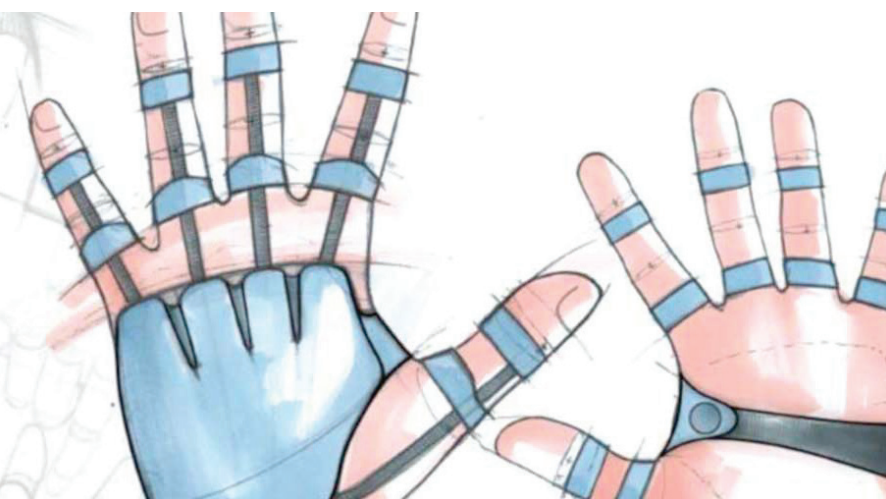
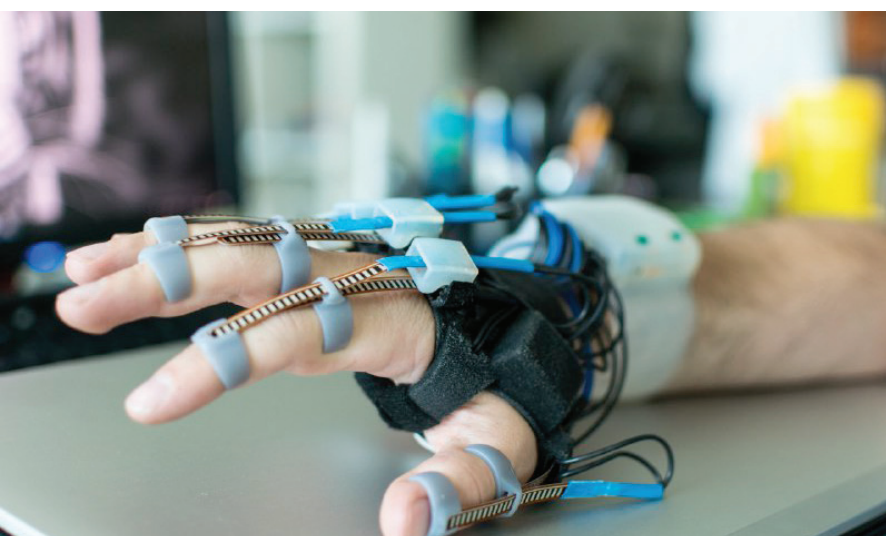
Traduzione di gesto in un segnale vocale sintetico.

DESCRIZIONE

Il dispositivo è pensato come un guanto. I gesti fatti con la mano vengono tradotti e trasmessi da un dispositivo audio ad esso collegato.

REFERENCES / LINK

www.limix.it/?fbclid=IwAR306HT8OjIc-Ii8EjjzhFIYM-dbPxWqbbTj7Tld4IjWtH3rsHUphYtU-qiq8



anno 2013
autore Peregrine
stato Prodotto commerciale



OBIETTIVO / FUNZIONE

Guanto per interagire con un ambiente digitale virtuale.

DESCRIZIONE

Il dispositivo, attraverso 17 punti di contatto garantisce un'alta qualità di controllo del movimento negli ambienti virtuali. Il guanto è configurabile dall'utente in base alle proprie caratteristiche gestuali.

REFERENCES / LINK

theperegrine.com/peregrine-glove/



anno 2018
autore Purdue University
stato ricerca

OBIETTIVO / FUNZIONE

Comunicare informazioni fonemiche al corpo tramite segnali aptici.

DESCRIZIONE

Attraverso un sistema composto da segnali vitrotattili il dispositivo, avvolgente l'avambraccio, invia informazioni tattili/fonemiche.

REFERENCES / LINK

www.repubblica.it/tecnologia/2018/09/06/news/la_sfida_di_facebook_messaggi_trasmessi_attraverso_la_pelle-205744730/

www.purdue.edu/newsroom/releases/2018/Q3/good-vibrations-purdue-researchers-develop-technology-that-uses-pulses-to-send-messages-through-the-skin.html



anno 2019
autore Roger Zambrano, Equala
stato prodotto commerciale

OBIETTIVO / FUNZIONE

Il dispositivo è pensato per essere di aiuto a cavalcare con costanza e precisione.

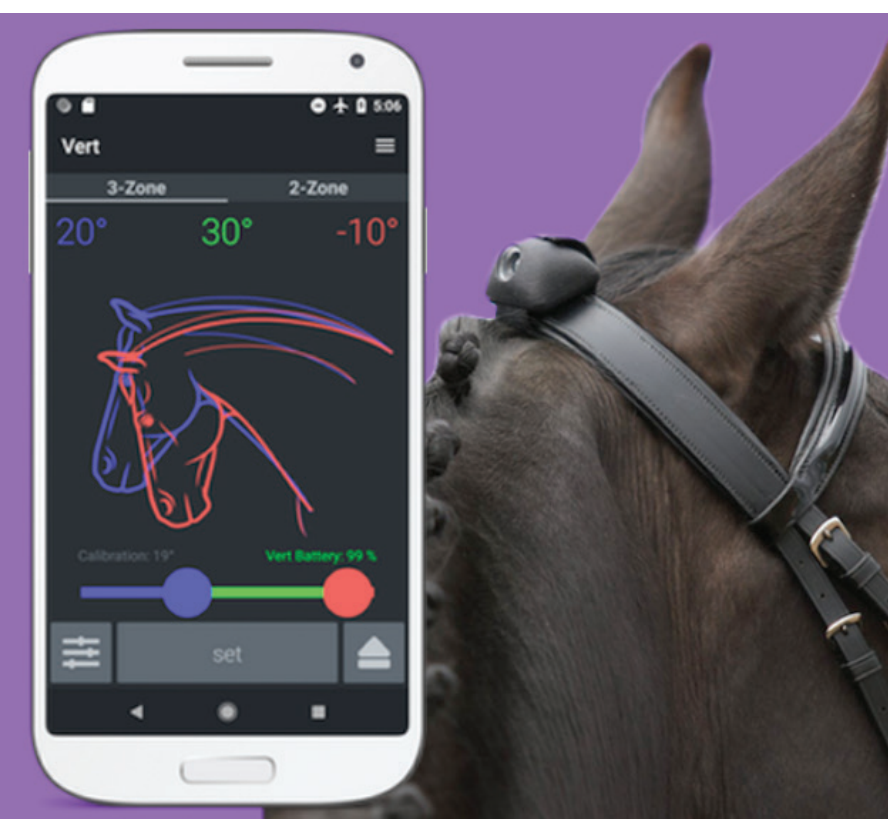
DESCRIZIONE

Il dispositivo offre un *feedback* luminoso che informa il fantino circa l'angolo della testa del cavallo in relazione alla verticale. Vengono inoltre raccolti e presentati sull'applicazione dati riguardo la velocità e i parametri cardiaci dell'animale.

REFERENCES / LINK

rogzam.com/vert

www.equ.la/



CASI STUDIO PIEDE / TECNOLOGIA

CATEGORIE DI CLASSIFICAZIONE

ATTIVARE IL PIEDE

Intervenire sulle caratteristiche del piede usualmente sotto utilizzate (sensibilità propriocettiva, tattile e resistenza anatomica)

COMPRENDERE IL CORPO

Raccogliere dati digitali che descrivano il comportamento del corpo nei contesti applicativi.

INFORMARE IL CORPO

Inviare informazioni al corpo in tempo reale

MODIFICARE IL CORPO

Attraverso trasformazioni modificare le caratteristiche stesse del corpo.

COMPRENDERE IL CONTESTO

Raccogliere dati dal contesto o rapportarsi con il contesto stesso

COLLEGARSI A TERZI

Collegarsi a persone e oggetti a distanza variabile.

MODIFICARE GLI OGGETTI

Modificare gli oggetti vicini al corpo senza modificare sostanzialmente lo stesso.

MODIFICARE IL CONTESTO

Attraverso il piede e il corpo modificare il contesto intorno al corpo.

L'appendice è un repository dei casi studio indaganti il rapporto tra la specifica area del piede e le tecnologie abilitanti. In esso sono raccolte le schede che descrivono ricerche, prototipi, prodotti artistici e commerciali. I casi studio sono classificati in base all'ambito di riferimento: *health*, comunicazione, sport, benessere, etc. Ulteriori categorie di classificazione sono introdotte per descrivere il tipo di intervento progettuale.

anno x - 2020
autore Orpix
stato in vendita

AMBITO **HEALTH,
DIABETE**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Misurare i livelli di pressione sulla pianta del piede e comunicare al paziente quando si rileva un pericoloso livello di alta pressione per un tempo prolungato.

ANALISI / COMMENTO

Il *feedback* audio visivo include la posizione del punto di alta pressione e le istruzioni che consentono a chi lo indossa di agire per alleviare la pressione della zona interessata. Il *feedback* inviato al paziente è facilmente comprensibile ed associa immediatamente un'azione da compiere.

INPUT

Livelli di pressione del piede.

OUTPUT

Feedback visivo/uditivo su smartphone.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

8 sensori di forza a 8 Hz

REFERENCES / LINK

www.orpyx.com/clinical-study



anno x - 2020
autore Leomo
stato in vendita

AMBITO **SPORT PRO**



Torso Rock, option 1



Torso Rock, option 2



Torso Angle



Torso Rotation

OBIETTIVO / FUNZIONE

Dispositivi per per l'analisi del movimento del ciclista.

ANALISI / COMMENTO

Il Pod centrale dialoga con 5 elementi contenenti i sensori di lettura del movimento dislocati in più punti del corpo del ciclista.

INPUT

Dati sul posizione e parametri del corpo.

OUTPUT

Comunicazione di parametri testuali e infografiche per l'analisi del movimento dell'atleta.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Accelerometro, Altimetro barometrico, ANT + (per sensori esterni), Bluetooth, GPS, Pannello touch capacitivo, Giroscopio Accelerometro.

REFERENCES / LINK

www.leomo.io



anno 2006
 autore Nike, Apple
 stato fuori commercio

AMBITO **SPORT**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Rilevare dati dal cammino durante l'allenamento sportivo amatoriale.

ANALISI / COMMENTO

Il progetto è stato uno dei primi che hanno indagato la raccolta dei dati tramite il piede a livello commerciale. Il progetto prevede che il pod contenente i sensori e la batteria sia aggrappato in vari modi alla scarpa: in un apposita tasca nella suola, aggrappato ai lacci delle scarpe o inserito dentro la linguetta. Il pod è capace di dialogare con l'ipod apple inviando dati allo stesso in tempo reale.

INPUT

Andatura, distanza, durata dell'attività, calorie bruciate.

OUTPUT

Visualizzazione grafica dei dati raccolti su smartphone

TECNOLOGIE UTILIZZATE

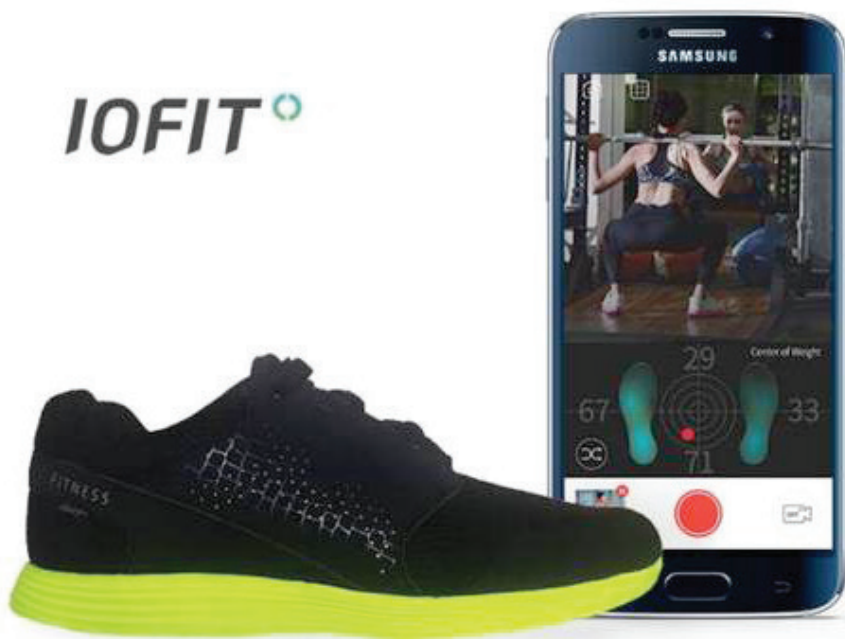
Il sistema utilizza l'accelerometro e il GPS dell'iPhone. All'interno del pod vi è un Trasmettitore wireless, un microcontrollore, una batteria al litio e un sensore piezoelettrico.

REFERENCES / LINK

www.nike.com/it/it_it/c/nike-plus

anno x - 2020
 autore Iofit
 stato in vendita

AMBITO **SPORT**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Analisi del movimento del gesto sportivo del golfista.

ANALISI / COMMENTO

La lettura dei dati avviene tramite i sensori presenti nella scarpa mentre l'analisi del gesto avviene tramite la visualizzazione dei dati in infografiche e elaborazioni delle immagini. L'analisi del movimento avviene sovrapponendo i dati raccolti con le immagini e i video rilevati tramite smartphone.

INPUT

Spostamento del peso, Modello COP (center of pressure), Immagini e video registrati.

OUTPUT

Feet pressure map, Trasferimento di peso destra/sinistra e tacco/punta, analisi del movimento, comparazioni.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Bluetooth, Batteria, Sensori di pressione, fotocamera.

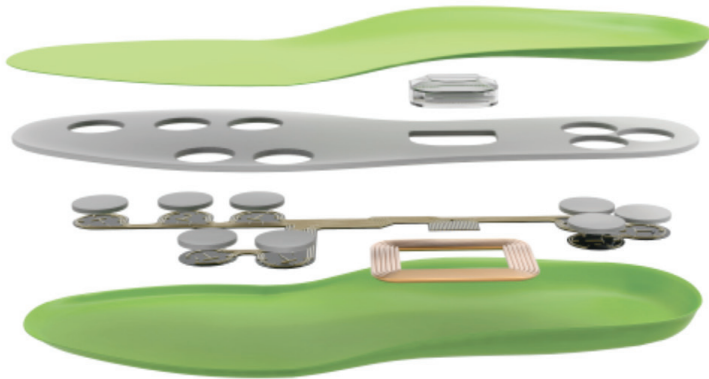
REFERENCES / LINK

iofitshoes.com
www.youtube.com/watch?v=5FKAgVcJTZQ
www.footsense.it



anno 2014
 autore footlogger
 stato prodotto presentato in fiera

AMBITO **SPORT,
 HEALTH**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Monitorare l'attività del corpo durante lo sport e la riabilitazione.

ANALISI / COMMENTO

Il dispositivo e la piattaforma sono forniti per applicazioni terze negli ambiti suddetti. La piattaforma fornisce registri giornalieri.

INPUT

Dati sul movimento.

OUTPUT

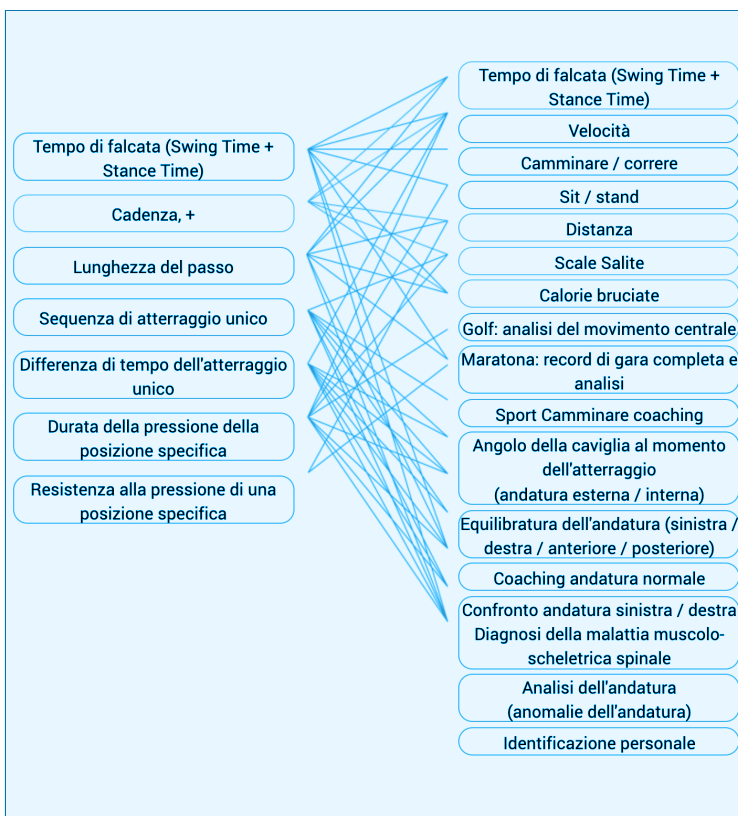
Interfaccia grafica di analisi del movimento.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

8 sens. di pressione, Accelerometro a 3 assi, Capacità di memoria di 50.000 impronte (50 Hz), Bluetooth, ricarica wireless, possibile aggiungere diversi tipi di sensori

REFERENCES / LINK

footlogger.com/hp_new/?page_id=11



anno 2014
autore Moov
stato in vendita

AMBITO **SPORT**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Dispositivo atto a monitorare l'attività sportiva.

ANALISI / COMMENTO

Risulta interessante la scelta di ancorare il dispositivo alla caviglia dell'utente. Il dispositivo si presta anche ad essere utilizzato nel polso.

INPUT

Raccolta di dati sul movimento.

OUTPUT

Infografiche su interfaccia digitale.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Il sensore a 9 assi Omni Motion™ di Moov cattura e analizza il movimento in 3D.

REFERENCES / LINK

welcome.moov.cc



anno 2015
 autore Moticon
 stato in vendita

AMBITO **RICERCA,
 BENESSERE**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Soletta dedicata alla ricerca e all'analisi del movimento.

ANALISI / COMMENTO

La soletta è pensata per essere utilizzata all'interno di qualsiasi calzatura. Viene fornito un database di dati associati ad una persona per i ricercatori che vogliono fare ricerca.

INPUT

Lunghezza del passo (m), velocità di camminata (m/s), distanza di camminata (m).

OUTPUT

Interfaccia grafica di analisi dei dati.

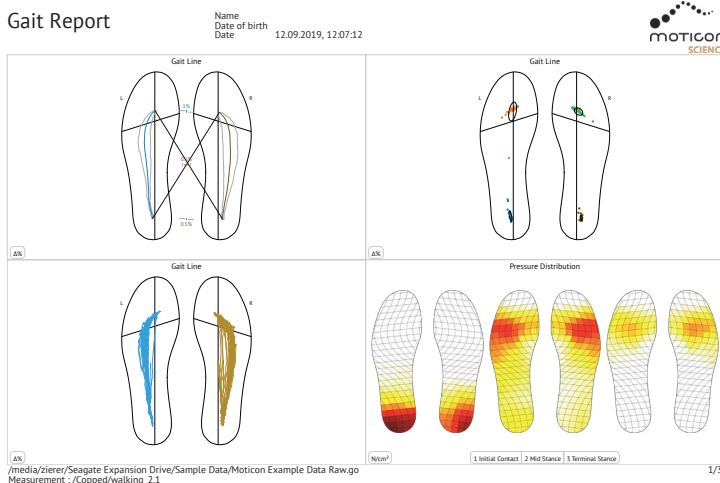
TECNOLOGIE UTILIZZATE

Giroscopio a 6 assi, 16 sensori di pressione, frequenza regolabile.

REFERENCES / LINK

www.moticon.de

icrowdnewswire.com/moticoncreators-of-opengo-worlds-first-wireless-sensor-insole-the-next-step-forward-in-wearable-tech-innovation



anno 2016
 autore Digitsole
 stato in vendita

AMBITO **SPORT,
 SALUTE,
 BENESSERE**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Monitoraggio dell'andatura e del movimento del corpo. La soletta gestisce la temperatura generando calore.

ANALISI / COMMENTO

Podosmart è un kit pensato per i professionisti che devono lavorare sui dati raccolti dalle solette come analisi posturale o della camminata. La soletta riesce a scaldarsi fino a 45°.

INPUT

Distanza coperta, tempo di attività, calorie bruciate, temperatura.

OUTPUT

Grafica di lettura dei dati, timer di riscaldamento, impostazione della temperatura.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Microprocessore brainux integrato nelle solette, applicazione di elaborazione dati, bluetooth.

REFERENCES / LINK

www.digitsole.com

anno 2015
autore Novel
stato in vendita

AMBITO **ANALISI
PROFESSIONALE**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Analisi sincronizzata con sistemi video per l'analisi del movimento e dell'andatura.

ANALISI / COMMENTO

Il sistema è collegato a solette sensorizzate elastiche che coprono l'intera superficie plantare del piede e a sensori a cuscinetto dedicati alle aree dorsale, mediale o laterale del piede. I sensori non vengono applicati unicamente alla soletta ma anche a lato del piede.

INPUT

Dati su movimento, raccolta immagini.

OUTPUT

Confronto dei dati tramite software professionale.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Bluetooth, scheda SD, Numero di sensori 85-99.

REFERENCES / LINK

www.novel.de/products/pedar



anno 2016
autore Altra
stato in vendita

AMBITO **SPORT**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Calzatura dedicata al monitoraggio della prestazione. Il sistema eroga consigli su atteggiamenti che possono migliorare la prestazione.

ANALISI / COMMENTO

Per registrare i movimenti del piede e le pressioni viene utilizzato un sensore a serpentina diverso dai più comuni sistemi di rilevazione con sensori di forza puntuali distribuiti con pattern più o meno densi.

INPUT

Comunicazione senza fili BLE, zona di impatto, forza d'impatto.

OUTPUT

L'applicazione invia *feedback* vocali durante la corsa per migliorare la prestazione, vengono fornite statistiche post-corsa.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

La suola contiene un piccolo blocco elettronico e un sensore distribuito sulla lunghezza della suola.

REFERENCES / LINK

www.altrafootwear.co.uk/torin-iq



anno 2018
autore Vivo Barefoot
stato prototipo

AMBITO **BENESSERE**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Riattivare la funzionalità del piede attraverso la rimozione di ogni supporto.

ANALISI / COMMENTO

L'applicazione di visualizzazione dei dati ha l'obiettivo di fare comprendere all'utente il rapporto con il terreno calpestato.

INPUT

Velocità, Andatura, Cadenza, traccia GPS, tecnica di atterraggio del piede, tempo a terra, punteggio di impatto, asimmetria e impegno in punta di piedi.

OUTPUT

Feedback audio-visivo in tempo reale.

REFERENCES / LINK

www.vivobarefoot.com/eu/blog/january-2018/vivobarefoot-x-sensoria



anno 2016
autore Run Scribe
stato in vendita

AMBITO **SPORT**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Analisi della corsa tramite la raccolta e l'analisi dei dati.

ANALISI / COMMENTO

Il dispositivo rappresenta una soluzione standard nel mercato adattabile a tutte le tipologie di scarpe. La posizione del pod è sul collo del piede.

Il sito che lo commercializza seleziona e suggerisce scarpe di differenti marchi.

INPUT

Frequenza del passo, tempo di contatto, rapporto di volo, footstrike, pronazione, velocità di pronazione, Impact Gs, Braking Gs, simmetria e potenza.

OUTPUT

Infografiche mostrate su smartphone e desktop.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Sensore di movimento a 9 assi, frequenza di campionamento di 500Hz, memoria flash integrata da 16 MB, Batteria ricaricabile.

REFERENCES / LINK

<https://runscribe.com>

anno 2015
autore Sensoria
stato in vendita

AMBITO **SPORT**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Raccolta e analisi dei dati per l'analisi del movimento.

ANALISI / COMMENTO

Punto di interesse del progetto è la stretta connessione dei sensori con il corpo grazie ai tessuti elastici conduttivi. Il pod ha inoltre diverse tipologie di aggancio.

INPUT

Misura velocità, distanza, falcata, accelerazione, calorie, ritmo, impatto al suolo.

OUTPUT

Visualizzazione grafica dei dati smartphone e desktop.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Sensori di pressione integrati nel tessuto della calza; cardiofrequenzimetro; processore collegato alla calza.

REFERENCES / LINK

www.sensoriafitness.com

anno 2013
autore Kenneth Shinozuka
stato prototipo

AMBITO **HEALTH**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Il dispositivo, attraverso un semplice *feedback*, avverte del movimento di un utente monitorato a distanza.

ANALISI / COMMENTO

Un sensore di pressione sotto il tallone del paziente viene attivato quando questo scende dal letto; a questo segue l'invio di una notifica su smartphone alla persona di riferimento.

INPUT

Modifica della resistenza elettrica del sensore.

OUTPUT

Feedback video/audio.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Sensore a pellicola con particelle elettroconduttive di inchiostro sensibili alla pressione.

REFERENCES / LINK

henexttech.startupitalia.eu/3096-20150911-shinozuka-google-science-fair-alzheimer

www.ted.com/speakers/kenneth_shinozuka



anno 2014
autore Lesia Trubat
stato prototipo

AMBITO **PERFORMANCE,
DANZA**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Generare grafiche sovrapposte a foto e video, descrittive del moto del corpo nello spazio.

ANALISI / COMMENTO

Dispositivo di *motion capture* applicato alle scarpe di una ballerina. Il dispositivo è collegato ad un software che permette di elaborare grafiche descrittive il moto nello spazio della persona.

INPUT

Registrazione del movimento della ballerina; fotografie; video.

OUTPUT

Immagini che sovrappongono l'elaborazione grafica del movimento e con le immagini fotografiche.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Arduino Lilypad, modulo sensori.

REFERENCES / LINK

cargocollective.com/lesiatrubat/E-TRACES-memories-of-dance



anno 2013
autore Owlet Baby Care
stato in vendita

AMBITO **PREVENZIONE**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Dispositivo per il monitoraggio della salute del bambino durante il sonno.

ANALISI / COMMENTO

Il dispositivo tiene traccia della frequenza cardiaca, dei livelli di ossigeno e del sonno del bambino. Il dispositivo può essere associato ad una videocamera per monitorare il neonato anche attraverso le immagini.

INPUT

Frequenza cardiaca, livello di ossigeno nel sangue. Possibilità di associazione con videocamera di sorveglianza.

OUTPUT

Applicazione con infografiche sui parametri e alarm nel caso ci siano valori fuori scala.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Sensore di frequenza cardiaca, sensore livello di ossigeno.

REFERENCES / LINK

owletcare.com

anno 2014
autore Carlos srl
stato prototipo funzionanti

AMBITO **FASHION**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Comunicare con smartphone e laptop attraverso il movimento del piede.

ANALISI / COMMENTO

Il caso studio risulta interessante in quanto è elaborato da una realtà italiana specializzata in calzature classiche *Made in Italy*.

Inoltre la calzatura nasce per controllare oggetti a distanza come lo smartphone.

Il sistema usufruisce del sistema Motus per l'analisi dell'andatura e la misurazione della distribuzione della pressione plantare.

INPUT

Dati monitoraggio movimento.

OUTPUT

Mappe della distribuzione della peso sui piedi.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Sensori di pressione, giroscopio, accelerometro.

REFERENCES / LINK

www.footmoov.com



anno 2000
 autore Paradiso, Hu, Hsiao
 stato prototipo di ricerca

AMBITO **RICERCA
 SCIENTIFICA**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Sperimentare le possibilità interattive tra musica e danza improvvisata collegando i movimenti del corpo all'emissioni di suoni.

ANALISI / COMMENTO

I dispositivi raccolgono informazioni su 16 parametri e li inviano ad una postazione dislocata a 30 metri. Il comportamento dei sensori è associato a librerie MIDI in modo che il movimento generi suoni. La scarpa diventa uno strumento musicale nei piedi del performer.

INPUT

Dati su posizione nello spazio.

OUTPUT

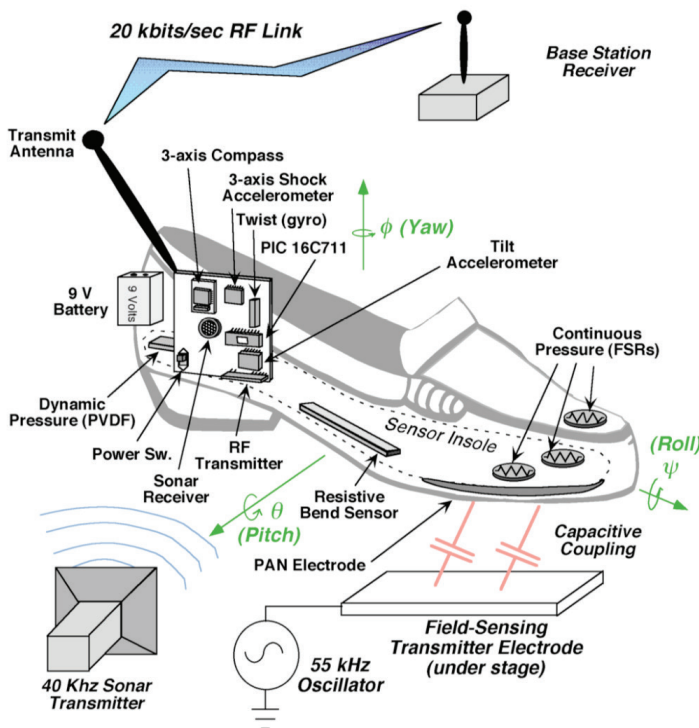
Musica associata ai movimenti.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Accelerometro 3 assi; giroscopio; compass 3 assi; 4 sensori di pressione; 2 sensori di flessione resistivi; altri sensori.

REFERENCES / LINK

Paradiso, J., Hu, E., & Hsiao, K. (s.d.). The CyberShoe: A Wireless Multisensor Interface for a Dancer's Feet. 7.



anno 2016
autore Eleven Inc, Virgin America
stato fuori commercio

AMBITO **FASHION**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Comunicare verso l'esterno tramite le immagini dinamiche poste in aree del corpo inconsuete.

ANALISI / COMMENTO

Il caso studio è l'unico caso in cui viene applicato uno schermo digitale alla scarpa.

Le sneakers sono dotate inoltre di un hotspot wi-fi e una porta usb per caricare lo smartphone.

INPUT

Dati provenienti dallo smartphone.

OUTPUT

Immagini sullo schermo.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Schermo, hotspot wifi, batteria.

REFERENCES / LINK

t3n.de/news/hightech-sneakers-wlan-hotspot-755843/



anno 2016
autore Bosh
stato prototipo

AMBITO **SICUREZZA
AUTOMOTIVE**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Pedale dell'acceleratore che avvisa il pilota rispetto la giusta pressione da tenere per ridurre i consumi. §In casi di possibile collisione il dispositivo avverte il conducente.

ANALISI / COMMENTO

Il caso studio evidenzia come i piedi possano avere ruolo di mediatori tra dati del contesto e il corpo.

INPUT

Sensori dell'automobile, dati dal cloud.

OUTPUT

Vibrazioni sul pedale e contropressioni.

REFERENCES / LINK

www.automotive-fleet.com/133455/bosch-s-smart-gas-pedal-promotes-fuel-consumption-safety



anno x - 2020
autore PODartis
stato in vendita

AMBITO **HEALTH,
DIABETE**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Consentire lo scarico pressoreo dell'area ulcerata rimuovendo gli inserti senza l'utilizzo della tecnica ad asporto.

ANALISI / COMMENTO

La tecnologia presentata attraverso la modularità riesce a dare risposte customizzate all'utente.

La soluzione non è reversibile.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

DiaPod®, Plastazote, Evaform, Inserti modulari. Copertura in Diapod dermocompatibile (proprietà battericide e fungicide testate).

Plastazote blu, automodellante. Base in Evaform.

REFERENCES / LINK

www.ortopediaodo.it/it/vetrina-odo/il-catalogo/prodotti-per-diabetici/calzature-per-piede-diabetico/podartis-modus-detail



anno 2016
autore Nike
stato in vendita

AMBITO **FASHION**



OBIETTIVO / FUNZIONE

La scarpa allarga e stringe le cinghie garantendo la chiusura e l'apertura della calzatura.

ANALISI / COMMENTO

Applicazione di un movimento complesso all'interno della scarpa che permette a due motori di stringere i lacci della scarpa.

La giusta tensione è regolabile con specifici tasti posti a lato della scarpa poco sotto la caviglia.

INPUT

Selezione da parte dell'utente della forza da applicare.

OUTPUT

Chiusura automatica della scarpa.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Batteria, mini motore a verricello, sensore di forza, tasti di comando per regolare la tensione.

REFERENCES / LINK

www.nike.com/it/launch/t/hyperadapt-1-0

www.ilpost.it/2016/12/08/nike-hyperadapt-1-0-scarpe-che-si-allacciano-da-sole/



anno 2015
autore Ylli
stato prototipo

AMBITO **RICERCA**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Accumulare energia elettrica sfruttando il movimento oscillatorio del piede.

ANALISI / COMMENTO

Il sistema di ricarica ha un ingombro non indifferente ma, integrato nel tacco, risulta risolto.

INPUT

Movimento del corpo.

OUTPUT

Energia elettrica.

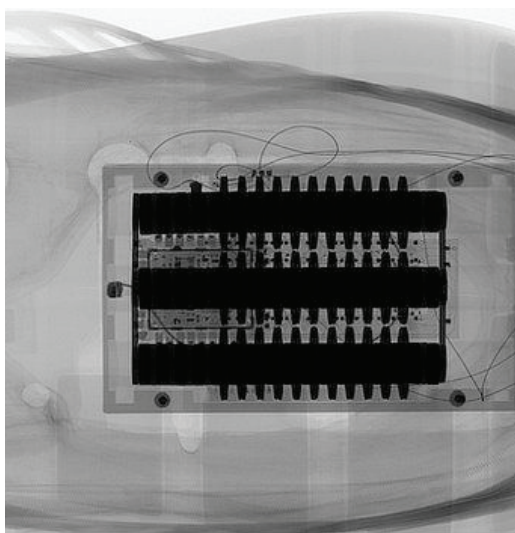
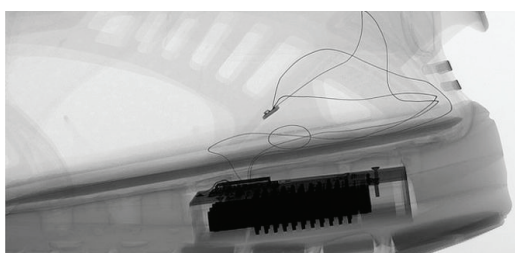
TECNOLOGIE UTILIZZATE

Generatore multibobina, accumulatore.

REFERENCES / LINK

www.bbc.com/news/science-environment-30816255

iopscience.iop.org/article/10.1088/0964-1726/24/2/025029



anno 2016
autore Nike
stato in vendita

AMBITO **SPORT**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Suola generata con geometrie parametriche customizzata sull'utente.

ANALISI / COMMENTO

Il prodotto rappresenta un caso studio in cui la tecnologia digitale è funzionale alla creazione di prototipi customizzati sugli atleti.

Questo modello è stato realizzato per il velocista Shelly-Ann Fraser-Pryce in occasione delle olimpiadi di Rio 2016.

INPUT

Parametri corporei dell'atleta.

OUTPUT

Suola customizzata.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Disegno parametrico della suola.

REFERENCES / LINK

www.dezeen.com/2016/06/29/nike-zoom-superfly-elite-shoes-100-metre-sprinter-shelly-ann-fraser-pryce-rio-2016-olympics/



anno 2014
autore Adidas
stato in vendita

AMBITO **SPORT**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Calzature dedicate al recupero dell'energia di impatto al suolo.

ANALISI / COMMENTO

Il caso studio risulta interessante perché sfrutta le proprietà elastiche di materiale e forma per creare una molla sottola scarpa.

INPUT

Energia di impatto.

OUTPUT

Energia trasmessa dalle molle.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Molle in materiale plastico per restituire energia durante la corsa.

REFERENCES / LINK

www.dezeen.com/2014/01/15/adidas-launches-springblade-razor-trainers-with-soles-made-of-curved-pads/

www.complex.com/sneakers/2014/03/everything-need-know-about-adidas-springblade-razor



anno 1989
autore Reebok
stato in vendita

AMBITO **SPORT**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Offrire massima aderenza con il piede attraverso la regolazione ad aria delle tensioni.

ANALISI / COMMENTO

Lo sviluppo della tomaia gonfiabile suggerisce alte potenzialità nello sviluppo di *feedback* aptici gestiti tramite la pressione.

INPUT

Aria immessa tramite sistema a pompa.

OUTPUT

Ancoraggio della scarpa al piede.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Camere d'aria a volumi variabili avvolgenti il piede.

REFERENCES / LINK

www.reebok.it/instapump_fury



anno 2014
autore Lechal
stato in vendita

AMBITO **ORIENTAMENTO
MONITORAGGIO**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Supporto della navigazione urbana per i non vedenti.

Raccogliere informazioni sull'andatura.

ANALISI / COMMENTO

La soluzione formale della scarpa prevede che la tecnologia sia alloggiata nel retro-tallone.

Le informazioni sono inviate all'utente tramite vibrazioni. Quando la batteria deve essere caricata viene inviata una notifica luminosa ed una vibrazione.

INPUT

Dati del corpo, dati di navigazione gps.

OUTPUT

Informazioni aptiche sulla navigazione.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Motion sensors, Capacitive touch sensors, Vibratori, GPS.

REFERENCES / LINK

[www.youtube.com/
watch?v=gpoTqkyqpoE](http://www.youtube.com/watch?v=gpoTqkyqpoE)

www.lechal.com/



anno 2018
autore Puma, MIT
stato prototipo

AMBITO **SPORT**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Breathing Shoe a seconda del calore generato dal piede attua una circolazione d'aria specifica.

Deep Learning Insole è un plantare che migliora le prestazioni atletiche grazie ad un *biofeedback* in tempo reale.

ANALISI / COMMENTO

Le Breathing Shoe utilizzano un tessuto capace di creare canali di traspirazione per mantenere il piede fresco.

Le Deep Learning Insole rilevano le modifiche batteriche attraverso uno strato di circuiti elettronici e li trasformano in dati tramite microcontroller.

I due progetti mettono in luce le qualità di alcuni materiali innovativi che riescono a rilevare le modifiche della biochimica del nostro corpo e dare così risposte molto customizzate all'utente.

INPUT

Raccolta di dati biochimici.

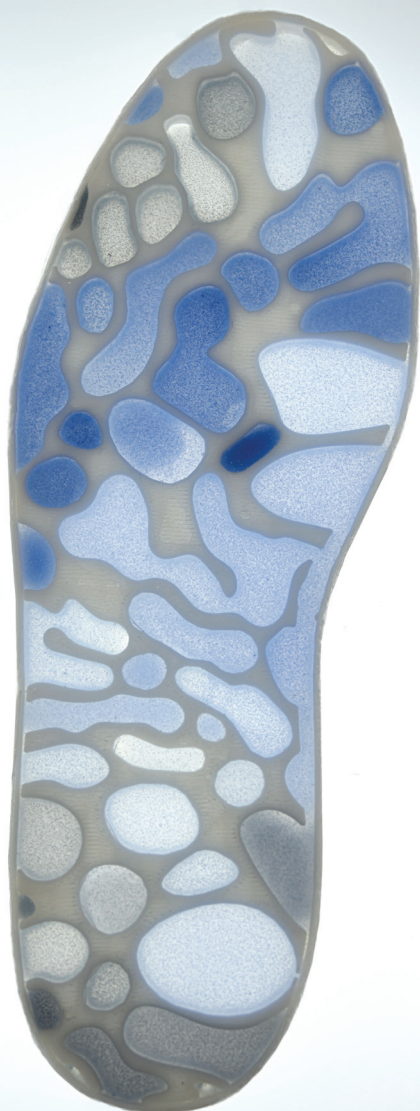
OUTPUT

Biofeedback

REFERENCES / LINK

it.materialconnexion.com/puma-e-mit-design-lab-insieme-nel-campo-del-biodesign/

design.mit.edu/projects/puma-biodesign



anno 2015
autore Aria
stato prototipo startup

AMBITO **QUOTIDIANO**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Raccogliere dati sul movimento, monitoraggio e modificare la temperatura all'interno della scarpa.

ANALISI / COMMENTO

La soletta Aria è l'unico caso studio che permette il raffreddamento della zona piede. Non si trovano informazioni sulle modalità in cui questa azione viene fatta.

OUTPUT

Temperatura della scarpa controllata; infografiche di analisi del corpo.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

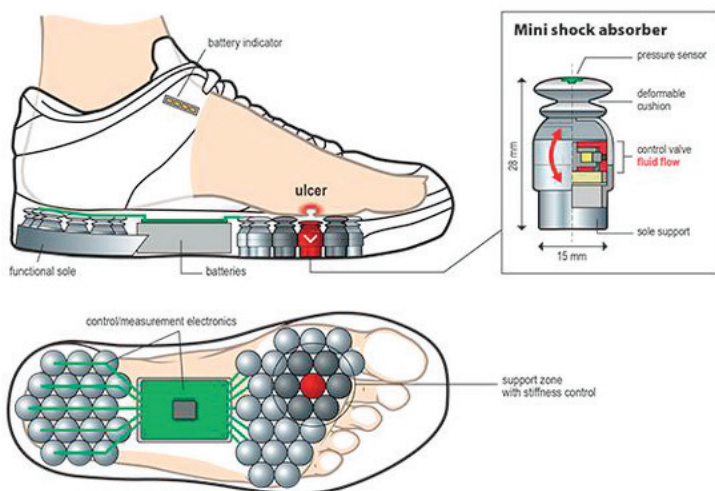
Connettività smartphone, cariche wireless, attuatori che riscaldano e raffreddano

REFERENCES / LINK

<http://www.ariawearables.com/>

anno 2016
 autore EPFL
 stato prototipo di ricerca

AMBITO **HEALTH**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Prevenzione delle piaghe nel piede diabetico.

ANALISI / COMMENTO

La suola ha 50 micro-valvole elettromagnetiche riempite con materiale magnetoreologico. Il fluido contiene particelle di ferro che, quando eccitate da un campo magnetico, reagiscono aumentando la viscosità del fluido e limitandone il movimento.

OUTPUT

Modifica della pressione in maniera puntuale.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Microvalvole a fluido magnetoreologico.

REFERENCES / LINK

diabetesnewsjournal.com/2016/03/09/smart-shoe-help-reduce-diabetes-amputations-developed-switzerland/sti.epfl.ch/page-130629-en.html



anno 2015
autore Neta Soreq
stato prototipi didattica

AMBITO **FASHION**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Sperimentazione in stampa 3D di scarpe da donna realizzate presso il Bezalel Academy of art and design, con la professoressa Eliora Lemmer Ginsburg.

ANALISI / COMMENTO

L'utilizzo di particolari conformazioni durante la stampa permette, oltre che raggiungere configurazioni formali accattivanti, anche la creazione di elementi strutturali leggeri e ammortizzanti.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Stampa 3d Nylon12

REFERENCES / LINK

www.dezeen.com/2016/01/24/video-energetic-pass-3d-printed-shoes-neta-soreq-fashion-footwear-design-movie/

www.virtualshoemuseum.com/neta-soreq/energetic-pass-i-d1/



anno x - 2020
autore Barefoot Company
stato in vendita

AMBITO **SPORT,
BENESSERE**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Offrire una minima protezione alla pelle del piede evitando tagli ed escoriazioni; nel contempo il prodotto permette una riattivazione del rapporto sensoriale tra piede e suolo.



ANALISI / COMMENTO

Il prodotto porta all'estremo la tendenza di praticare attività sportiva utilizzando meno attrezzatura e materiale.

REFERENCES / LINK

www.getfyf.com/products/fyf



anno 2000
autore Vibram
stato in vendita

AMBITO **SPORT**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Dare qualità al rapporto tra suolo e corpo attraverso la maggiore libertà delle dita e l'utilizzo di uno spessore della suola limitato.

ANALISI / COMMENTO

Il prodotto ridisegna radicalmente la forma della calzatura attraverso lo studio dell'anatomia umana.

REFERENCES / LINK

eu.vibram.com/en/shop/fivefingers/



anno 2015
autore MIT, Christophe Guberan
stato prototipo di ricerca

AMBITO **RICERCA**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Progetto di forme calzabili tridimensionali lavorate e pretensionate in bidimensionale attraverso apporti materici su tessuti elastici.



ANALISI / COMMENTO

Il caso studio offre una prospettiva interessante nell'indagine di materiali capaci di trasformarsi in presenza di tensioni progettate.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Stampa di materiale plastico su tessuto pre-tensionato.

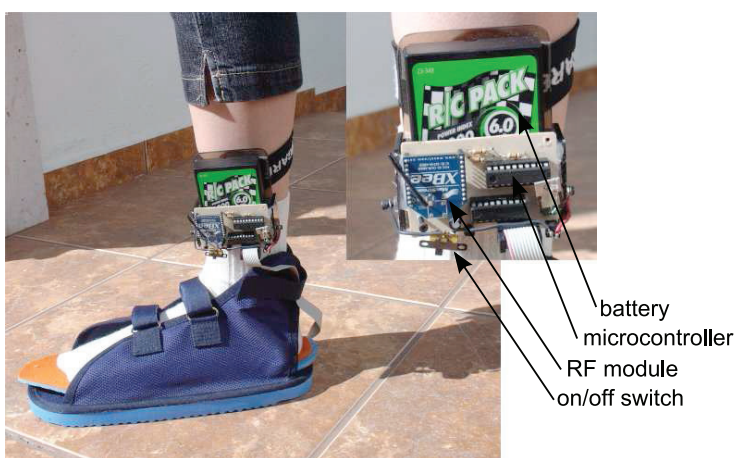
REFERENCES / LINK

selfassemblylab.mit.edu/active-shoes/



anno 2014
 autore Velazquez, Pissaloux
 stato prototipo di ricerca

AMBITO **RICERCA**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Il progetto ha l'obiettivo di verificare le potenzialità della comunicazione con il corpo tramite codici fonemici inviati tramite vibrazioni nel piede.

ANALISI / COMMENTO

Il progetto prende in esame la capacità della pianta del piede di riconoscere forme geometriche, movimenti, informazioni di direzione attraverso segnali aptici erogati nel piede.

OUTPUT

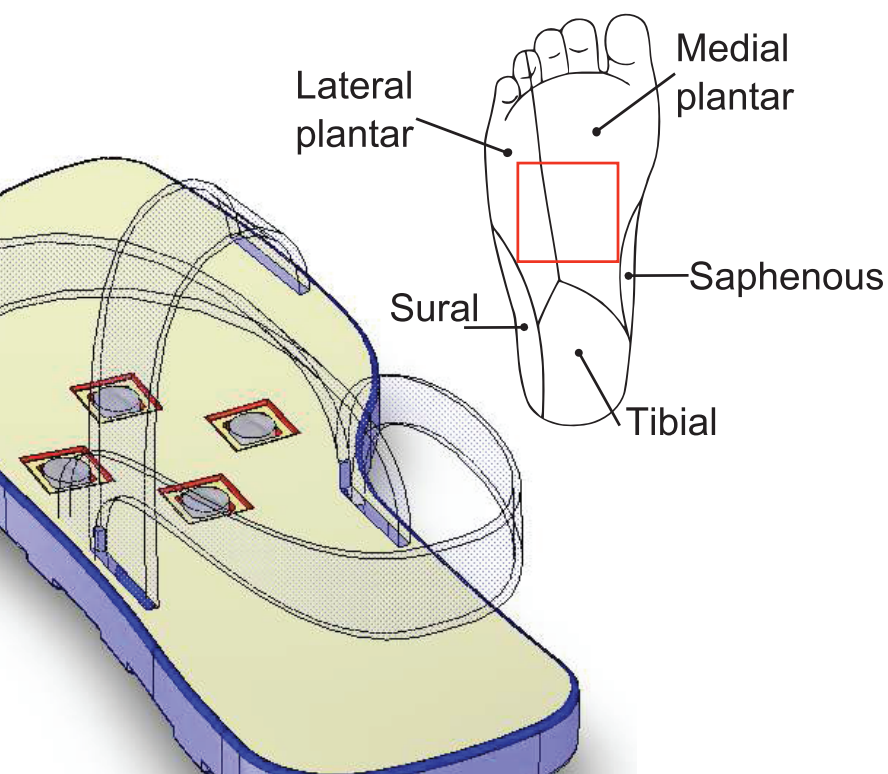
Sequenze di segnali aptici.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Microprocessore, attuatori di vibrazione.

REFERENCES / LINK

Velazquez, R., & Pissaloux, E. (2014). On human performance in tactile language learning and tactile memory. The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 96–101.



anno 2011
autore Papetti, Fontana, Civolani
stato prototipo di ricerca

AMBITO **RICERCA**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Interfaccia basata su calzature che consentono l'utilizzo di varie tipologie di strumenti musicali virtuali a percussione.

ANALISI / COMMENTO

Il *feedback* tattile/sonoro permette l'associazione delle caratteristiche fisiche del movimento con gli effetti di modulazione del suono.

INPUT

Quattro sensori di forza.

OUTPUT

Quattro attuatori che offrono un *feedback* audio-tattile.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Sensori di forza, attuatori di vibrazione, collegamento radio, elaboratori dati.

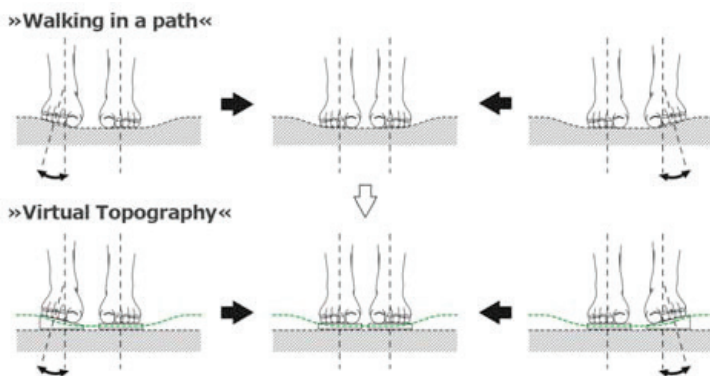
REFERENCES / LINK

Papetti, S., Fontana, F., & Civolani, M. (2011). Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression—30 May—1 June 2011. 5.



anno 2007
 autore Martin Frey
 stato prototipo di ricerca

AMBITO **RICERCA**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Progetto di interfaccia basata su *feedback* pneumatici che ha l'obiettivo di guidare l'ipovedente lungo un percorso.

ANALISI / COMMENTO

L'utilizzo di un *feedback* pneumatico nel piede è utilizzato raramente, in questo caso viene utilizzato creare inclinazioni della suola che portino il soggetto a modificare la direzione del movimento.

INPUT

Dati relativi alla navigazione utente nello spazio.

OUTPUT

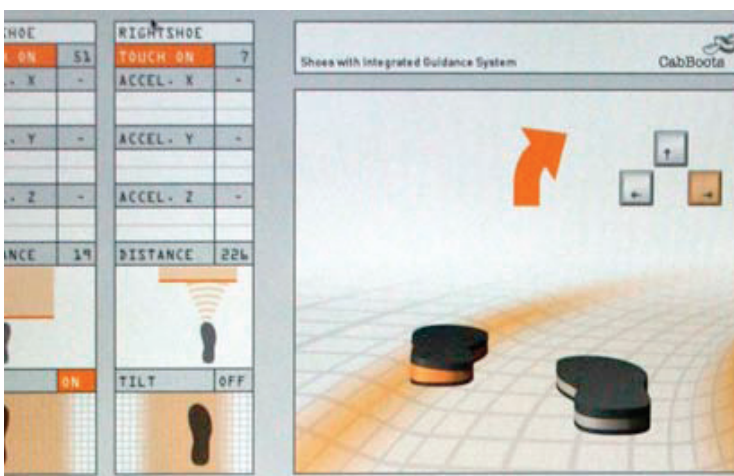
Inclinazione della suola tramite attuatori.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Servomotori, microcontrollore.

REFERENCES / LINK

Frey, M. (2007). CabBoots: Shoes with integrated guidance system. Proceedings of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction - TEI '07, 245.



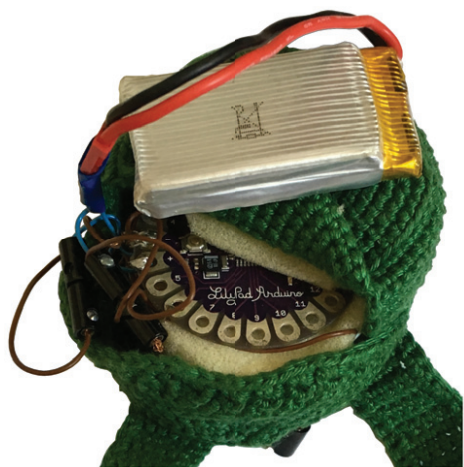
anno 2016
autore Feeken, Wasmann, Heuten, ...
stato prototipo di ricerca

AMBITO **RICERCA**

ClimbingAssist in use



CA is attached to the shoe with Velcro. The vibration motor is placed above the ankle.



Electronics in a cotched padded case.

OBIETTIVO / FUNZIONE

Comunicare all'atleta amatoriale eventuali posture scorrette durante l'esercizio dell'arrampicata.

ANALISI / COMMENTO

L'utilizzo di un *feedback* vibrazionale applicato ad una errata distribuzione del peso sul piede genera un'immediata consapevolezza e un atto motorio conseguente.

INPUT

Dati sulla posizione del corpo.

OUTPUT

Feedback vibrazionale.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Attuatori di vibrazione, accelerometro, giroscopio, sensore di forza.

REFERENCES / LINK

Feeken, C., Wasmann, M., Heuten, W., Ennenga, D., Müller, H., & Boll, S. (2016). ClimbingAssist: Direct vibro-tactile *feedback* on climbing technique. Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing Adjunct - UbiComp '16

anno 2005
autore Rovers, Van Essens
stato prototipo di ricerca

AMBITO **RICERCA**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Verificare la correlazione tra segnali vibranti erogati nel piede e servizi di messaggistica.

ANALISI / COMMENTO

La ricerca indaga un campo nel quale l'aptica è pensata come supporto comunicativo a programmi di messaggistica in cui la componente emozionale non riesce ad essere espressa nel suo potenziale.

INPUT

Messaggio vibrotattile.

OUTPUT

Messaggio vibrotattile.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

15 attuatori di vibrazione, chat di messaggistica.

REFERENCES / LINK

Rovers, A. F., & van Essen, H. A. (2006). Guidelines for haptic interpersonal communication applications: An exploration of foot interaction styles. *Virtual Reality*, 9(2-3), 177-191.

anno 1972
autore Keith Taft
stato prodotto unico

AMBITO **GIOCO
D'AZZARDO**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Gestire il conteggio delle carte durante il gioco del black jack.

ANALISI / COMMENTO

Il dispositivo era indossato nella scarpa e veniva gestito utilizzando l'alluce. La scarpa inviava al sistema di calcolo le informazioni tramite un linguaggio basato su due pulsanti collocati sopra e sotto l'alluce.

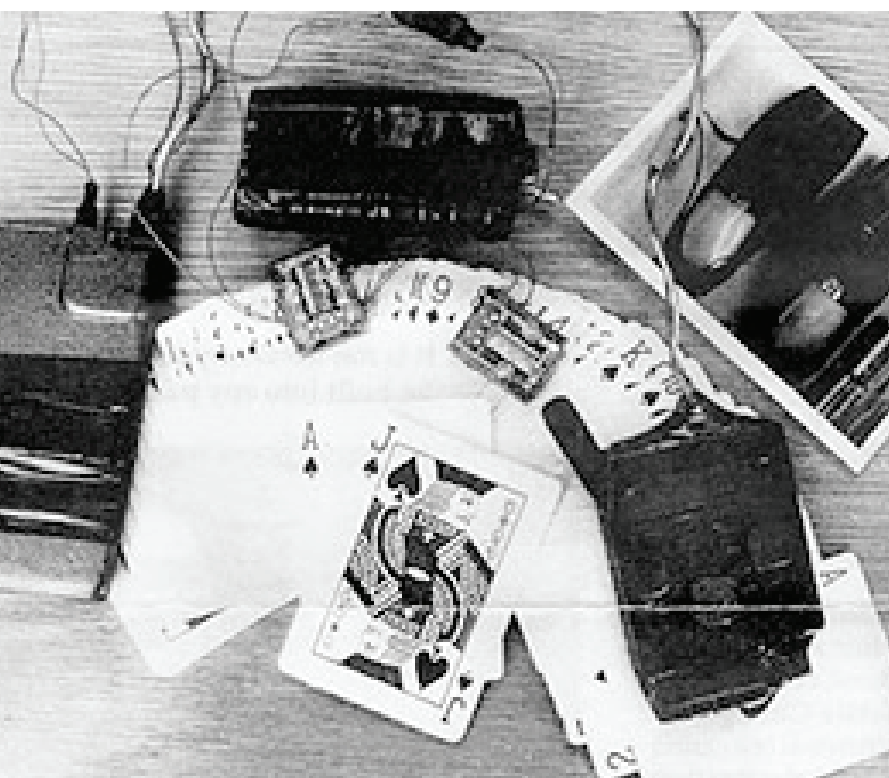
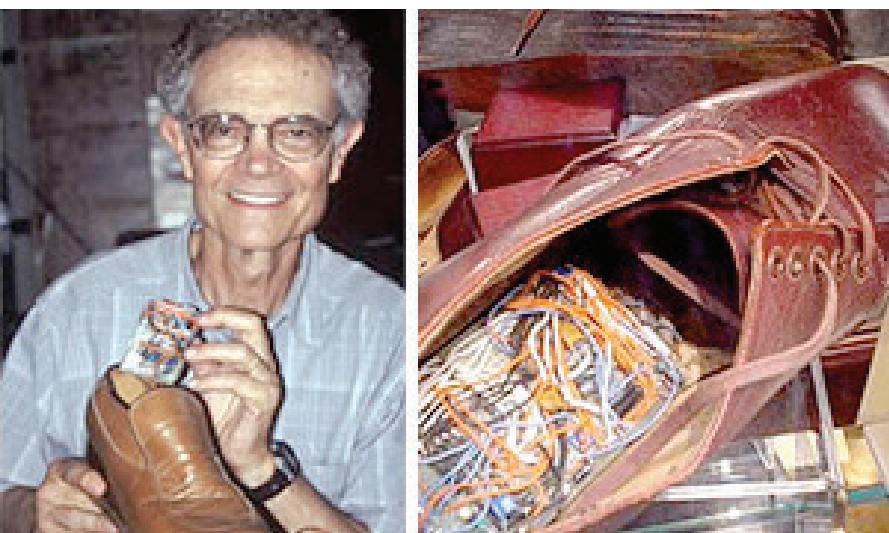
INPUT

Segnali di impulso inviati tramite i piedi.

REFERENCES / LINK

www.casinoitaliaweb.it/news-casino-live/3142-blackjack-hall-of-fame-keith-taft-giocatore-high-tech.html

www.gamblingsites.org/biographies/keith-taft/



anno 2020
autore Wahu
stato prototipo start-up

AMBITO **QUOTIDIANO**

OBIETTIVO / FUNZIONE

Adattare la forma della suola ai differenti tipi di terreno.

ANALISI / COMMENTO

Il dispositivo utilizza una serie di compressori per generare variazioni di orientamento e profondità nei tacchetti della suola.

INPUT

Sensori che riconoscono il tipo di terreno.

OUTPUT

Modifica della profondità e dell'orientamento dei tacchetti.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Sei compressori, sensori vari non dichiarati.

REFERENCES / LINK

<https://wahu.it/>

<https://video.repubblica.it/dossier/ces-2020/suole-intelligenti-sospensioni-digitali-e-robot-aiutanti-le-idee-italiane-premiare-al-ces-di-las-vegas/351783/352359?ref=RHPPBT-BS-I0-C4-P8-S1.4-T1w>



anno 2016
autore Geißler, Mühlenberend, Harnack
stato prototipo

AMBITO **RICERCA**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Creare un linguaggio aptico nel piede in grado di dare informazioni sia di navigazione sia semanticamente più complessi.

ANALISI / COMMENTO

La tecnologia a solenoidi comporta una maggiore precisione nel riconoscimento del punto del piede sollecitato rispetto alla vibrazione. La sensazione provata viene anche percepita come maggiormente naturale da parte del ricevente rispetto la vibrazione.

OUTPUT

Invio di informazioni tramite i solenoidi.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

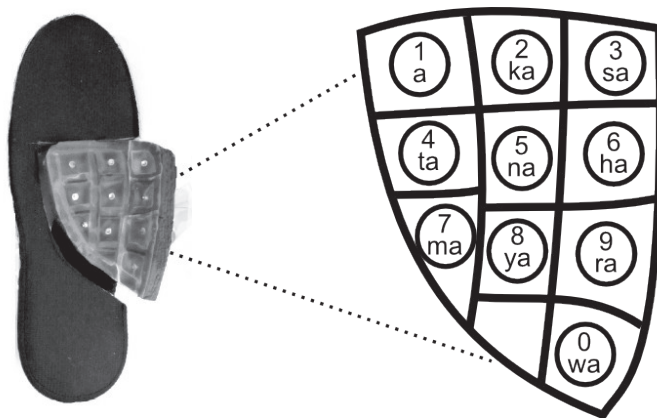
Sette solenoidi.

REFERENCES / LINK

Geißler, E., Mühlenberend, A., & Harnack, K. (2016). Sensole: An Insole-Based Tickle Tactile Interface. *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction - TEI '16*, 717–722.

anno 2014
autore Hill, Hatano, Fujii, Watanabe
stato prototipo

AMBITO **RICERCA**



OBIETTIVO / FUNZIONE

Ricevere informazioni attraverso un linguaggio aptico/fonemico applicato alla suola delle scarpe.

ANALISI / COMMENTO

Il caso studio dimostra la potenziale complessità di un segnale aptico erogato sulla pianta del piede.

I ricercatori affermano di riuscire, dopo un periodo di addestramento, ad inviare messaggi corrispondenti a brevi e-mail.

INPUT

Messaggi di testo.

OUTPUT

Composizioni di vibrazioni associate a fonemi.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

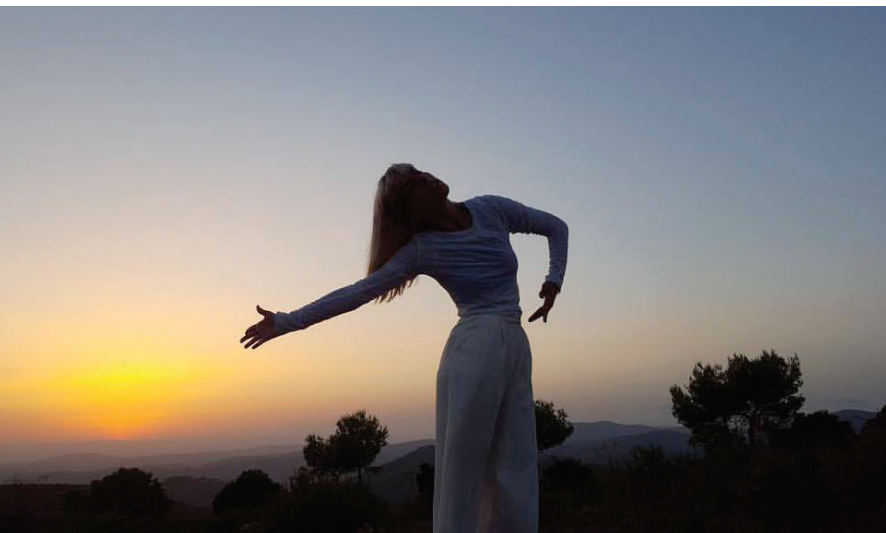
Dieci elettromagneti.

REFERENCES / LINK

Hill, E., Hatano, H., Fujii, M., & Watanabe, Y. (2014). Haptic foot interface for language communication. Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference on - AH '14, 1-4

anno 2010
autore Moon Ribas
stato oggetto unico

AMBITO **PERFORMANCE,
CYBORG**



OBIETTIVO / FUNZIONE

L'artista/cyborg ha impiantato nel proprio corpo un attuatore di vibrazione che, collegato ad un sistema online, le permette di percepire con il tatto i terremoti dell'intero pianeta attraverso le vibrazioni.

ANALISI / COMMENTO

L'artista, con il fine di condividere la propria esperienza, ha utilizzato questo sistema per una performance dal titolo "Aspettando in Terremoti" in cui la Terra rappresenta il compositore mentre l'artista stessa diventa interprete tramite i movimenti del proprio corpo.

INPUT

Informazioni sull'attività sismica globale.

OUTPUT

Vibrazioni nel corpo.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Database dei dati sismici mondiale, attuatori di vibrazione sottocutanei.

REFERENCES / LINK

www.cyborgarts.com

anno 1999
autore VectraSense
stato fuori commercio

AMBITO **PERFORMANCE,
CYBORG**

OBIETTIVO / FUNZIONE

La scarpa adatta la suola all'attività del corpo umano.

ANALISI / COMMENTO

Questa scarpa rappresenta l'unico caso studio in cui la pressione agisce sul piede in modo dinamico attraverso una superficie.

INPUT

Analisi del movimento del corpo.

OUTPUT

Modifica della quantità di aria presente nella vescica interna.

TECNOLOGIE UTILIZZATE

Sensore di forza, Microcompressore, Sacca per l'aria.

REFERENCES / LINK

www.technovelgy.com/ct/Science-Fiction-News.asp?NewsNum=123

