

## INDICE

●	PRESENTAZIONE Medardo Chapponi	8/200
●	PREFAZIONE Giuseppe Lotti	10/200
●	INTRODUZIONE Carla Langella   Gabriele Pontillo	12/200
●	<b>I. Design Medicale</b>	
	Il ruolo del design nel settore health Carla Langella	19/200
	L'individuo al centro del processo Carla Langella	21/200
	Design per la salute e politiche di sviluppo Carla Langella	26/200
	L'evoluzione del design biomedicale in Italia e all'estero Gabriele Pontillo	30/200
	Design per il settore farmaceutico Carla Langella	49/200
●	<b>II. Design Medicale nell'Era Digitale</b>	
	Il corpo come piattaforma trans-digitale Carla Langella	63/200
	L'intersezione tra design medicale e digitale Gabriele Pontillo	65/200
	Che ruolo può avere il design nell'intersecare tecnologie digitali e salute? Carla Langella	68/200
	Dispositivi indossabili per il monitoraggio Gabriele Pontillo	69/200
	Classificazione per argomenti di ortesi e tutori Gabriele Pontillo	72/200
●	<b>III. Modellazione e sistemi di fabbricazione digitale</b> Gabriele Pontillo	
	Design medicale e tecnologie digitali	97/200
	Strumenti e tecnologie per il design biomedicale	104/200
	Materiali e tecnologie per la stampa del biomedicale	107/200
	3D printing on Textile: La tecnica della stampa 3D su tessuto	114/200
●	<b>IV. Approccio ibrido</b> Carla Langella	
	Biomimetica e biomedicale	123/200
	Sinergie disciplinari	129/200
	Design biomedicale nell'Hybrid Design Lab	135/200
●	CONCLUSIONI	186/200
●	BIBLIOGRAFIA	188/200

Il libro di Carla Langella e Gabriele Pontillo affronta argomenti di grande attualità e prospettiva come lo sono i mutamenti e i progressi introdotti nel campo della salute e del benessere grazie alle opportunità offerte dalle innovazioni tecnico-scientifiche e alla loro applicazione tramite il design. D'altra parte, questo forte orientamento al futuro ha profonde radici nella storia della medicina, dal momento che questo settore è sempre stato tra quelli più aperti e disponibili nei confronti delle innovazioni.

Gli autori mettono giustamente l'accento su una peculiarità particolarmente rilevante del design, ossia la centralità data agli utenti dei prodotti e degli artefatti comunicativi. Va, peraltro, rilevato che nel caso dei dispositivi medicali siamo in presenza di una gamma piuttosto variegata di utenti. Accanto a utenti "passivi" come i pazienti ce ne sono diversi altri "attivi" come i medici, gli infermieri e i tecnici. D'altronde, proprio grazie all'impiego delle innovazioni tecnologiche, anzitutto l'insieme delle tecnologie digitali, il panorama degli utenti muta e con esso anche le caratteristiche dei dispositivi medicali.

Basti pensare allo spostamento in ambito extra-ospedaliero e domestico di attività di diagnosi, controllo, cura e riabilitazione che prima avevano l'ospedale come luogo deputato. Questo apre la strada a diverse e interessanti prospettive: semplifica la vita dei cittadini che non necessitano più di recarsi con frequenza in ospedale, alleggerisce il carico di lavoro degli ospedali consentendo loro di concentrarsi sui compiti loro propri, permette ai cittadini di essere maggiormente informati sul proprio stato di salute, tiene conto di diverse culture del corpo e, come scrivono gli autori, pone l'individuo al centro del processo.

Mutano di conseguenza le caratteristiche dei dispositivi medicali che non sono più utilizzati in ospedale da medici e tecnici specialisti ma in ambiente domestico da cittadini con una scarsa, o addirittura nulla, competenza specifica. Sono pertanto assimilabili a oggetti d'uso quotidiano e i criteri di progettazione rispondono a nuove e differenti esigenze quali una modalità d'uso che garantisca le necessarie accuratez-

za e precisione dei risultati ottenuti, la volontà dei cittadini di essere correttamente e pienamente informati sul proprio stato di salute, la necessità di dare ai dispositivi medicali una forma "mimetica" che non lasci trasparire le patologie di chi li utilizza nella vita quotidiana.

Un'ulteriore, importante, possibilità offerta dalle tecnologie già oggi disponibili è il superamento del concetto di "utente medio" e la personalizzazione più o meno spinta dei dispositivi. Tema questo che ha trovato il dovuto rilievo nel libro di Carla Langella e Gabriele Pontillo nel momento stesso in cui gli autori hanno deciso di prestare una particolare attenzione al settore dell'ortopedia e al ruolo che possono occuparvi le tecnologie per il rilievo digitale, per la modellazione digitale e per la produzione additiva. Qui, infatti, è di cruciale importanza la necessità di adattare tutori, ortesi e protesi alle differenti caratteristiche anatomiche delle persone, ai diversi tipi di trauma o patologia e alla possibile variazione nel tempo di questi parametri.

Tutto ciò rende evidente il contributo peculiare che può offrire il design e, al tempo stesso, esalta il suo modo caratteristico di intervenire per plasmare la cultura materiale contemporanea, ossia la sua propensione ad affrontare i temi progettuali ibridandosi e collaborando con una pluralità di altre discipline tecnico-scientifiche ma anche umanistiche.

*Health Design Evolution* presenta tematiche di grande attualità. L'ambito tematico biomedicale, dai prodotti con una particolare attenzione agli indossabili all'imballaggio, dalla comunicazione al servizio relativo alla salute e alla qualità della vita. Un tema sempre più importante anche nell'ottica del progressivo invecchiamento della società.

*«L'inclusione sociale, la rifunzionalizzazione dell'esistente, l'accessibilità, la mobilità pubblica e privata saranno priorità fondamentali per le persone anziane sia negli ambienti di vita privata, sia in quelli di vita pubblica. In questo contesto, riveste particolare importanza strategica il contributo che la ricerca di design può offrire per la definizione di nuovi scenari, lo studio e la sperimentazione di prodotti e servizi centrati sulle aspettative dell'utente. La realizzazione di servizi avanzati, affidabili e socialmente accettabili, capaci di migliorare le qualità della vita e delle persone anziane e dell'utenza debole più in generale, contribuirà a far fronte ai costi aggiuntivi del welfare che si prospettano per il prossimo futuro.»*

(SPADOLINI, 2013, p.12)

E quello tecnologico legato ai concetti di "Impresa 4.0" che si basano sull'applicazione delle tecnologie digitali alla produzione di artefatti, con una particolare attenzione al design parametrico che permettono la necessaria personalizzazione delle soluzioni. Ma una terza tematica di riferimento è l'ispirazione biomimetica, con i suoi vantaggi a livello prestazionale ma anche ambientale. Un tema che necessariamente richiede un approccio interdisciplinare in grado di affrontare la complessità degli aspetti. Dunque, una centralità dell'umano che si apre però verso una considerazione globale dell'uomo come parte della natura.

*«Fino ad oggi gran parte del design è stato uno strumento potente dell'antropocene, con la specie umana saldamente al centro e gli interessi umani al cuore dei suoi obiettivi.»*

(ANTONELLI, 2019, p.19)

Proprio il tentativo di rispondere alle difficili sfide della sostenibilità non solo ambientale può rappresentare la ricerca di senso

che deve muovere l'innovazione tecnologica. Così gli scenari propri di impresa 4.0 assumono significato nel rispondere ad obiettivi quali il rilevamento / contenimento dell'inquinamento atmosferico, il risparmio energetico e, in genere, dei consumi, la riduzione nella produzione dei rifiuti, lo storytelling sociale, il miglioramento dell'inclusione (LOTTI, 2020). Il tutto rispondendo così a quelle che sono le sfide a livello internazionale – dai pillar di Horizon Europe ai goals dell'Agenda 2030, nella consapevolezza dello stretto legame tra tutte le tematiche. Ciò attraverso l'analisi di case history a livello nazionale ed internazionale e la presentazione di ricerche e progetti a livello universitario dall'Hybrid Design Lab dell'Università della Campania "Luigi Vanvitelli", oggi Federico II di Napoli.

*«L'Hybrid design si spinge oltre l'imitazione della natura e delle sue logiche dando luogo a prodotti appunto ibridi, che 'reinterpretano' criticamente il mondo naturale, costruendo un universo di oggetti parallelo, con logiche, comportamenti e strutture nuovi, generati dall'integrazione tra tecnologia e biologia e dalla risposta ad esigenze e stili di vita altrettanto ibridi.»*

(RANZO, in LANGELLA, 2006, p.13)

E quello che colpisce nelle soluzioni proposte, al di là delle tematiche sopraricordate, è la qualità estetica delle soluzioni; a superare l'immagine di un biomedicale ospedaliero.

### *Bibliographical references*

ANTONELLI P., TANNIR A., a cura di, 2019, *Broken nature*. 22a Triennale di Milano, Electa, Milano.

LANGELLA C. 2006, *Hybrid design. Progettare tra tecnologia e natura*, Franco Angeli, Milano.

LOTTI G. 2020, *Impresa 4.0 / Sostenibilità / Design. Ricerche e progetti per il settore interni*, Franco Angeli, Milano.

SPADOLINI M. B. 2013, *Design for better life. Longevità, scenari e strategie*, Franco Angeli, Milano.

**“The idea that design and creative practice are somehow separate from health, would be a misnomer”**

— Paul Chamberlain  
Claire Craig

Il comparto dei prodotti medicali, in cui l'Italia può contare su realtà produttive d'eccellenza, è tra i settori produttivi a più alto contenuto di tecnologia, ricerca e velocità di innovazione. Richard C. Fries definisce medical device: “any article or health care product intended for use in the diagnosis of disease or other condition or for use in the care, treatment, or prevention of disease that does not achieve any of its primary intended purposes by chemical action or by being metabolized” (2019, p. 22). In questa categoria rientrano, quindi, diverse tipologie di prodotti tra cui: apparecchiature diagnostiche, sistemi di imaging, prodotti di e-health, protesi, ausili terapeutici e dispositivi per la somministrazione di farmaci e trattamenti. Negli ultimi decenni, l'intervento della cultura del progetto in questo ambito è considerato sempre più importante e strategico perché consente di integrare gli aspetti diagnostici e terapeutici con quelli di ottimizzazione, confort e accettabilità.

Lo stato dell'arte nell'ambito del design medicale negli ultimi anni è fortemente caratterizzato dall'impiego di tecnologie digitali in diverse fasi di ideazione, produzione, distribuzione e uso di prodotti e servizi. L'integrazione tra software di modellazione parametrica, sistemi di fabbricazione digitale, dispositivi di sensoristica indossabili e nuove tecnologie di analisi per immagini che forniscono dati digitali tridimensionali con risoluzione spaziale, consente ai designer di progettare dispositivi biomedicali che aderiscono 'su misura' ad esigenze e condizioni molto specifiche. Gli ausili, le ortesi, i presidi e le protesi realizzati mediante processo digitale che prevede scansione 3D, modellazione e stampa in additive manufacturing si adattano alla specifica anatomia di ciascun soggetto e alle sue peculiari necessità terapeutiche. Questi dispositivi possono includere anche sistemi di monitoraggio di parametri biometrici, legati alla salute e allo stile di vita dei pazienti, per favorire processi di medicina personalizzata. Questo approccio consente di aderire al modello "human centered" (Bazzano, Martin, Hicks, Faughnan & Murphy, 2017) previsto dal nuovo scenario della medicina personalizzata, una medicina più efficace, più rapida, migliore anche in termini di comfort sia per il paziente sia per gli operatori sanitari.

Questo libro intende indagare sulle opportunità di intervento e di evoluzione offerte al design da questo scenario emergente che si colloca nell'intersezione tra l'ambito tematico biomedicale relativo alla salute e alla qualità della vita e quello tecnologico legato ai concetti di "Fabbrica Intelligente" e "Industria 4.0" che si basano sull'applicazione delle tecnologie digitali alla produzione di artefatti.

L'obiettivo prioritario degli autori è, dunque, comprendere in che modo impiegare gli strumenti culturali, metodologici e applicativi del design contemporaneo integrati alle nuove tecnologie digitali per apportare innovazione all'ambito dei prodotti biomedicali ortopedici e riabilitativi in termini di efficacia terapeutica, comfort, igiene, customizzazione, ergonomia, accettabilità e versatilità. Caratteristiche che migliorano l'esperienza dell'utente nel periodo in cui è sottoposto al trattamento diagnostico, terapeutico o riabilitativo e, di conseguenza, la sua qualità della vita che è tra gli argomenti attualmente più discussi in ambito riabilitativo.

Nella trattazione si fa riferimento, in particolare, agli approcci connessi alle nuove frontiere dello "human centered design", della biomimetica e della progettazione parametrica per dimostrare come l'intersezione tra queste diverse aree di ricerca e sperimentazione possa convergere in forme di innovazione ibrida adattabili a vantaggio della qualità della vita dei pazienti e dell'efficienza delle terapie.

Vengono illustrate le opportunità offerte dagli strumenti digitali alle diverse fasi dello sviluppo del progetto dalla fase di acquisizione delle morfologie delle parti del corpo interessate dai trattamenti (scansione e fotogrammetria basata su marcatori), alle forme di modellazione parametrica complessa e fabbricazione digitale. Una indagine approfondita su questi aspetti e sulle possibilità di integrarli, attraverso il punto di vista del designer, può aiutare a definire nuove metodiche per il progetto e la realizzazione di dispositivi biomedicali che si interfacciano con il corpo degli utenti.

Attraverso un'approfondita analisi metodologica e critica effettuata su casi studio di prodotti e servizi di design medicale innovativi, selezionati in particolare in ambito ortopedico e riabilitativo, vengono proposte strategie e soluzioni progettuali da poter trasferire a progetti analoghi.

Il testo si rivolge a ricercatori, progettisti e studenti di design interessati ad approfondire la tematica del design biomedicale che impiega l'ampio ventaglio di opportunità tecniche, funzionali ed espressive offerte dal digitale per adattarsi alla complessità del corpo delle persone.



# Design Medicale

## Il ruolo del design nel settore health

Lo sviluppo di nuovi prodotti medicali richiede una collaborazione mutuale tra design, scienze mediche, associazioni di pazienti e aziende produttrici, oltre che la definizione di strumenti metodologici adeguati ad affrontare la complessità del settore (LANGELLA, 2019). Tali esigenze hanno destato una crescita di interesse anche nei contesti accademici di tutto il mondo, dove la ricerca e la didattica dovranno rispondere all'esigenza di formare nuove generazioni di designer che sappiano gestire il progetto medicale impiegando principi, strategie e metodi appropriati. In questo settore il design ha un importante ruolo anche nel veicolare la comunicazione scientifica. Le conquiste raggiunte nei diversi campi della ricerca medica e le innovazioni proposte determinano trasformazioni radicali che coinvolgono la salute e richiedono azioni di divulgazione volte a far conoscere, a un pubblico più ampio possibile, le opportunità di cura e miglioramento della qualità della vita offerte dai nuovi strumenti scientifici e tecnologici. L'intervento del design può essere utile anche ad aggiornare gli strumenti medici terapeutici all'avanzamento della ricerca. Occorre che il design entri nell'ambito della scienza e che si avvalga di fonti scientifiche aggiornate per la progettazione. È utile, quindi, che i designer lavorino a stretto contatto con medici, scienziati e tecnologi partendo dalla consapevolezza che per produrre risultati innovativi è necessario costruire interessi e obiettivi comuni incentrati sul miglioramento della qualità della vita dei pazienti in modo che le collaborazioni siano biunivoche (ANTONELLI, HALL, ALDERSEY-WILLIAMS, & ROBERTS, 2008).

La consapevolezza delle esigenze e dell'impatto sui pazienti consente di sviluppare soluzioni progettuali innovative, caratterizzate da livelli di confort, accettabilità e compliance più elevati.

Le applicazioni medicali sono in genere sottoposte a sollecitazioni ambientali e biologiche complesse. I designer che operano in questo ambito devono non solo essere in grado di progettare in collaborazione con operatori sanitari, pazienti e aziende ma devono anche conoscere in modo approfondito le normative che regolamentano il settore come la FDA, la EMC o la IEC 60601, CEE (90/385/CEE, 93/42/CEE, 98/79/CE) e ISO 13485 (FRIES, R.C., 2019, p. 49) e le relative modalità di testing. La modellazione e l'analisi computazionale intervengono nel processo di progettazione e simulazione per predire

le diverse performance richieste dalle normative e dai contesti di applicazione come prestazioni meccaniche e bio-meccaniche, durabilità, biocompatibilità, ergonomia.

L'uso di strumenti di Computer-Aided Engineering (CAE) integrato con le competenze del design per la simulazione di prodotti e dispositivi medicali facilita e rende più rapido il processo di test e di approvazione. Ottimizzando tali processi i designer possono aiutare le aziende a ridurre il time to market e dunque i tempi dell'innovazione.

Le verifiche di usabilità e di ergonomia di prodotti che si interfacciano con il corpo e con la sua salute sono notevolmente facilitate dalla possibilità di inviare istantaneamente, e in luoghi diversi, i file 3D dei dispositivi, e di stampare velocemente diverse versioni progettuali di uno stesso prodotto biomedicale in modo da poterle testare e confrontare, coinvolgendo un vasto numero di utenti e medici. La realtà aumentata, virtuale, mista, l'IOT e l'istantaneità che le caratterizzano, contribuiscono ulteriormente alla partecipazione degli utenti o delle associazioni nei processi di progettazione e validazione di nuovi prodotti, consentendo di effettuare test e simulazioni che in passato richiedevano enormi investimenti di tempo e di denaro (KAUR, 2018).

## L'individuo al centro del processo

Negli ultimi anni la cultura del design ha dimostrato un crescente interesse per quelli che Friedman e Kahn hanno definito *Human Values* (2007). A questo progressivo coinvolgimento corrisponde una maggiore attenzione ai settori di applicazione legati alla salute, al benessere e all'equità sociale. Un'attenzione acuita dal diffondersi della sensibilità verso le questioni etiche ed ambientali che stanno particolarmente a cuore a quella parte del settore che intende riscattarsi della reputazione di disciplina superficiale interessata prevalentemente al lato estetico delle cose. L'imperativo di ridurre i consumi di materia ed energia ha portato a una progressiva dematerializzazione dei prodotti e a un rinforzo delle aree del design che trattano servizi immateriali, che implicano costi ambientali minori, o prodotti necessari, la cui produzione possa essere giustificata dall'impellenza del bisogno a cui rispondono come i prodotti biomedicali o dedicati alle emergenze.

Nell'ambito della letteratura scientifica sul Design for Health, gli approcci che pongono l'uomo e le sue qualità al centro del progetto come l'Human Centered Design (HCD), Design Thinking (DT) e User Centred Design (UCD) (TSEKLEVES & COOPER, 2017) spesso vengono sovrapposti o intersecati all'interno del più ampio scenario dell'innovazione sociale per migliorare le condizioni di salute della popolazione (BROWN, WYATT, 2010).

Nella review *Human-centred design in global health: A scoping review of applications and contexts* gli autori richiamano le definizioni originarie di questi approcci e i contesti in cui sono nati per porre chiarezza tra termini che spesso vengono usati come sinonimi in maniera indifferenziata (BAZZANO, MARTIN, HICKS, FAUGHNAN & MURPHY, 2017).

Il termine "Ergonomics", invece, ha preceduto "Human Factors", ed è stato coniato da Kenneth Frank Hywel Murrell, uno psicologo britannico della Royal Navy britannica, che lo propose il 12 luglio 1949, ad una conferenza a Oxford per definire il nuovo campo di studi orientato a migliorare le condizioni di lavoro attraverso il progetto degli artefatti impiegati secondo il motto: "To fit the job to workers". Il nome nasce dall'unione di due termini greci: ergon (lavoro) e nomos (legge). L'ergonomia nasce dunque in un momento, subito dopo la seconda guerra mondiale, e in un contesto (militare) in cui l'innovazione tecnologica

faticava a tradursi in progresso a causa di limiti legati all'usabilità e alla relazione con il corpo degli operatori e con l'ambiente in cui venivano impiegate le attrezzature belliche. Tale difficoltà fece emergere l'esigenza di elaborare una metodologia di indagine sistematica e multidisciplinare delle interazioni tra persone, attrezzature e il loro ambiente (MURRELL, 2012).

Passando dal settore militare ad applicazioni civili, l'approccio ergonomico è stato nel tempo esteso ad altri ambienti di lavoro e successivamente ai sistemi uomo-macchina attinenti anche alle dimensioni personali, oltre che lavorative, come il trasporto privato o i dispositivi personali (SINGLETON, 1982).

Nello stesso anno in cui Hywel Murrell introdusse il termine Ergonomics fu fondata la Ergonomics Research Society (ERS), la prima società di ricerca scientifica del mondo impegnata sulle tematiche dell'ottimizzazione delle attività umane negli ambienti lavorativi, affrontate da team multidisciplinari che includevano esperti nei settori della psicologia applicata, dell'ingegneria e della ricerca operativa (SANDOM & HARVEY, 2004).

L'obiettivo prioritario della società scientifica era definire una "scienza del lavoro" che metta la persona al centro delle attività di ricerca.

In seguito allo sviluppo e alla diffusione della disciplina, sono nati termini affini in diversi contesti. In particolare, negli USA il termine "*Human Factors*" ha iniziato ad essere utilizzato con lo stesso significato di "*Ergonomics*" nel Regno Unito e in Europa. Nel 1957 nacque nel Nord America (Tulsa, Oklahoma) una delle comunità scientifiche più importanti, la Human Factors Society, successivamente ribattezzata Human Factors and Ergonomics Society (HFES).

La European Productivity Agency (EPA), creata dalla Organisation for European Economic Co-operation Organizzazione per la Cooperazione Economica Europea (OEEC) nel 1952 con lo scopo di guidare gli sforzi europei verso il miglioramento della produttività e lo studio delle conseguenze sociali ed economiche dello sviluppo tecnologico, ha favorito la creazione di una comunità internazionale di ricerca sull'ergonomia. Nel 1959, durante il simposio della società di ricerca ergonomica, è stato fondato l'International Ergonomics Association (IEA) da un comitato direttivo con l'obiettivo di far progredire la scienza e la pratica dell'ergonomia a livello internazionale. L'IEA ha iniziato la sua attività regolarmente nel 1961 e nel 1967 è diven-

tata l'associazione delle società federate in tutto il mondo che oggi conta più di 50 membri, inclusa la Human Factors and Ergonomics Society.

Lo User Centred Design (UCD), inizialmente definito "user centered systems design" (Norman & Draper, 1986) ha una genesi profondamente radicata negli studi sulla interazione tra uomo e computer condotti alla University of California San Diego negli anni Ottanta, con una forte matrice psicologica. Come spiega Don Norman, «Why do we need to know about the human mind? Because things are designed to be used by people, and without a deep understanding of people, the designs are apt to be faulty, difficult to use, difficult to understand» (2013). Dunque l'UCD può essere considerato come un ambito molto ampio che include le diverse accezioni sulla componente psicologica dell'utente (ABRAS, MALONEY-KRICHMAR, PREECE, ET AL., 2004).

Da questa prima versione il campo di intervento si è ampliato notevolmente fino a essere interpretato come una filosofia e un insieme di metodi fondati sui concetti di partecipazione e co-progettazione che incentrano il processo di progettazione di prodotti e servizi sulle esigenze e le preferenze dell'utente finale (MOODY, 2015; NORMAN, HARESIGN, MEHLING & BLOOMBERG, 2016).

La denominazione "Human Centered Design" ha avuto origine in ambiti di matrice ingegneristica come l'ergonomia, l'informatica e l'intelligenza artificiale ed è stato normato dallo standard internazionale ISO 9241-210 che descrive questo approccio progettuale «approach to systems design and development that aims to make interactive systems more usable by focusing on the use of the system and applying human factors/ergonomics and usability knowledge and techniques» (ISO, 2010). Questa definizione era fortemente vincolata ad una visione ingegneristica che presupponeva un utente predeterminato dal progettista con caratteristiche standard. Visione che è stata successivamente superata e complessificata evolvendosi nella sua più recente e completa accezione

*«is based on the use of techniques which communicate, interact, empathize and stimulate the people involved, obtaining an understanding of their needs, desires and experiences which often transcends that which the people themselves actually realized».*

(GIACOMIN, 2014)

Nella loro definizione di “Design Thinking”, Tim Brown e Jocelyn Wyatt si riferiscono a quell’attitudine costruttiva, esperienziale e radicata nei bisogni e nel contesto degli utenti finali impiegata dai designer per sviluppare nuove soluzioni a problemi nuovi o ancora non del tutto risolti (2010). Uno dei caratteri più forti del DT è l’impiego dell’empatia con gli utenti nella prototipazione e nelle intuizioni. Nell’ambito medicale, in cui i test sugli utenti sono necessari e richiesti dalle normative questo approccio può essere particolarmente efficace poiché consente di prefigurare problematiche, limiti e opportunità correlando gli aspetti tecnici e prestazionali con quelli empatici ed esperienziali.

Aziende internazionali leader nel design come IDEO, Frog e Dalberg / DIG impiegano l’HCD nella risoluzione di complessi problemi legati alla salute e al benessere, così come diverse istituzioni sanitarie negli Stati Uniti usano il design thinking nell’istruzione per operatori sanitari e professionisti della salute pubblica, inclusi studenti di sanità pubblica e professionisti medici (SANDHU, HOSANG & MADSEN, 2015; VAN DE GRIFT & KROEZE, 2016), per la valutazione dell’educazione sanitaria interprofessionale (CAHN ET AL., 2016).

Negli ultimi anni la pandemia da Sars-Cov 19 ha sollevato nuove attenzioni sulla complessa relazione tra salute, benessere e bisogni dei pazienti. Il testo *Health Design Thinking* (2022), curato da Bon Ku, cofondatore dell’Health Design Lab del Sidney Kimmel Medical College della Thomas Jefferson University e da Ellen Lupton, curatrice di design contemporaneo del Cooper Hewitt, mette in luce il ruolo che può svolgere il design nel risolvere i problemi del sistema sanitario mondiale anche in relazione all’esperienza della Pandemia.

Il testo che si propone non solo a designer e ingegneri ma anche a dottori, infermieri, educatori e studenti descrive il design thinking per la salute come approccio per generare idee e soluzioni creative rapide che migliorano il benessere umano, come approccio mentale aperto piuttosto che come metodologia rigida. Principi e metodi vengono descritti mediante il racconto di casi studio selezionati nel campo della progettazione sanitaria caratterizzati da un approccio human centered e di attenzione all’accessibilità, all’inclusione e al benessere sociale. I progetti spaziano dai servizi di telemedicina alle

unità di terapia intensiva mobile o alle campagne di salute e prevenzione pubblica. Alcuni dei casi studio descritti sono stati esposti anche nella mostra “*Design and Healing*” curata dal Cooper Hewitt in collaborazione con il MASS Design Group nel 2021, sulle risposte creative alle epidemie.

Il processo di progettazione proposto da Ku e Lupton si basa sulla fusione tra gli approcci human centered, che include empatia, codesign e determinanti sociali, e creative mindset, basato sulle attività Questioning, Visualizing, Prototyping e Storytelling. Viene descritto come un percorso strutturato in tre fasi principali. Si parte dall’osservazione che si basa sul guardare, ascoltare, fare domande e raccogliere informazioni e che prevede capacità relazionali come la pazienza, l’attenzione e l’umiltà. Le interviste agli utenti, ad esempio, devono essere condotte con empatia ma anche essere progressivamente reindirizzate in funzione delle intuizioni che emergono durante l’ascolto. Lo strumento del workshop, invece, facilita designer e operatori sanitari a sviluppare percorsi di codesign con i soggetti interessati; dunque, favorisce il coinvolgimento e la progettazione partecipata con pazienti, operatori e aziende. La ricerca della storia di una comunità consente di ottenere una conoscenza più profonda, utile ad intervenire in modo innovativo ma rispettoso delle radici e dei percorsi compiuti. La seconda fase è quella dell’immaginare generando nuove idee, che devono essere classificate in gruppi, organizzate in funzione di relazioni e analogie per aprire la strada a concetti inaspettati. Il terzo passaggio è la realizzazione di prototipi che mostrano come un prodotto potrebbe funzionare, essere accettato e innestato in un contesto. Gli storyboard consentono di comprendere come gli utenti potrebbero interagire con un dispositivo. I giochi di ruolo permettono di sperimentare le dinamiche relazionali che potrebbero scaturire da un servizio o processo in modo sociale e fisico. Ognuno di questi metodi creativi deve essere fondato sulla domanda di come le intuizioni e soluzioni emerse dal processo progettuale possano aiutare le persone reali.



# Design Medicale nell'Era Digitale

## Il corpo come piattaforma trans-digitale

Il settore dei supporti biomedicali che vengono a contatto con il corpo è caratterizzato da una forte esigenza di personalizzazione legata al variare sia delle caratteristiche anatomiche delle persone sia delle tipologie di trauma o patologia. Tale esigenza porta, spesso, le aziende produttrici e le strutture sanitarie a operare con approcci molto vicini all'artigianalità che limitano lo sviluppo economico produttivo mantenendo i volumi produttivi bassi e su un mercato pressoché locale. L'implementazione delle tecnologie digitali e la possibilità di basarsi su piattaforme digitali di ordinazione e progettazione in remoto consente alle aziende del settore di avvantaggiarsi di automatismi che consentirebbero di aumentare le scale di produzione e di raggiungere territori più distanti, persino di accedere al mercato internazionale.

Il design medico tende ad impiegare le tecnologie digitali per rendere i dispositivi e le ortesi di ambito ortopedico più aderenti alle esigenze quotidiane degli utenti e per integrare i diversi saperi coinvolti in nuove comunità interdisciplinari di apprendimento e collaborazione che favoriscano l'innovazione e facciano emergere nuove opportunità di crescita economica e sociale.

L'ambito del design medico al tempo dell'iperdigitalizzazione pone al centro dell'attenzione la relazione tra corpo, salute e tecnologie, che si traducono in nuove opportunità di personalizzazione della diagnostica e della terapia (medicina personalizzata). L'emergenza Covid-19 ha portato a un ribaltamento della relazione tra corpo e tecnologia. Se in passato le tecnologie digitali venivano spesso contemplate come estensione del corpo (VAN DEN EEDE, 2014), oggi è il corpo che appare come un'estensione delle tecnologie, come una piattaforma transdigitale in stretta continuità, oltre che contiguità, con le molteplici manifestazioni della dimensione digitale a cui conferisce forma, movimento, valore, significato cognitivo ed emotivo. Sensori, processori e attuatori innestati in dispositivi indossabili acquisiscono corporeità fisica e informazionale dagli utenti che li portano nelle loro attività e relazioni quotidiane.

L'integrazione tra design, Internet of Things (IOT) e tecnologie sensoristiche aiuterà le scienze mediche a disvelare molte incognite ancora sconosciute sul corpo umano e sui suoi processi. L'enorme mole di dati biometrici e medici raccolti

e diffusi attraverso applicazioni, dispositivi indossabili e altri ausili digitali verranno sempre più elaborati da intelligenze artificiali di conoscere, in modo progressivamente più approfondito e dettagliato, le relazioni tra il variare delle condizioni psicofisiche degli individui, i loro comportamenti e stili di vita. L'integrazione tra design, Internet of Things (IOT) e tecnologie sensoristiche aiuterà la scienza a disvelare molte incognite ancora sconosciute sul corpo umano e sui suoi processi.

È necessario, quindi, che i designer ripensino i dispositivi, gli ambienti, i sistemi di comunicazione per la salute, e gli stessi corpi, attraverso nuovi filtri interpretativi consapevoli degli effetti psichici e fisiologici che la medicina digitale personalizzata e la condizione diffusa di fragilità cronica sortiscono sulle relazioni tra l'individuo, il proprio corpo, la propria salute e quella di coloro con cui è connesso.

Nella medicina personalizzata il corpo umano è al contempo emettitore e recettore di informazioni e sollecitazioni ma è anche strumento di ricerca e di determinazione dello spazio di vita e di benessere; attore e soggetto di perturbazioni e trasformazioni che coinvolgono non solo la materia corporea ma anche quella della relazione tra salute e contesto.

Nel progetto di artefatti orientati alla salute i designer devono interfacciarsi necessariamente con le neuroscienze. La conoscenza dei processi che sono alla base del funzionamento dei neuroni specchio che consentono di entrare in empatia con le altre persone e con l'ambiente è fondamentale nel progetto di oggetti che nascono per correlare medici e pazienti. La scelta dei colori, dei suoni, delle morfologie, delle interazioni è determinante nello sviluppo dell'esperienza cognitiva ed emozionale.

## L'intersezione tra design medicale e digitale

Nel settore del design medicale, differenti sono le tecnologie digitali che possono intervenire per migliorare i processi legati alla realizzazione di varie tipologie di dispositivi medicali. La precisione del risultato ottenuto, fa sì che in ambito medicale trovino ampio impiego gli scanner tridimensionali (scanner 3D), che sostituiscono in molti casi le più tradizionali tecniche di rilievo in quanto permettono di ottenere immagini o geometrie tridimensionali che facilitano molte fasi della medicina, dalla diagnostica alla cura. In particolare, le possibilità di applicazione vanno dall'analisi di differenti superfici, come di tessuti morbidi e duri, alla ortopedia, biomeccanica e biomedica, tramite la realizzazione di elementi protesici ed ortesici esterni (TOSHEV, ET AL., *ibidem*; LE ET AL., *ibidem*).

A partire dagli anni '80, la scansione 3D ha avuto una forte evoluzione, portando allo sviluppo di differenti metodi per il rilievo. La scansione tramite laser scanner 3D, si basa su un emettitore di segnale laser che colpisce l'oggetto, il ricevitore capta il segnale e lo scanner calcola di conseguenza la distanza di ogni singolo punto andando a generare un insieme molto denso chiamato nuvola di punti. Questa tecnologia è in grado di misurare ad altissima velocità la posizione di centinaia di punti che definiscono la superficie dell'oggetto, creando la nuvola di punti che costituisce la geometria. A partire dalla nuvola di punti è possibile definire superfici sfaccettate costituite da triangoli (mesh) e da superfici continue (nurbs) (EBRAHIM, 2015). Nato per applicazioni industriali, il laser scanner è un dispositivo elettro-ottico meccanico capace di restituire superfici fotorealistiche, che permette di rilevare automaticamente un oggetto nelle sue tre dimensioni.

A differenza del laser scanner, la luce strutturata e la fotogrammetria si basano sull'utilizzo di scanner e altri dispositivi sicuri per gli occhi, dunque senza laser, come il Sense3D della 3D System (Geoffroy et al. 2018). Sia per i laser scanner che per la luce strutturata, l'output si basa sul rilevamento delle tre coordinate del punto scansionato, e del valore della riflettanza che cambia a seconda della natura del materiale.

La fotogrammetria digitale è invece la tecnica di rilievo con la storia più antica, fu infatti utilizzata per la prima volta in medicina dal medico americano Holmes nel 1863, nel tentativo di studiare l'andatura degli amputati della guerra civile e dunque

progettare protesi per aiutarli nella riabilitazione (LANE, 1983). Sebbene in principio abbia avuto una larga diffusione in campo architettonico, perchè permette di ricostruire una geometria attraverso le sue coordinate spaziali e la texture della superficie ricavati da almeno due immagini fotografiche (ZAPPANI, 2017), in ambito medicale la fotogrammetria si sta rapidamente diffondendo negli ultimi anni, in quanto permette di rilevare le parti anatomiche o dell'intero corpo del paziente, in maniera non invasiva e con costi più ridotti rispetto alle tecniche di scansione 3D precedentemente elencate (Struck et al., 2019). A tali vantaggi sono da aggiungersi quelli legati alla possibilità di avere un controllo ottimale delle dimensioni con una precisione nell'ordine di 1mm, la semplicità d'uso e la possibilità di eseguire la scansione utilizzando diversi strumenti e impostazioni, non sono infatti da escludersi dispositivi fotografici più economici (SALAZAR ET AL., 2016).

La fotogrammetria grazie alla velocità del processo, alla sua semplicità, alla riduzione dei costi e delle competenze tecniche che l'operatore deve avere per poter svolgere correttamente il rilievo (Villa, 2016), nonché all'accuratezza del risultato ottenuto tramite una procedura non invasiva, viene sempre più impiegata, sostituendo la tecnica tradizionale del rilievo manuale effettuato dall'operatore, e migliorando il comfort e l'esperienza dei pazienti durante la procedura, garantendo in ogni caso un risultato utile alla progettazione di protesi e ortesi che si adattano perfettamente alle esigenze dell'utente.

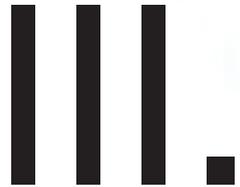
Contestualmente alle tecniche di rilievo, anche le tecniche di produzione tramite stampa 3D vedono un crescente impiego nella medicina e più in particolare in ortopedia (Malik et al., 2015). Ciascuna delle tecnologie additive, infatti, può essere utilizzata per varie applicazioni, come per la realizzazione di modelli di studio, di dispositivi medicali di vario genere, fino ad arrivare alla realizzazione di protesi e innesti, riducendo notevolmente il time to market, ovvero il tempo necessario che intercorre tra la progettazione e la realizzazione del prodotto. Ulteriori aspetti che concorrono alla diffusione di tali tecnologie consistono nella possibilità di creare geometrie complesse e precise, con strutture differenziate, che permettono di rispondere a differenti esigenze biomeccaniche, caratterizzate da spessori ridotti, e dunque da un peso minore, nonché dalla riduzione del materiale di scarto.

In particolare per l'ambito dell'ortopedia, la stampa 3D permette di rispondere a differenti esigenze (Zoccali et al., 2017), viene infatti impiegata per la realizzazione di modelli per uso didattico nello studio dell'anatomia normale e patologica (ELTORAI ET AL., 2015) dagli studenti di medicina ed ortopedia che hanno in questo modo la possibilità di visualizzare in maniera tridimensionale non solo la patologia in generale ma anche il dettaglio e l'estensione della parte soggetta a trauma ortopedico che si cercherà di affrontare nella realtà.

Grazie all'evoluzione delle tecniche di rilievo è possibile ottenere immagini come le TAC-3D, che vengono impiegate per la modellazione e stampa di modelli 3D estremamente accurati della parte da trattare, in modo da facilitare l'ortopedico nella pianificazione operatoria, ovvero nell'identificazione del migliore piano chirurgico (ELTORAI ET AL., *ibidem*; PARK ET AL., 2016; ZHENG ET AL., 2016).

Il modello stampato in 3D è anche utile per la comunicazione medico-paziente, ovvero per illustrare a quest'ultimo i dettagli del trauma o della patologia ortopedica da cui è affetto, aumentando così la sua capacità di comprensione e, soprattutto, la sua partecipazione nel processo diagnostico-terapeutico (BIZZOTTO ET AL., 2015), aspetto rilevante se ci si confronta con temi come l'accettazione psicologica, la compliance e l'efficacia clinica.

Infine la stampa 3D in ambito ortopedico permette la realizzazione di modelli customizzati di protesi o ortesi che si plasmano perfettamente sul paziente (TEN KATE ET AL., 2017; Kim & Jeong, *ibidem*), un campo di particolare interesse per la ricerca come dimostrano le numerose esperienze condotte da diverse aziende e centri di ricerca che si interessano alla produzione di protesi esterne post-amputazione, ortesi, tutori e busti, personalizzati sulle esigenze del singolo paziente e stampati in 3D.



# Modellazione e sistemi di fabbricazione digitale

## Design medicale e tecnologie digitali

Il design medicale è caratterizzato da vincoli molto stringenti legati all'applicazione della ricerca medica in continua e rapidissima evoluzione, e alla necessità di integrarsi con i fattori fisici, fisiologici e psicologici dei pazienti.

Lo studio di settore evidenzia come l'integrazione di nuove tecniche e metodologie, all'interno delle fasi di progettazione dei dispositivi medicali, sia ancora un terreno in fase di sperimentazione con un elevato potenziale, se si considera che tecnologie per la cattura/rilevamento di immagini mediche, così come la modellazione tridimensionale e la stampa 3D permettono, anche in campo sanitario, di gestire in maniera più semplice e performante, sia tramite dispositivi fisici che digitali, le attività che vanno dalla pianificazione degli interventi sino alla diagnostica e cura personalizzata sulla base delle esigenze specifiche di un singolo paziente (LE, ET AL. 2011).

Un settore in grande espansione, dunque, che richiederà sempre più il contributo del design e l'ibridazione tra diverse competenze disciplinari, congiuntamente alle potenzialità offerte dalle nuove tecnologie, che possono offrire la possibilità di giungere a soluzioni innovative. In merito, la possibilità di rilevare parti anatomiche più o meno complesse grazie agli scanner 3D che non prevedono il contatto con il paziente permette di acquisire le geometrie anatomiche necessarie per la fabbricazione di dispositivi medicali riducendo lo stress della parte lesionata durante l'acquisizione delle immagini necessarie e contestualmente, aumentando il comfort del paziente. I dispositivi realizzati attraverso tecnologie additive (stampa 3D) offrono inoltre notevoli benefici tra cui la riduzione delle distorsioni nel processo di guarigione grazie alla perfetta adesione della superficie sulla parte anatomica sottoposta a trattamento terapeutico, nonché benefici igienici, grazie alla realizzazione di strutture altamente ventilate e leggere, e di materiale lavabile.

Il processo per la realizzazione di artefatti di questo tipo si suddivide in 3 fasi, descritte di seguito.

# IV.

## Approccio ibrido

### Biomimetica e design biomedicale

Il design possiede gli strumenti critici e operativi per aggiungere nuove prospettive ai paesaggi ibridi affioranti nell'ambito dell'innovazione sanitaria e per proporre, attuando una intersezione tra conoscenze, attitudini, esigenze e artefatti, possibili chiavi di lettura per interpretare le conquiste ottenute dalla ricerca medico-scientifica (LANGELLA 2019).

La natura è una fonte di ispirazione molto preziosa per il design di dispositivi medici (YOCK ET AL. 2015). Gli organismi viventi hanno sviluppato soluzioni efficaci e ottimizzate attraverso milioni di anni di evoluzione. L'osservazione e l'analisi delle caratteristiche e dei meccanismi attraverso cui i sistemi biologici si relazionano tra loro e con l'ambiente per assicurare la conservazione della specie possono aiutare a generare nuove idee e soluzioni innovative per affrontare sfide nel campo della medicina.

Oggi, in ambito internazionale, vengono utilizzati vari termini come bionics, bionic design, biodesign, biomimicry, biomimetics e bioinspired design per indicare approcci progettuali che si basano sul trasferimento di conoscenze, principi, logiche, funzionalità e strutture dalla biologia all'innovazione di prodotti e servizi al fine di renderli più sostenibili, adattabili, efficienti e attraenti. Queste diverse denominazioni sono spesso impiegate come sinonimi, anche se esiste un pacchetto dedicato di norme: la ISO 18458 del 2015, che cercano di fornire una differenziazione semantica dei termini. Tuttavia, nonostante gli sforzi delle norme ISO, i termini vengono ancora spesso utilizzati in modo equivalente, influenzati da fattori semantici, contestuali e culturali (ISO 2015, p. 2).

Gli organismi biologici vengono studiati dalla biomimetica per la loro efficienza e adattabilità alle diverse condizioni. L'uso di principi e strategie biomimetiche nel design medico può portare a dispositivi più efficienti, leggeri e flessibili, in grado di adattarsi alle condizioni complesse connesse alle patologie e alla enorme varietà delle loro manifestazioni e richieste terapeutiche. Questo approccio può portare a dispositivi medici in grado di migliorare l'efficacia dei trattamenti medici, ridurre gli effetti negativi sugli utenti e migliorare l'esperienza dei pazienti (LANGELLA 2021).

## O-Care

Il progetto propone un dispositivo indossabile per il massaggio terapeutico da impiegare nella riabilitazione delle paresi facciali per facilitare l'auto-massaggio, che può essere prescritto, tra una terapia e l'altra, dal fisioterapista. O-care si presenta come un ciondolo da inserire in una collana o in un portachiavi per essere facilmente trasportabile e disponibile in ogni momento della giornata. Il ciondolo si compone di due elementi massaggianti removibili, di forma emisferica e dotati di un incavo per le dita, configurati morfologicamente in modo da consentire al paziente di riepilogare la leggera pressione delle dita e il movimento eseguito dai terapisti durante le sedute riabilitative. La forma, la modalità d'uso e i materiali sono stati scelti per ottenere uno strumento leggero, facile da usare, mimetizzabile, e adatto alle ridotte dimensioni dei muscoli facciali.

Gli elementi massaggianti sono in legno di cirmolo, un materiale leggero, profumato e con proprietà antibatteriche che al tatto risulta vellutato e che si riscalda facilmente se tenuto nelle mani. La temperatura è una componente importante nel trattamento della paralisi di Bell, poiché un materiale freddo potrebbe danneggiare ulteriormente il nervo e i muscoli facciali. Con un incastro a baionetta, le due semisfere si uniscono ad una struttura ad anello in argento, che completa il ciondolo. L'argento, oltre ad essere antibatterico, conferisce un valore e un aspetto di gioiello al dispositivo distaccandolo dalle consuete estetiche medicali. In questo modo si aumenta la disponibilità dei pazienti a indossarlo e, di conseguenza, la persistenza e la compliance. Il packaging, interamente in legno di Cirmolo, oltre a contenere la collana, l'olio da massaggio e un panno per la pulizia delle semisfere massaggianti funziona anche una funzione di organizer (figg. 53, 54 e 55).

**Nome del progetto:** O-care: not just a jewel

**Designer:** Daniela Granata, Valentina Sorvillo

**Gruppo di ricerca:** Carla Langella, Carmela Della Volpe, Centro riabilitativo "GOLIA"

**Anno:** 2021



56



57



58

figg. 56, 57 e 58 Immagini del kit e utilizzo del progetto O-Care.

## Plantauxetic

Il plantare Plantauxetic è un dispositivo ortopedico personalizzato per lenire l'infiammazione causata dalla spina calcaneare, una calcificazione che si sviluppa nella zona inferiore del tallone. Le tecnologie di fabbricazione additiva, associate alla progettazione parametrica, sono di grande interesse per il settore dei plantari ergonomici e personalizzati. La conformazione anatomica del piede è molto complessa, caratterizzata da doppie curvature e da sollecitazioni meccaniche consistenti e continuamente variabili. Con l'avanzare dell'età, in particolare, posture scorrette, problemi artrosici o l'impiego di calzature non adeguate determinano molte problematiche alla zona plantare che richiedono l'uso di solette che dovrebbero essere conformate specificamente e in modo differente per ogni piede. Il plantare Plantauxetic, è stato progettato con una struttura auxetica differenziata sulle diverse aree plantare in modo da garantire gradienti di morbidezza e rigidità in funzione della tipologia specifica di spina. La struttura è stata sviluppata mediante un software di modellazione digitale parametrica per essere stampato in 3D in materiale semiflessibile con tecnologia additiva, al fine di garantire efficacia clinica, comodità e ergonomia. A differenza dei comuni plantari ortopedici che devono essere inseriti e bloccati nelle calzature chiuse, Plantauxetic presenta sul bordo un sistema di ancoraggio che può essere agganciato a diverse tipologie calzature anche aperte. Anche in questo caso, il dispositivo progettato, è stato realizzato attraverso, e inoltre, tramite appositi agganci, può essere agganciato a varie tipologie di calzature (figg. 79, 80 e 81).

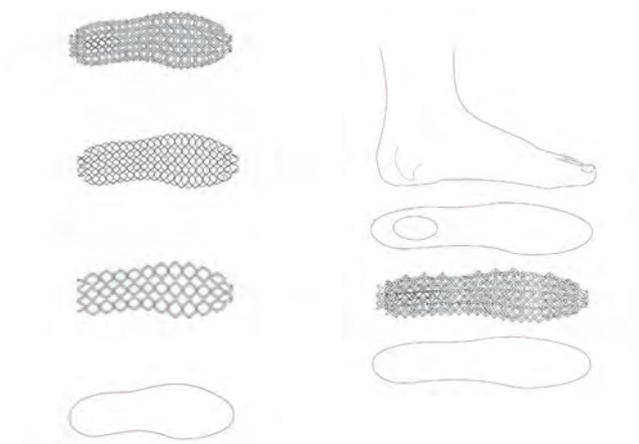
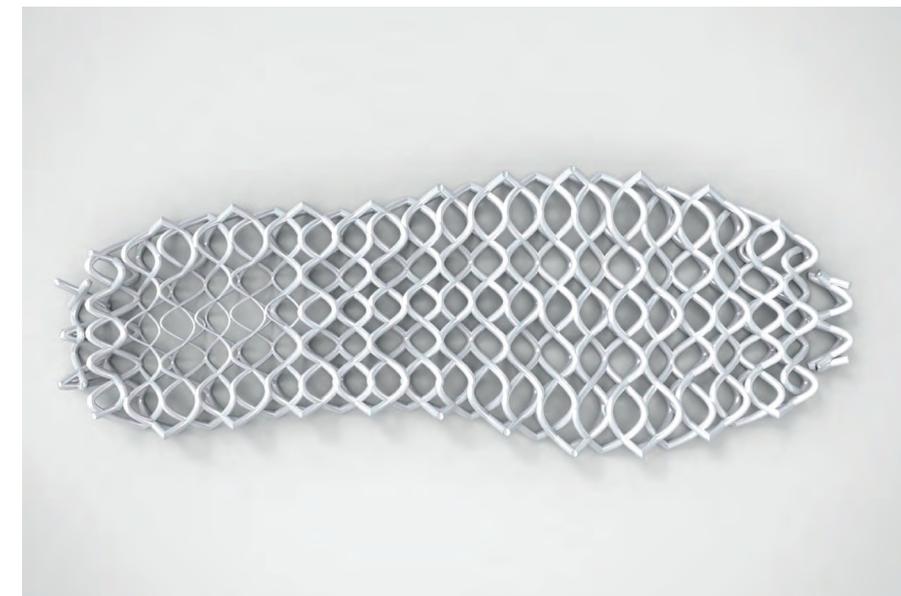
**Nome del progetto:** Plantauxetic

**Designer:** Mario Mazzocca

**Gruppo di ricerca:** Carla Langella, Gabriele Pontillo, Giovanni Iolascon, Sara Liguori

**Anno:** 2020

79



80

81

figg. 79, 80 e 81 Immagini di progetto e schema di customizzazione.

## Wires

Il progetto Wires, è un tutore per il polso per immobilizzazione terapeutica leggera, dedicato ai trattamenti che prevedono una mobilità limitata soltanto in alcune direzioni. In questi casi, generalmente, i dispositivi utilizzati sono fasciature o tutori che integrano tessuti elastici, che avvolgono il polso attraverso l'impiego di elementi rigidi che impediscono all'articolazione specifici movimenti e consentono di mantenere una posizione corretta. Per assolvere a questa funzione, è stata conformata una geometria caratterizzata da nervature bio-ispirate alle fasce tendinee degli uccelli acquatici, che stampate direttamente su un cotone traspirante e leggermente elastico aderiscono al polso come un sistema di tendini aggiuntivi che lo sostengono per evitare una piegatura eccessiva. Anche in questo caso, il posizionamento degli elementi scaturisce dal rilievo del polso del paziente, dalle immagini diagnostiche e dalla prescrizione medica, attraverso cui è possibile gestire i caratteri morfologici delle nervature come larghezza, spessore, lunghezza e curvatura, al fine di garantire una corretta riabilitazione dell'articolazione infiammata o compromessa (figg. 82 e 83).

**Nome del progetto:** Wires

**Gruppo di ricerca:** Gabriele Pontillo, Carla Langella, Giovanni Iolascon, Sara Liguori

**Anno:** 2021

82



83

figg. 82 e 83 Immagini del prototipo indossato.

## Auxetic Neckbrace

Auxetic Neckbrace è un collare cervicale con struttura auxetica, rivolto alla salvaguardia del benessere del sistema neuromuscolare del rachide cervicale (Panico, Langella & Santulli, 2017). Auxetic neckbrace ha uno scopo preventivo poiché dissuade chi lo indossa dal tenere il capo inclinato in avanti, così come l'uso dei dispositivi portatili indurrebbe a fare; ma può avere anche funzione terapeutica per patologie cervicali con alterazioni non gravi perché sostiene leggermente il mento scaricando parzialmente i muscoli dalle sollecitazioni meccaniche legate al sostegno della testa.

Gli auxetici sono meta-materiali osservati in natura nelle pelli di alcuni rettili come la salamandra e i gatti, ma anche negli steli di alcuni vegetali. A questi tessuti la struttura auxetica assicura maggiore estensibilità e resistenza meccanica evitando che si lacerino, anche quando vengono sottoposti a sollecitazioni intense e repentine. Il comportamento auxetico è legato alla struttura geometrica cellulare del materiale fondata su specifiche leggi matematiche, piuttosto che alla sua composizione chimica. È caratterizzato da un modulo di Poisson negativo che porta queste strutture ad espandersi anche nella direzione ortogonale quando vengono sottoposti ad una forza di trazione e a contrarsi in tutti i lati quando vengono soggetti a compressione.

La soluzione progettuale proposta nasce dall'esigenza di superare i disagi provocati dai collari cervicali esistenti, quali la mancanza di traspirabilità e di libertà di movimento, la non adattabilità alle forme delle diverse anatomie, la difficoltà nell'effettuare alcune attività quotidiane e, infine, l'aspetto esteriore che non ne agevola l'uso preventivo e quotidiano. L'impiego della struttura auxetica nel collare, rispetto ai materiali e alle strutture convenzionali, lo rende più resistente, flessibile, traspirante, adattabile all'anatomia del collo perché asseconda le sue forme e i suoi movimenti nelle diverse posture, come una seconda pelle.

Traendo ispirazione dalle strutture auxetiche naturali che hanno un comportamento variabile in funzione di diversi gradi di sollecitazione, nel progetto sono state sviluppate tre nuove strutture auxetiche originali, adeguate alle esigenze specifiche del collare cervicale emerse dal confronto con gli ortopedici.

La geometria utilizzata nel progetto finale, in particolare, è un ibrido tra due tipologie di geometrie auxetiche osservate in natura: a celle rientranti e a celle rotanti. L'uso di questa specifica geometria induce la struttura ad assumere comporta-

**Nome del progetto:** Auxetic Neckbrace

**Designer:** Martina Panico

**Gruppo di ricerca:** Carla Langella, Carlo Santulli

**Anno:** 2016

86



87

figg. 86 e 87 Immagine del prototipo indossato.

menti meccanici differenziati per le diverse parti del collare e in funzione di diverse sollecitazioni. Gli stessi principi dell'ottimizzazione strutturale studiati nelle strutture naturali alveolari hanno indotto a realizzare una trama più fitta in corrispondenza delle fasce muscolari che richiedono maggiore sostegno, più larga nelle aree in cui non sono previste sollecitazioni considerevoli. La complessità della geometria e l'esigenza di conformare l'oggetto su misura dei diversi utenti in modo parametrico ha indotto a scegliere l'uso di tecnologie di modellazione e di fabbricazione digitale, attraverso le quali è possibile ottenere ortesi cervicali personalizzate in funzione dei dati anatomici e del quadro clinico (figg. 86 e 87).

### BioCast

Il progetto BioCast<sup>28</sup>, progettato da Gabriele Pontillo con la collaborazione dell'esperto di informatica Luigi Castaldo e di ortopedici pediatrici, è un tutore che si propone di valorizzare le potenzialità della progettazione parametrica associata alla fabbricazione digitale per migliorare la qualità della vita dei pazienti soggetti ad immobilizzazione medica terapeutica, sostituendosi al tradizionale gesso. Il tutore viene generato attraverso un processo innovativo che include un'applicazione parametrica 3D, elaborata dal designer e dell'informatico, in cui i parametri vengono dedotti dal referto ortopedico (radiografie, TAC) e dalla scansione 3D dell'arto e possono essere immessi direttamente dal personale medico nell'applicativo. Il tutore viene generato con una maglia alveolare che, in base all'algoritmo parametrico sviluppato, si infittisce e si dirada nella superficie del tutore in funzione delle aree che richiedono maggiore o minore rigidità secondo la tipologia e la posizione del trauma. La struttura ottimizzata algoritmicamente risulta quindi resistente, leggera, lavabile e traspirante (figg. 88 e 89).

**Nome del progetto:** BioCast

**Designer:** Gabriele Pontillo

**Gruppo di ricerca:** Carla Langella, Luigi Castaldo

**Anno:** 2015

88



89

figg. 88 e 89 Immagine del prototipo indossato.

<sup>28</sup> I progetti Biocast e Auxetic Neckbrace sono esposti al museo Corporea, Museo Interattivo del corpo umano di Napoli.

## Biomeduni

Quella del design biomedicale è una branca di riflessione e sperimentazione, che si basa sulla convergenza tra tecnologie, servizi e oggetti finalizzati al benessere e alla salute delle persone. Per pervenire a soluzioni progettate che possano migliorare la qualità della vita degli individui, il design può avvalersi della “biomimetica”, un termine che deriva dal greco antico e che significa letteralmente, imitare la vita, e nel caso delle attività strettamente progettuali, imitare la natura. È dunque una scienza che trae dalla natura stessa spunti utili per riprodurre artificialmente strutture, forme e materiali. Essa permette di ottenere un elevato livello di efficienza, sostenibilità e integrazione con l’ambiente, perché le tecnologie bio-ispirate nascono dall’ecosistema stesso.

Il progetto Biomeduni trae spunto proprio dalla struttura ossea di un riccio di mare, il quale si presenta molto leggero e al contempo resistente a sollecitazioni esterne, una funzione fondamentale per una ginocchiera. Biomeduni è una ginocchiera biomedica per bambini, pensata per poterne medicare le escoriazioni, traspirando e proteggendole meccanicamente. Il materiale impiegato è costituito da canapa, le cui fibre possiedono notevoli vantaggi come nessun effetto allergenico sulla pelle, proprietà antimicrobiche, rapido assorbimento dell’umidità accompagnato da una rapida asciugatura, biodegradabilità e protezione contro i raggi UV (figg. 95, 96 e 97).

**Nome del progetto:** Biomeduni

**Designer:** Terry Celentano

**Gruppo di ricerca:** Carla Langella, Gabriele Pontillo, Valentina Perricone

**Anno:** 2021



95



96



97

figg. 95, 96 e 97 Immagine del prototipo.