

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000022091
Data Deposito	19/08/2021
Data Pubblicazione	19/02/2023

Classifiche IPC

Titolo

Esoscheletro soft sotto-attuato con sistema di attuazione a cavi per l'assistenza degli arti superiori
--

DESCRIZIONE

Campo di applicazione

La presente invenzione si riferisce ad un sistema del tipo un esoscheletro soft comprendente componentistica di tipo meccanico ed elettronico per l'ausilio ai movimenti degli arti superiori.

Nello specifico, il sistema è un esoscheletro soft per gli arti superiori comprendente cavi per l'ausilio ai movimenti degli arti superiori.

In particolare, il sistema risulta specificatamente predisposto per l'assistenza degli arti superiori e la prevenzione di disordini muscoloscheletrici derivanti da attività lavorative usuranti.

Arte nota

Gli esoscheletri sono strutture meccaniche indossabili che aumentano le potenzialità dell'apparato muscolo-scheletrico umano.

Gli esoscheletri possono essere suddivisi in due tipologie: gli esoscheletri rigidi che trasmettono le forze dal robot all'essere umano tramite connessioni rigide, appunto, e gli esoscheletri cosiddetti "soft".

Questi ultimi possono essere suddivisi a loro volta in due tipologie in funzione della tecnologia sfruttata per la trasmissione delle forze ossia sistemi a cavi o sistemi con attuatori pneumatici.

L'arto superiore è composto da tre articolazioni principali: spalla, gomito e articolazione del polso. L'articolazione della spalla è l'articolazione più complessa in termini di varietà di movimenti concessi e collega l'omero con la spalla. L'articolazione della spalla può essere schematizzata come un giunto avente tre gradi di libertà (o "Degree Of

Freedom”, DOF), ovvero un giunto sferico, simulando i movimenti della gleno-omeroale. I tre movimenti sono definiti come: flesso-estensione della spalla, abduzione-adduzione della spalla e rotazione della spalla.

5 Il gomito è un'articolazione sinoviale tra l'omero, nella parte superiore del braccio, e il radio e l'ulna nell'avambraccio. L'articolazione del gomito può essere schematizzata come un giunto avente un solo grado di libertà, cioè semplice giunto a cerniera. Il movimento è definito come flesso-estensione del gomito.

10 Gli esoscheletri soft sono principalmente caratterizzati da: (i) una cosiddetta “soft suit”, ovvero che consente il corretto posizionamento dei punti di ancoraggio degli attuatori pneumatici o dei cavi, altresì detti anche tendini, sul corpo del soggetto; (ii) un sistema di trasmissione delle forze, comprensivo di elementi di ancoraggio, degli attuatori pneumatici e dei cavi (o tendini) che garantiscono l'esecuzione del corretto movimento
15 da coadiuvare; e (iii) un sistema di attuazione dell'esoscheletro ovvero un compressore con relative valvole per sistema pneumatico e un motore elettrico con relativi ingranaggi per sistema con cavi.

In particolare, la corretta esecuzione dei movimenti richiesti è garantita da un opportuno posizionamento dei punti di ancoraggio degli
20 attuatori pneumatici o dei cavi sul corpo del soggetto. Le posizioni dei punti di ancoraggio non sono standard e possono cambiare.

Ad ogni modo, alcune caratteristiche comuni sono: (i) i movimenti della spalla sono effettuati posizionando i punti di ancoraggio sul tronco, sulla parte superiore del dorso, sulla spalla stessa e sulla
25 parte superiore del braccio; (ii) il movimento del gomito viene eseguito

posizionando i punti di ancoraggio sulla parte superiore del braccio e sull'avambraccio.

5 Nella maggior parte degli esoscheletri noti, due punti di ancoraggio consentono di eseguire i movimenti in una direzione, cioè permettono un solo grado di libertà (DOF): questa tipologia di esoscheletri sono definiti “full-actuated” poiché per ogni DOF usano un attuatore.

Son altresì noti anche robot indossabili in cui almeno un attuatore può assistere più di un grado di libertà (DOF): questa tipologia di esoscheletri sono definiti “sotto-attuati”.

10 In particolare, la pubblicazione di Kim, Y.G., Little, K., Noronha, B., Xiloyannis, M., Masia, L., Accoto, D. dal titolo “A voice activated bi-articular exosuit for upper limb assistance during lifting tasks”, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 66, 101995 (2020) divulga una soluzione meccanica per l'esecuzione dei movimenti di flessione della
15 spalla e del gomito.

L'esoscheletro sotto-attuato di Kim, Y.G. et al. assiste due gradi di libertà definiti: la flessione della spalla e la flessione del gomito.

L'esoscheletro in questione comprende i seguenti elementi: (i) un'esotuta che è tuttavia composta da una struttura rigida posizionata
20 sulla parte superiore della schiena e da un tutore rigido, dotato di una cerniera in corrispondenza del giunto anatomico del gomito, il quale permette la flessione del giunto stesso; (ii) un sistema di trasmissione delle forze di tipo tendineo, i.e. cavi Bowden, ed è costituito da un unico cavo direzionato mediante tre punti di ancoraggio (il primo posizionato
25 sulla parte superiore della spalla, il secondo in corrispondenza del

bicipite ed il terzo in corrispondenza dell'avambraccio); (iii) un sistema di attuazione del dispositivo, composto da un motore elettrico che consente di mettere in tensione il cavo.

In particolare, gli autori della pubblicazione di Kim, Y.G. et al. propongono l'utilizzo di un singolo motore per l'attuazione di due gradi di libertà, i.e. flessione della spalla e del gomito, secondo il seguente meccanismo: inizialmente tendendo il cavo di trasmissione si assiste la sola flessione del gomito del lavoratore, una volta che l'angolo di flessione del gomito raggiunge i 90 gradi il giunto gomito è bloccato, il motore continuando a tendere il cavo assiste la flessione della spalla.

Dunque, il sistema descritto in Kim, Y.G. et al., oltre a comprendere un'esotuta composta da una struttura rigida non consente di flettere la spalla senza aver flesso inizialmente il gomito fino a 90 gradi ovvero consente dapprima di assistere solo il movimento di flessione del gomito e solo successivamente quello di flessione della spalla.

Il brevetto internazionale WO2017/26943 A1 descrive un esoscheletro per l'ausilio dei movimenti di un arto comprendente un segmento superiore ed un segmento inferiore connessi in maniera girevole tramite un'articolazione, in cui l'esoscheletro comprende una bobina girevole, un primo cavo avente una parte del cavo avvolta intorno ad una prima porzione della bobina, il primo cavo terminando sulla parte anteriore del primo segmento dell'arto per causare la flessione di questo quando il primo cavo è avvolto sulla bobina durante la rotazione di questa in una prima direzione, nonché un secondo cavo avente una parte del cavo avvolta intorno ad una seconda porzione della bobina, il secondo

cavo terminando sulla parte posteriore del primo dell'arto per causare l'estensione di questo quando il secondo cavo è avvolto sulla bobina durante la rotazione di questa in una seconda direzione.

5 Il primo e il secondo cavo sono nella fattispecie cavi di Bowden e terminano entrambi in corrispondenza di tale articolazione, dove – anteriormente e posteriormente in maniera corrispettiva – sono presenti due elementi elastici, quali molle elastiche, disposti in serie con tale primo e secondo cavo.

10 Gli elementi elastici si coordinano con un primo ed un secondo effettore posizionati in corrispondenza del segmento inferiore dell'arto, in maniera tale da trasmettere il movimento del primo o, alternativamente, del secondo cavo di Bowden alla parte anteriore o alla parte posteriore del segmento inferiore dell'arto, rispettivamente.

15 L'esoscheletro descritto in WO2017/26943 A1 determina dunque un relativo vantaggio nell'ottimizzazione della componentistica richiesta per l'assistenza dell'indossatore.

20 Tuttavia, il meccanismo di attuazione tramite cavi di Bowden dell'esoscheletro oggetto di WO2017/26943 A1 determina una facilitazione del movimento di estensione oppure di flessione dell'arto in questione tale per cui l'indossatore è assistito nell'estensione o nella flessione del segmento inferiore dell'arto soltanto quando viene contemporaneamente assistito nell'estensione o nella flessione, rispettivamente, del segmento superiore del medesimo arto.

25 Inoltre, il meccanismo di trasmissione del movimento tramite cavi di Bowden dell'esoscheletro oggetto di WO2017/26943 A1 non

consente numerose combinazioni di movimenti; per esempio, in un esoscheletro che prevede l'ausilio per movimenti di estensione e flessione sia per il segmento superiore sia per il segmento inferiore dell'assistito, l'estensione del segmento inferiore dell'arto risulta impedita se il
5 segmento superiore dell'arto è a riposo e viceversa: tanto meno risulta consentita la flessione del segmento inferiore dell'arto durante l'estensione del segmento superiore del medesimo arto e viceversa.

In definitiva, resta quindi particolarmente sentita nel settore la necessità di predisporre un esoscheletro che sia il più possibile funzionale
10 nella capacità di assistere il maggior numero di movimenti senza tuttavia limitare la capacità di assistenza del sistema stesso ovvero assistendo il maggior numero di articolazioni, specie degli arti superiori.

In particolare, risulta particolarmente sentita la necessità di mettere a disposizione un sistema che assista contemporaneamente la
15 flessione della spalla e del gomito, nello specifico un esoscheletro soft adatto ad applicazioni industriali, i.e. movimentazione e manipolazione di utensili industriali, e che sia esente dalle problematiche illustrate in precedenza in riferimento all'arte nota.

Il problema tecnico alla base della presente invenzione è dunque quello di predisporre un esoscheletro soft per l'assistenza degli
20 arti, specie degli arti superiori, caratterizzato da un'elevata funzionalità ovvero capace di fornire ausilio all'indossatore per un elevato numero di movimenti in relazione a più articolazioni, in particolare che possa coadiuvare contemporaneamente la flessione dell'articolazione della
25 spalla e dell'articolazione del gomito e allo stesso tempo non impedisca

movimenti naturali delle altre articolazioni degli arti superiori.

Sommario dell'invenzione

Tale problema tecnico viene risolto, secondo la presente invenzione, da un esoscheletro soft per l'assistenza al movimento di
5 almeno un arto di un utilizzatore, in particolare un arto superiore, tale almeno arto comprendendo una porzione prossimale ed una porzione distale connesse attraverso un'articolazione, in cui l'esoscheletro soft comprende

una soft suit ("tuta flessibile"), indossabile dall'utilizzatore su
10 tale almeno un arto,

una pluralità di sensori in grado di misurare un movimento di tale almeno un arto;

un sistema di attuazione alimentato da un motore elettrico e comprendente

15 - detto motore elettrico comprendente un albero principale,
- un primo albero laterale e un secondo albero laterale;
- un prima bobina girevole in una prima direzione e in una seconda direzione, connessa a tale primo albero laterale in maniera tale da essere fatta ruotare da tale primo albero laterale;

20 - una seconda bobina girevole in una prima direzione e in una seconda direzione e connessa a tale secondo albero laterale in maniera tale da essere fatta ruotare da tale secondo albero laterale;

- una prima ruota dentata primaria di trasmissione del moto per il sostegno di una prima articolazione e calettata su tale albero
25 principale;

- una seconda ruota dentata primaria di trasmissione del moto per il sostegno di una seconda articolazione e calettata su tale albero principale;

5 - una prima ruota dentata secondaria di trasmissione del moto per il sostegno di una prima articolazione e calettata su tale primo albero laterale;

- una seconda ruota dentata secondaria di trasmissione del moto per il sostegno di una seconda articolazione e calettata su tale secondo albero laterale;

10 - un meccanismo di cambio in grado da consentire, in maniera automatica, la trasmissione del moto da tale albero principale a tale primo albero laterale, tramite l'accoppiamento di tale prima ruota dentata primaria con tale prima ruota dentata secondaria, e/o la trasmissione del moto da tale albero principale a tale secondo albero laterale, tramite
15 l'accoppiamento di tale seconda ruota dentata primaria con tale seconda ruota dentata secondaria; e,

un sistema di trasmissione, ancorato a tale soft suit e collegato a tale sistema di attuazione, comprendente:

20 - un primo cavo avente una porzione del primo cavo avvolta attorno alla prima bobina girevole, il primo cavo estendendosi dalla prima bobina girevole lungo tale soft suit ed essendo in grado di coadiuvare il movimento di flessione di tale porzione prossimale dell'arto quando tale primo cavo viene avvolto sulla prima bobina girevole durante la rotazione della prima bobina girevole in una prima direzione;

25 - un secondo cavo avente una porzione del secondo cavo avvolta

attorno alla seconda bobina girevole, il secondo cavo estendendosi dalla seconda bobina girevole lungo tale soft suit ed essendo in grado di coadiuvare il movimento di flessione di tale porzione distale dell'arto quando tale secondo cavo viene avvolto sulla seconda bobina girevole
5 durante la rotazione della seconda bobina girevole in una prima direzione.

Preferibilmente, tale almeno un arto dell'utilizzatore è un arto superiore.

In particolare, tale almeno un arto può essere il braccio destro
10 oppure il braccio sinistro dell'utilizzatore, tale porzione distale essendo l'avambraccio e tale porzione prossimale essendo la parte superiore del braccio compresa fra il gomito e la spalla.

Vantaggiosamente, dunque, quanto tale almeno arto è un arto superiore, il sistema di attuazione compreso nell'esoscheletro soft
15 secondo la presente invenzione è in grado di coadiuvare sia il movimento di flessione della spalla, sia il movimento flessione del gomito.

In particolare, la caratteristica peculiare dell'esoscheletro soft secondo la presente invenzione è relativa alla possibilità di attuare due gradi di libertà (flessione della spalla e flessione del gomito) utilizzando
20 un unico motore; l'esoscheletro soft secondo la presente invenzione è dunque un cosiddetto sistema sotto-attuato.

In altre parole, l'esoscheletro soft secondo la presente invenzione risolve efficacemente il summenzionato problema tecnico, fornendo ausilio all'indossatore per un elevato numero di movimenti in
25 relazione a più articolazioni tramite l'ausilio di un solo motore.

Coerentemente, come si vedrà anche in relazione alle forme di realizzazione descritte nel seguito, nelle sue peculiarità strutturali e di funzionamento, l'esoscheletro soft secondo la presente invenzione presenta in ogni caso una complessità di funzionamento semplificata, specie in relazione alla componentistica deputata all'attuazione del sistema, sia dal punto di vista dell'ingombro e del peso complessivo del sistema, comprendendo – come detto – un solo motore.

In via del tutto vantaggiosa, secondo una sua modalità applicativa, il presente esoscheletro soft consente di assistere, singolarmente o simultaneamente, la flessione della spalla e la flessione del gomito durante le operazioni industriali definite sopra-testa ("overhead task") e di sollevamento di materiale ("lifting task").

La necessità di attuare contemporaneamente sia la flessione della spalla, sia la flessione del gomito, è dettata da considerazioni biomeccaniche riguardanti i movimenti suddetti ("overhead task" e "lifting task") che tipicamente coinvolgono entrambe le flessioni in contemporanea. Questa necessità è una condizione importante per la predisposizione di un esoscheletro che assista in maniera naturale i movimenti umani.

Ai sensi della presente invenzione, il robot secondo la presente invenzione appartiene alla categoria degli esoscheletri definiti "soft", in quanto utilizza organi flessibili per la trasmissione del moto e la struttura meccanica di sostegno, ovvero la sopramenzionata soft suit, è realizzata anch'essa essenzialmente realizzata da strutture flessibili.

Nello specifico, con l'espressione "esoscheletro soft" si intende

un esoscheletro privo di strutture rigide come giunti o bracci rigidi (i.e. link rigidi), in particolare privo di strutture rigide sia nella parte meccanica di sostegno (ovvero nella sopramenzionata soft suit) e sia nel sopramenzionato sistema di trasmissione, ovvero nella parte
5 dell'esoscheletro deputata alla trasmissione delle forze dal sistema robotico all'uomo.

In altre parole, l'esoscheletro soft secondo l'invenzione è realizzato con tecnologie di soft robotica ovvero non include giunti e bracci rigidi, ma comprende strutture leggere e flessibili per l'assistenza
10 degli arti.

Ai sensi della presente invenzione, con l'espressione "soft suit" ("tuta flessibile") si intende un'esotuta, nello specifico un indumento da indossare sul torace e sugli arti superiori, realizzata da struttura flessibile, in cui tale struttura flessibile comprende una maglia di base o
15 una rete, per esempio una maglia di base realizzata in neoprene, nonché mezzi di ancoraggio, tutori e fasce di giunzione.

In particolare, tale esotuta è compatibile con le misure e le forme del soggetto umano ed è dotata di mezzi di ancoraggio per i cavi del sistema di trasmissione; tale maglia di base è realizzata con un materiale
20 leggero e traspirante, come si vedrà nel seguito.

Preferibilmente, in tale sistema di trasmissione, tale primo cavo e tale secondo cavo sono cavi di Bowden.

Più preferibilmente, l'esoscheletro soft secondo la presente invenzione comprende altresì una prima guaina di Bowden e una seconda
25 guaina di Bowden, dove tale primo cavo di Bowden e tale secondo cavo di

Bowden si estendono lungo tale soft suit all'interno di tale prima guaina di Bowden e all'interno di tale seconda guaina di Bowden, rispettivamente.

In via altrettanto preferita, una prima porzione del primo cavo
5 è avvolta attorno alla prima bobina girevole, tale prima porzione del primo cavo essendo in grado di coadiuvare il movimento di flessione di tale porzione prossimale dell'arto quando tale prima porzione del primo cavo viene avvolta sulla prima bobina girevole durante la rotazione della prima bobina girevole nella sopramenzionata prima direzione della prima
10 bobina girevole, e/o una prima porzione del secondo cavo è avvolta attorno alla seconda bobina girevole, tale prima porzione del secondo cavo essendo in grado di coadiuvare il movimento di flessione di tale porzione distale dell'arto quando tale prima porzione del secondo cavo viene avvolta sulla seconda bobina girevole durante la rotazione della
15 seconda bobina girevole della sopramenzionata prima direzione della seconda bobina girevole.

Preferibilmente, tale primo cavo, in particolare tale primo cavo di Bowden, è ancorato alla soft suit tramite mezzi di ancoraggio, posti in corrispondenza di almeno un primo punto di ancoraggio, e tale secondo
20 cavo, in particolare tale secondo cavo di Bowden, è ancorato alla soft suit tramite mezzi di ancoraggio, posti in corrispondenza di almeno un secondo punto di ancoraggio, tale almeno un primo punto di ancoraggio essendo in una posizione differente rispetto a tale almeno un secondo punto di ancoraggio.

25 Più preferibilmente, il primo cavo è ancorato alla soft suit in

maniera tale da estendersi lungo il deltoide anteriore dell'utilizzatore e il secondo cavo è ancorato alla soft suit in maniera tale da estendersi lungo il bicipite brachiale dell'utilizzatore.

5 Ancora più preferibilmente, il primo cavo è disposto sulla soft suit in maniera tale da seguire il percorso della linea di tensione del deltoide anteriore.

Vantaggiosamente, viene così assistita in maniera particolarmente efficiente la flessione dell'articolazione della spalla.

10 Coerentemente, il secondo cavo è disposto sulla soft suit in maniera tale da seguire il percorso della linea di tensione del bicipite brachiale.

Vantaggiosamente, viene così assistita in maniera particolarmente efficiente la flessione dell'articolazione del gomito.

15 Nello specifico, ai sensi della presente invenzione, con l'espressione "linee di tensione" si intendono linee che uniscono i punti di attacco del muscolo all'osso (i.e. inserzione tendinea), muscolo che permette il movimento dell'articolazione, come ad esempio il muscolo deltoide anteriore per il movimento di flessione della spalla o il muscolo bicipite brachiale per il movimento di flessione del gomito.

20 In particolare, come meglio si vedrà successivamente in relazione alla descrizione dettagliata e alle figure, grazie a tali mezzi di ancoraggio, opportunamente disposti sulla soft suit in questione, i cavi possano così seguire il percorso della linea di tensione descritto in precedenza.

25 Secondo una forma di realizzazione preferita del presente

esoscheletro soft, quando tale almeno un arto dell'utilizzatore è un arto superiore, la summenzionata soft suit può comprendere un tutore di spalla, un primo tutore di braccio, predisposto per essere posizionato in corrispondenza della parte superiore del braccio dell'utilizzatore, un
5 secondo tutore di braccio, predisposto per essere posizionato in corrispondenza dell'avambraccio dell'utilizzatore, e un tutore di polso.

Preferibilmente, i summenzionati mezzi di ancoraggio sono posizionati su tale tutore di spalla, su tale primo tutore di braccio e su tale secondo tutore di braccio.

10 Più preferibilmente, i summenzionati tutori sono realizzati in un materiale flessibile, ancora più preferibilmente in neoprene.

Vantaggiosamente, tale materiale consente ai tutori di adattarsi alle forme del corpo umano e allo stesso tempo deve consentire una rigidezza adeguata al trasferimento di forze dai suddetti cavi ai giunti
15 anatomici.

In particolare, il tutore di spalla è predisposto per essere posizionato intorno alla spalla di interesse e comprende una banda di tutore di spalla predisposta per avvolgere il torace dell'utilizzatore.

In particolare, tale primo tutore di braccio è predisposto per
20 essere posizionato in corrispondenza della parte superiore del braccio dell'utilizzatore ovvero fra il gomito e la spalla.

In particolare, tale secondo tutore di braccio è predisposto per essere posizionato in corrispondenza dell'avambraccio dell'utilizzatore ovvero fra il polso e il gomito.

25 In particolare, tale tutore di polso comprende una banda di

tutore di polso predisposta per avvolgere il pollice intorno al palmo della mano e alla parte superiore del pollice stesso.

Ancora più preferibilmente, i summenzionati tutore di spalla, primo tutore di braccio, secondo tutore di braccio e tutore di polso
5 comprendono mezzi di chiusura.

In via del tutto preferita, tali mezzi di chiusura si concretano in un sistema di chiusura ad uncino ed asola (i.e. in un sistema di chiusura tipo Velcro).

Vantaggiosamente, tale sistema di chiusura ad uncino ed asola
10 consente di adattare il tutore corrispondente alle diverse tipologie di utilizzatori ed aventi caratteristiche antropometriche differenti.

Preferibilmente, la summenzionata soft suit può comprendere altresì una pluralità di fasce di giunzione in grado di collegare i summenzionati tutore di spalla, primo tutore di braccio, secondo tutore
15 di braccio e tutore di polso.

Più preferibilmente, tali fasce di giunzione possono comprendere mezzi di regolazione, tali mezzi di regolazione essendo atti ad aumentare o diminuire la distanza fra tutori adiacenti.

Ancora più preferibilmente tali mezzi di regolazione si
20 concretano in una fibbia, in via del tutto preferita una fibbia in materiale plastico.

In via maggiormente preferita, tali fasce di giunzione sono realizzate in un materiale flessibile, in via del tutto preferita in nylon.

Vantaggiosamente, tali fasce di giunzione consentono di
25 mantenere i tutori e, quindi, i mezzi di ancoraggio in posizioni predefinite.

In particolare, grazie a tali fasce di giunzione, quando tramite i rispettivi cavi vengono messi in tensione i rispettivi mezzi di ancoraggio, viene evitato che il primo tutore di braccio e il secondo tutore di braccio si sposino in direzione distale o in direzione prossimale durante l'uso del presente esoscheletro soft. I mezzi di ancoraggio vengono così mantenuti in posizioni predefinite.

Secondo una forma particolare dell'esoscheletro soft della presente invenzione, la soft suit può comprendere una maglia di base.

In particolare, tale maglia di base può conformarsi in una maglietta, più in particolare una maglietta a maniche lunghe.

Più in particolare, tale maglietta si conforma come una maglietta predisposta per aderire al corpo dell'utilizzatore.

Secondo una sua forma di realizzazione preferita, il sistema di attuazione dell'esoscheletro soft secondo la presente invenzione comprende mezzi di scorrimento e guida per tale primo cavo e per tale secondo cavo, tali mezzi di scorrimento e guida essendo atti a mantenere in tensione tale primo cavo e tale secondo cavo e ad impedire a tale primo cavo e tale secondo cavo si svolgano (o srotolino) dalla prima bobina girevole e dalla seconda bobina girevole, rispettivamente.

Secondo una sua forma di realizzazione preferita, come si vedrà più in dettaglio in riferimento alla descrizione dettagliata e alle figure, nel sistema di attuazione dell'esoscheletro soft secondo la presente invenzione tale prima ruota dentata primaria e tale prima ruota dentata secondaria presentano un rapporto di trasmissione pari a 1:3.

Vantaggiosamente, tale specifico rapporto di trasmissione fra la

prima ruota dentata primaria e la prima ruota dentata secondaria permette di moltiplicare la coppia generata dall'albero principale e fornire alla spalla la coppia richiesta. Infatti, la flessione della spalla richiede una coppia maggiore rispetto alla flessione del gomito.

5 In via altrettanto preferita, come si vedrà più in dettaglio in riferimento alla descrizione dettagliata e alle figure, nel sistema di attuazione dell'esoscheletro soft secondo la presente invenzione tale seconda ruota dentata primaria e tale seconda ruota dentata secondaria presentano un rapporto di trasmissione pari a 1:1.

10 Preferibilmente, l'esoscheletro soft secondo la presente invenzione comprende altresì una centralina di controllo, tale centralina di controllo essendo predisposta ad inviare un comando o una pluralità di comandi a tale sistema di attuazione in funzione di un segnale o una pluralità di segnali provenienti da tale pluralità di sensori, detto segnale
15 o pluralità di segnali riguardando un movimento di tale almeno un arto.

Più preferibilmente, tale centralina di controllo è predisposta per inviare tale comando e/o tale pluralità di comandi al motore elettrico e a tale meccanismo di cambio.

Preferibilmente, tale meccanismo di cambio comprende almeno
20 un perno, longitudinalmente e liberamente scorrevole sul sopramenzionato albero principale lungo un percorso di scorrimento ed essendo predisposto per consentire la trasmissione del moto da tale albero principale a tale primo albero laterale, tramite l'accoppiamento di tale prima ruota dentata primaria con tale prima ruota dentata
25 secondaria, e/o la trasmissione del moto da tale albero principale a tale

secondo albero laterale, tramite l'accoppiamento di tale seconda ruota dentata primaria con tale seconda ruota dentata secondaria.

Più preferibilmente, tale perno è predisposto per consentire alla prima ruota dentata primaria e/o alla seconda ruota dentata primaria di
5 essere ingranate con tale albero principale per scorrimento su tale albero principale lungo detto percorso di scorrimento.

Ancora più preferibilmente, tale perno presenta una lunghezza pari ad almeno la distanza fra la prima ruota dentata primaria e la seconda ruota dentata primaria sommata allo spessore della prima ruota
10 dentata primaria e la seconda ruota dentata primaria.

In via del tutto preferita, il perno è predisposto per scorrere longitudinalmente e liberamente all'interno di un alloggiamento realizzato nel sopramenzionato albero principale lungo tale percorso di scorrimento.

15 In particolare, tale alloggiamento si può conformare come una fessura realizzata longitudinalmente nel sopramenzionato albero principale.

Secondo una prima forma di realizzazione preferita del presente esoscheletro soft, tale meccanismo di cambio comprende almeno un
20 elettromagnete, predisposto per essere innescato o disinnescato da un comando o una pluralità di comandi inviati dalla centralina di controllo, tale almeno un elettromagnete essendo predisposto per esercitare una forza elettromagnetica su tale perno.

Come detto, tale comando o tale pluralità di comandi vengono
25 inviati dalla centralina di controllo in funzione di un segnale o una

pluralità di segnali provenienti da tale pluralità di sensori, detto segnale o pluralità di segnali riguardando un movimento di tale almeno un arto.

Vantaggiosamente, esercitando una forza elettromagnetica su tale perno e determinandone il movimento lungo tale percorso di scorrimento, tale elettromagnete consente la trasmissione del moto da
5 tale albero principale a tale primo albero laterale.

Più preferibilmente, secondo tale prima forma di realizzazione preferita, il meccanismo di cambio comprende un invertitore di polarità, in cui tale invertitore di polarità è predisposto per determinare
10 un'inversione di polarità della forza elettromagnetica generata dall'elettromagnete.

Preferibilmente, in accordo con questa prima forma di realizzazione, tale perno è predisposto per assumere le seguenti posizioni lungo tale percorso di scorrimento:

15 - una prima posizione, in cui tale perno consente alla prima ruota dentata primaria e alla seconda ruota dentata primaria di essere ingranate con tale albero principale, l'elettromagnete essendo disinnescato e non esercitando una forza elettromagnetica sul perno;

- una seconda posizione, in cui tale perno consente alla prima
20 ruota dentata primaria di essere ingranata con tale albero principale, l'elettromagnete essendo innescato ed esercitando sul perno una forza elettromagnetica con una prima polarità; e

- una terza posizione, in cui tale perno consente alla seconda
25 ruota dentata primaria di essere ingranata con tale albero principale, l'elettromagnete essendo innescato ed esercitando sul perno una forza

elettromagnetica con una polarità di segno opposto rispetto a tale prima polarità.

Secondo questa prima forma di realizzazione del presente esoscheletro soft, il meccanismo di cambio è dunque vantaggiosamente configurato per consentire la trasmissione del moto da tale albero principale a tale primo albero laterale, tramite il perno sopramenzionato in una prima posizione o in una seconda posizione secondo le quali la prima ruota primaria è ingranata con tale albero primario, la prima ruota dentata primaria e la prima ruota dentata secondaria essendo fra loro accoppiate, e/o la trasmissione del moto da tale albero principale a tale secondo albero laterale, tramite il perno sopramenzionato in una prima posizione o in una terza posizione secondo le quali la seconda ruota primaria è ingranata con tale albero primario, la seconda ruota dentata primaria e la seconda ruota dentata secondaria essendo fra loro accoppiate.

Alternativamente, in accordo con una seconda forma di realizzazione particolare della presente invenzione, tale meccanismo di cambio comprende un sistema a molle, predisposto per essere innescato o disinnescato da un comando o una pluralità di comandi inviati dalla centralina di controllo, tale sistema a molle essendo predisposto per esercitare una forza elastica di richiamo su tale perno.

Come detto, tale comando o tale pluralità di comandi vengono inviati dalla centralina di controllo in funzione di un segnale o una pluralità di segnali provenienti da tale pluralità di sensori, detto segnale o pluralità di segnali riguardando un movimento di tale almeno un arto.

Vantaggiosamente, esercitando una forza elastica di richiamo su tale perno e determinandone il movimento lungo tale percorso di scorrimento, tale sistema a molle consente la trasmissione del moto da tale albero principale a tale primo albero laterale e/o a tale secondo albero laterale.

Preferibilmente, in accordo con questa seconda forma di realizzazione, tale perno è predisposto per assumere le seguenti posizioni lungo tale percorso di scorrimento:

- una prima posizione, in cui tale perno consente alla prima ruota dentata primaria e alla seconda ruota dentata primaria di essere ingranate con tale albero principale, il sistema a molle essendo disinnescato e non esercitando una forza elastica di richiamo sul perno;

- una seconda posizione, in cui tale perno consente alla prima ruota dentata primaria di essere ingranata con tale albero principale, il sistema a molle essendo innescato ed esercitando sul perno una forza elastica di richiamo in una prima direzione lungo tale percorso di scorrimento; e

- una terza posizione, in cui tale perno consente alla seconda ruota dentata primaria di essere ingranata con tale albero principale, il sistema a molle essendo innescato ed esercitando sul perno una forza elastica di richiamo in una seconda direzione lungo tale percorso di scorrimento, tale seconda direzione essendo opposta alla prima direzione.

Vantaggiosamente, viene così consentita la trasmissione del moto dall'albero principale alla prima ruota dentata secondaria e/o alla seconda ruota dentata secondaria dentata primaria con la prima ruota

dentata secondaria e, così, possono di conseguenza essere efficacemente coadiuvati i movimenti flessione di tale porzione prossimale di un arto, in particolare di un arto superiore e quindi dell'articolazione della spalla e - al contempo o alternativamente - movimenti flessione di tale porzione
5 distale di un arto, in particolare di un arto superiore e quindi dell'articolazione del gomito.

Come detto, la sopramenzionata centralina di controllo è predisposta per inviare un comando o una pluralità di comandi a tale meccanismo di cambio, in particolare detto meccanismo di cambio
10 comprendendo un elettromagnete oppure un sistema a molle, tale meccanismo di cambio venendo innescato o disinnescato da tale comando e/o della pluralità di comandi provenienti dalla centralina di controllo.

Preferibilmente, l'esoscheletro soft secondo la presente
15 invenzione comprende un encoder, più preferibilmente un encoder assoluto, in cui tale encoder è predisposto per misurare la posizione angolare dell'albero principale del sopramenzionato motore elettrico.

Più preferibilmente, la centralina di controllo è predisposta per registrare la posizione dell'albero principale del motore elettrico, così
20 misurata dal sopramenzionato encoder, e raffrontarla con la posizione di tale almeno un arto (misurata tramite la sopramenzionata pluralità di sensori, in particolare tramite "sensori di tipo IMU", come si vedrà nel seguito) in modo tale che ad ogni grado di flessione della spalla e/o del gomito venga garantita un'opportuna tensione e, quindi, un'opportuna
25 forza di tensione dei cavi.

Preferibilmente, tale pluralità di sensori in grado di misurare un movimento di tale almeno un arto comprende almeno un sensore configurato per misurare almeno uno fra movimento direzionale dell'arto, accelerazione della porzione prossimale dell'arto, accelerazione della
5 porzione distale dell'arto, orientamento della porzione prossimale dell'arto, orientamento della porzione distale dell'arto per fornire informazioni quantitative a tale centralina di controllo sottoforma di un segnale o una pluralità di segnali.

Vantaggiosamente, grazie a tale pluralità di sensori in
10 collaborazione con la centralina di controllo e il sistema di attuazione, l'esoscheletro soft secondo la presente invenzione consente di rilevare l'intenzione di eseguire un movimento o una combinazione di movimenti da parte dell'utilizzatore ed assistere l'utilizzatore durante l'esecuzione di tale movimento o combinazione di movimenti, controllando lo stato di
15 attivazione di tale meccanismo di cambio e determinando l'eventuale attivazione del motore elettrico.

Più preferibilmente, tale pluralità di sensori in grado di misurare un movimento di tale almeno un arto comprende sensori inerziali e/o goniometri.

20 Alternativamente, tale pluralità di sensori in grado di misurare un movimento di tale almeno un arto comprende sensori di tipo IMU.

In particolare, ai sensi della presente invenzione con l'espressione "sensori di tipo IMU" si intendono cosiddette unità di misura inerziale o "Inertial Measurement Unit" ovvero dispositivi elettronici che
25 misurano e rilevano accelerazione, velocità angolari ed eventualmente

altre tipologie di forze e comprendono accelerometri, giroscopi e magnetometri tri-assiali.

Ancora più preferibilmente, per esempio quando tale almeno un arto dell'utilizzatore è un arto superiore e tale pluralità di sensori in grado
5 di misurare un movimento di tale almeno un arto comprendendo sensori di tipo IMU, tali sensori sono posizionati su tale soft suit in uno o più dei seguenti punti in cui è previsto il contatto con l'utilizzatore: in corrispondenza del petto in prossimità della clavicola, in corrispondenza del bicipite in prossimità del contro di massa dello stesso ed in
10 corrispondenza dell'avambraccio all'altezza del polso.

In aggiunta, secondo una forma di realizzazione particolare, il presente esoscheletro soft può comprendere almeno un sensore di forza configurato per misurare la quantità di forza applicata al primo cavo e al secondo cavo al fine di fornire un feedback a tale centralina di controllo.

15 Le caratteristiche ed i vantaggi dell'esoscheletro soft secondo l'invenzione risulteranno dalla descrizione dettagliata, fatta qui di seguito, e di sue forme di realizzazione date a titolo indicativo e non limitativo con riferimento ai disegni allegati.

Breve descrizione dei disegni

20 La Figura 1 rappresenta schematicamente una visione d'insieme dell'esoscheletro soft secondo la presente invenzione secondo una vista laterale di un utilizzatore che lo indossa.

La Figura 2 illustra una visione di insieme del sistema di attuazione, secondo una sua vista laterale.

25 La Figura 3 mostra il meccanismo di funzionamento del

meccanismo di cambio del sistema di attuazione, secondo una forma di realizzazione preferita del presente esoscheletro soft.

5 Alla Figura 4 e alla Figura 5 viene mostrata schematicamente una visione di insieme dell'esoscheletro soft di cui alla Figura 1 secondo una vista anteriore (addominale) e posteriore (dorsale), rispettivamente.

La Figura 6 rappresenta schematicamente una visione d'insieme dell'esoscheletro soft secondo la presente invenzione secondo una vista laterale e dall'alto di un utilizzatore che lo indossa, in cui vengono mostrati gli elementi di ancoraggio del sistema di trasmissione.

10 La Figura 7 e la Figura 8 illustrano schematicamente una visione di insieme dell'esoscheletro soft secondo una vista della parte anteriore e frontale del braccio e una vista della parte posteriore del braccio, rispettivamente, in cui vengono mostrati alcuni dettagli della soft suit.

15 Descrizione dettagliata di forme di realizzazione preferite

Nella Figura 1 è illustrato un esoscheletro soft 1 per l'assistenza al movimento di almeno un arto di un utilizzatore, in accordo con una forma di realizzazione preferita della presente invenzione.

20 Nello specifico, l'arto in questione è il braccio destro, il quale evidentemente si articola in una porzione prossimale ovvero la parte superiore del braccio e in una porzione distale ovvero l'avambraccio connesse attraverso un'articolazione, cioè l'articolazione del gomito.

La forma di realizzazione dell'esoscheletro soft 1 illustrata in Figura 1 è dunque predisposta per assistere l'utilizzatore nei movimenti
25 di flessione dell'articolazione della spalla e dell'articolazione del gomito.

L'esoscheletro soft 1 comprende innanzitutto una soft suit 2, raffigurata come indossata dall'utilizzatore sul braccio destro.

In generale, la soft suit dell'esoscheletro soft secondo la presente può comprendere una maglia di base realizzata in tessuto
5 comprendente uno strato esterno, per esempio realizzato in neoprene, e uno strato più interno ovvero una fodera predisposta per essere a diretto contatto con la pelle dell'utilizzatore, per esempio realizzato in poliestere.

In particolare, lo spessore complessivo del tessuto, cioè dello strato esterno e dello strato più interno, può essere compreso fra 1 mm e
10 2 mm, più in particolare pari a circa 1,5 mm, di cui eventualmente 1 mm di strato più esterno realizzato in neoprene e 0,5 mm di strato più interno realizzato in poliestere.

La combinazione dei suddetti materiali consente di avere un maggior comfort tra la soft suit e pelle umana, garantito dal poliestere, e
15 allo stesso tempo una maggior resistenza agli sforzi di taglio prodotti dai cavi nei punti di ancoraggio di questi sulla soft suit stessa, garantita dal neoprene.

Dunque, come illustrato in Figura 1, l'esoscheletro soft 1 comprende altresì una pluralità di sensori 3 in grado di misurare un
20 movimento di tale almeno un arto, nella fattispecie sensori IMU.

Inoltre, come meglio illustrato in Figura 2, l'esoscheletro soft 1 comprende un encoder 4, preferibilmente un encoder assoluto, nonché un motore elettrico 5 e un riduttore planetario 5b.

Il motore elettrico 5 è alimentato da una batteria, non illustrata,
25 in grado di alimentare l'esoscheletro soft 1 stesso.

La batteria è in grado di alimentare altresì un controller o centralina di controllo 5c, anch'essa compresa nell'esoscheletro soft 1 illustrato, la quale consente a sua volta di attivare o meno il funzionamento del motore 5.

5 La centralina di controllo 5c comprende un sistema a microprocessore e il driver del motore elettrico, non rappresentati. La centralina di controllo 5c è responsabile dell'attuazione del sistema di trasmissione in funzione dei segnali di feedback provenienti dalla pluralità di sensori 3.

10 Il motore elettrico 5 comprende a sua volta un albero principale 5a di trasmissione.

Con riferimento alla Figura 1, l'encoder 4, la batteria, il motore elettrico 5, l'albero principale 5a, il riduttore planetario 5b, la centralina di controllo 5c e tutto il sistema di attuazione sono contenuti all'interno
15 di un involucro esterno 6 e, dunque, non sono visibili dall'esterno.

L'involucro esterno è realizzato in materiale a basso peso specifico come plastica ed ha lo scopo di proteggere la componentistica in esso compresa da urti, polvere e sporco.

20 Alla Figura 2 è dunque illustrato in dettaglio il sistema di attuazione, compreso per l'appunto nell'involucro esterno 6, in questa figura non illustrato.

Il sistema di attuazione è alimentato dal motore elettrico tramite l'albero principale 5a, comprendente innanzitutto un primo albero laterale 8a e un secondo albero laterale 8b.

25 Il sistema di attuazioni ivi illustrato comprende altresì un prima

bobina girevole 9a in una prima direzione e in una seconda direzione, connessa al primo albero laterale 8a in maniera tale da essere fatta ruotare da tale primo albero laterale 8a, nonché una seconda bobina girevole 9b in una prima direzione e in una seconda direzione e connessa
5 a tale secondo albero laterale 8b in maniera tale da essere fatta ruotare da tale secondo albero laterale 8b.

Poi, il sistema di attuazione rappresentato comprende:

- una prima ruota dentata primaria 10 di trasmissione del moto per il sostegno di una prima articolazione, ovvero l'articolazione della
10 spalla, e calettata su tale albero principale 5a;

- una seconda ruota dentata primaria 11 di trasmissione del moto per il sostegno di una seconda articolazione, ovvero l'articolazione del gomito, e calettata su tale albero principale 5a;

- una prima ruota dentata secondaria 12 di trasmissione del
15 moto per il sostegno di una prima articolazione e calettata su tale primo albero laterale 8a;

- una seconda ruota dentata secondaria 13 di trasmissione del moto per il sostegno di una seconda articolazione e calettata su tale secondo albero laterale 8b.

20 Inoltre, il sistema di attuazione dell'esoscheletro soft 1 illustrato comprende un meccanismo di cambio 14.

Il meccanismo di cambio 14, rappresentato in maniera schematica alla Figura 2 e più in dettaglio alla Figura 3, è in grado di consentire la trasmissione del moto da tale albero principale 5a a tale
25 primo albero laterale 8a, tramite l'accoppiamento di tale prima ruota

dentata primaria 10 con tale prima ruota dentata secondaria 12, e/o la trasmissione del moto da tale albero principale 5a a tale secondo albero laterale 8b, tramite l'accoppiamento di tale seconda ruota dentata 11 primaria con tale seconda ruota dentata secondaria 13.

5 Come più evidente dalla Figura 3, il meccanismo di cambio 14 comprende un perno 18, longitudinalmente e liberamente scorrevole sull'albero principale 5a lungo un percorso di scorrimento ed è predisposto per consentire la trasmissione del moto dall'albero principale 5a al primo albero, tramite l'accoppiamento della prima ruota dentata
10 primaria 10 con la prima ruota dentata secondaria 12, e/o la trasmissione del moto dall'albero principale 5a al secondo albero laterale 8b, tramite l'accoppiamento della seconda ruota dentata primaria 11 con la seconda ruota dentata secondaria 13.

15 Il perno 18 è predisposto per consentire alla prima ruota dentata primaria 10 e/o alla seconda ruota dentata primaria 11 di essere ingranate con l'albero principale 5a per scorrimento del perno 18 stesso sull'albero principale 5a lungo il summenzionato percorso di scorrimento.

20 Come evidente dalla Figura 3, il perno 18 presenta una lunghezza pari ad almeno la distanza fra la prima ruota dentata primaria 10 e la seconda ruota dentata primaria 11.

Il meccanismo di cambio 14 comprende inoltre un elettromagnete 15, più precisamente un solenoide, predisposto per essere innescato o disinnescato da un comando o una pluralità di comandi inviati dalla centralina di controllo 5c.

25 Il solenoide 15 è a sua volta predisposto per esercitare una forza

elettromagnetica sul perno 18.

L'esoscheletro soft illustrato comprende altresì un sistema di trasmissione, ancorato alla soft suit 2 e collegato al sistema di attuazione.

Tornando alla Figura 1, il sistema di trasmissione comprende
5 innanzitutto un primo cavo 16 avente una porzione del primo cavo, non illustrata, avvolta attorno alla prima bobina girevole 9a, il primo cavo 16 estendendosi dalla prima bobina girevole 9a lungo tale soft suit 2 ed essendo in grado di coadiuvare il movimento di flessione di tale porzione prossimale dell'arto, ovvero dell'articolazione della spalla, quando tale
10 primo cavo 16 viene avvolto sulla prima bobina girevole 9a durante la rotazione della prima bobina girevole 9a in una prima direzione.

Il sistema di trasmissione del presente esoscheletro soft comprende inoltre un secondo cavo 17 avente una porzione del secondo cavo, non illustrata, avvolta attorno alla seconda bobina girevole 9b, il
15 secondo cavo estendendosi dalla seconda bobina girevole 9b lungo tale soft suit 2 ed essendo in grado di coadiuvare il movimento di flessione di tale porzione distale dell'arto, ovvero dell'articolazione del gomito, quando tale secondo cavo 17 viene avvolto sulla seconda bobina girevole 9b durante la rotazione della seconda bobina girevole 9b in una prima
20 direzione.

Alla Figura 3 è inoltre illustrata una modalità di funzionamento del meccanismo di cambio 14 di una forma di realizzazione preferita dell'esoscheletro soft secondo la presente invenzione.

Il meccanismo di cambio 14 comprende il perno 18,
25 longitudinalmente e liberamente scorrevole sul sopramenzionato albero

principale 5a lungo un percorso di scorrimento, e un invertitore di polarità 19.

L'invertitore di polarità 19 è predisposto, attraverso un apparato circuitale non illustrato perché del tutto convenzionale, l'apparato circuitale essendo in collegamento con l'elettromagnete 15, per determinare un'inversione di polarità della forza elettromagnetica generata dall'elettromagnete 15.

Come mostrato, il perno 18 può assumere le seguenti posizioni lungo tale percorso di scorrimento:

- 10 - una prima posizione, indicata come "posizione 0" in Figura 3, in cui il perno 18 consente alla prima ruota dentata primaria 10 e alla seconda ruota dentata primaria 11 di essere ingranate con l'albero principale 5a, l'elettromagnete essendo disinnescato e non esercitando una forza elettromagnetica sul perno 18;
- 15 - una seconda posizione, indicata come "posizione +1" in Figura 3, in cui il perno 18 consente alla prima ruota dentata primaria 10 di essere ingranata con l'albero principale 5a, l'elettromagnete essendo innescato ed esercitando sul perno 18 una forza elettromagnetica con una prima polarità, nella fattispecie, di segno positivo; e
- 20 - una terza posizione, indicata come "posizione -1" in Figura 3, in cui il perno 18 consente alla seconda ruota dentata primaria 11 di essere ingranata con l'albero principale 5a, l'elettromagnete essendo innescato ed esercitando sul perno 18 una forza elettromagnetica con una polarità di segno opposto rispetto a tale prima polarità ovvero, nella
25 fattispecie, di segno negativo.

In altre parole, scorrendo sull'albero principale 5a lungo il summenzionato percorso di scorrimento e assumendo le summenzionate tre differenti posizioni, il perno 18 è predisposto per impegnarsi con la summenzionata prima ruota dentata primaria 10 e/o con la
5 summenzionata seconda ruota dentata primaria 11.

Nello specifico, scorrendo sull'albero principale 5a lungo il summenzionato percorso di scorrimento e assumendo le summenzionate tre differenti posizioni, il perno 18 è predisposto per impegnarsi con la summenzionata prima ruota dentata primaria 10 e/o con la
10 summenzionata seconda ruota dentata primaria 11 tramite attraversamento delle stesse attraverso rispettivi prima cava di ruota dentata primaria e seconda cava di ruota dentata secondaria, allineate lungo tale percorso di scorrimento (e non rappresentate).

L'esoscheletro soft 1 illustrato comprende una pluralità di
15 sensori 3 che consiste in tre sensori di tipo IMU.

Alla Figura 4 si mostra visione di insieme dell'esoscheletro soft 1 secondo una sua vista anteriore.

In particolare, dalla Figura 4 è possibile notare il posizionamento sulla soft suit 2 della pluralità di sensori 3 in grado di
20 misurare un movimento di tale almeno un arto.

Come mostrato in Figura 4, i sensori 3 sono posizionati sulla soft suit 2 nei seguenti punti in cui è previsto il contatto con l'utilizzatore: in corrispondenza del petto in prossimità della clavicola, in corrispondenza del bicipite in prossimità del contro di massa dello stesso
25 ed in corrispondenza dell'avambraccio all'altezza del polso.

1 Alla Figura 5 si mostra visione di insieme dell'esoscheletro soft
2 1 secondo una sua vista posteriore, in cui sono mostrati due dei tre
3 summenzionati sensori 3: il sensore posto in corrispondenza del bicipite
4 in prossimità del contro di massa dello stesso ed il sensore posto in
5 corrispondenza dell'avambraccio all'altezza del polso.

6 La Figura 6 rappresenta schematicamente una visione
7 d'insieme dell'esoscheletro soft 1 secondo una sua vista laterale e
8 dall'alto, in cui vengono mostrati i mezzi di ancoraggio 20 del sistema di
9 trasmissione.

10 In particolare, come evidente, il primo cavo 16 è ancorato alla
11 soft suit 2 in maniera tale da estendersi lungo il deltoide anteriore
12 dell'utilizzatore e il secondo cavo 17 è ancorato alla soft suit 2 in maniera
13 tale da estendersi lungo il bicipite brachiale dell'utilizzatore.

14 Più in particolare, il primo cavo 16 è disposto sulla soft suit 2
15 in maniera tale da seguire il percorso della linea di tensione del deltoide
16 anteriore.

17 Coerentemente, il secondo cavo 17 è disposto sulla soft suit 2
18 in maniera tale da seguire il percorso della linea di tensione del bicipite
19 brachiale

20 Come evidente, i mezzi di ancoraggio 20 sono fissati alla soft
21 suit 2 in maniera tale che il primo e il secondo cavo 16 e 17 possano così
22 seguire il percorso delle linee di tensione del deltoide anteriore e del
23 bicipite brachiale, rispettivamente. Il primo cavo 16 assiste il movimento
24 di flessione della spalla, il secondo cavo 17 assiste il movimento di
25 flessione del gomito.

Alla Figura 7 viene mostrata una visione di insieme dell'esoscheletro soft 1 secondo una vista della parte anteriore e frontale del braccio.

Come evidente, la soft suit 2 comprende un tutore di spalla 21,
5 un primo tutore di braccio 22, predisposto per essere posizionato in corrispondenza della parte superiore del braccio dell'utilizzatore, un secondo tutore di braccio 23, predisposto per essere posizionato in corrispondenza dell'avambraccio dell'utilizzatore, e un tutore di polso 24, realizzati in neoprene.

10 I mezzi di ancoraggio 20 sono opportunamente posizionati sul tutore di spalla 21, sul primo tutore di braccio 22 e sul secondo tutore di braccio 23.

Come illustrato in Figura 7, il tutore di spalla 21 è predisposto per essere posizionato intorno alla spalla di interesse e comprende una
15 banda 21a di tutore di spalla predisposta per avvolgere il torace dell'utilizzatore.

Il primo tutore di braccio 22 è invece predisposto per essere posizionato in corrispondenza della parte superiore del braccio dell'utilizzatore ovvero fra il gomito e la spalla.

20 Diversamente, il secondo tutore di braccio 23 è predisposto per essere posizionato in corrispondenza dell'avambraccio dell'utilizzatore ovvero fra il polso e il gomito.

Infine, come mostrato il tutore di polso 24 comprende una banda 24a di tutore di polso predisposta per avvolgere il pollice intorno
25 al palmo della mano e alla parte superiore del pollice stesso.

Inoltre, il tutore di spalla 21, primo tutore di braccio 22, secondo tutore di braccio 23 e tutore di polso 24 comprendono mezzi di chiusura, non illustrati, che si concretano in un sistema di chiusura ad uncino ed asola (i.e. in un sistema di chiusura tipo Velcro).

5 La soft suit 2 comprende altresì fasce di giunzione in grado di collegare il tutore di spalla 21, il primo tutore di braccio 22, il secondo tutore di braccio 23 e il tutore di polso 24.

10 Le fasce di giunzione comprendono mezzi di regolazione, tali mezzi di regolazione essendo atti ad aumentare o diminuire la distanza fra tutori adiacenti.

15 Nello specifico, come mostrato in Figura 8, la soft suit 2 comprende una fascia di giunzione 26 predisposta per collegare il tutore di spalla 21 e il primo tutore di braccio 22, una fascia di giunzione 27 predisposta per collegare il primo tutore di braccio 22 e il secondo tutore di braccio 23, nonché due fasce di giunzione 28a e 28b predisposte per collegare il secondo tutore di braccio 23 e il tutore di polso 24.

Tutte le summenzionate fasce di giunzione sono realizzate in nylon.

20 La soft suit 2 comprende inoltre mezzi di regolazione che si concretano in quattro fibbie in materiale plastico, non illustrate.

Le fasce di giunzione in nylon 28a e 28b sono poste tra il secondo tutore di braccio 23 e il tutore polso 24 in modo tale che tali fasce di giunzione 28a e 28b possano impedire lo slittamento verso l'alto del secondo tutore di braccio 23.

25 La fascia di giunzione 26, posizionata tra il tutore spalla 21 e il

primo tutore di braccio 22 presenta una conformazione simile alle fasce di giunzione 28a e 28b.

Dunque, non si è proceduto semplicemente a collegare il tutore di spalla 21 con il primo tutore di braccio 22 sottostante sia nella parte frontale che nella parte anteriore, come proposto in alcune soluzioni di arte nota, poiché durante la flessione della spalla il tutore di spalla 21 e il primo tutore di braccio 22 sottostante si sarebbero avvicinati e, quindi, la fascia di giunzione 26 non si sarebbe trovata più in tensione e non avrebbe consentito di opporsi allo slittamento del primo tutore di braccio 22, situazione non desiderabile.

Per risolvere tale inconveniente la fascia di giunzione 26 presenta un andamento che segue il comportamento del giunto anatomico della spalla.

In particolare, la fascia di giunzione 26 ha un primo punto di cucitura 22a sul primo tutore di braccio 22 (in posizione frontale) e termina in un secondo punto di cucitura 22b sullo stesso tutore di braccio 22 (in posizione posteriore).

Più nello specifico, la fascia di giunzione 26 passa attraverso due anelli, un primo anello 26a e un secondo anello 26b, disposti sul tutore di spalla 21.

Una soluzione così proposta consente di seguire il movimento di flessione della spalla in modo tale che la fascia di giunzione 26 si trovi sempre in tensione e riesca a contrastare lo slittamento dei mezzi di ancoraggio.

Infine, non si è proceduto semplicemente a collegare il primo

tutore di braccio 22 con il secondo tutore di braccio 23 sottostante sia nella parte frontale che nella parte anteriore, come proposto in alcune soluzioni di arte nota, poiché durante la flessione della gomito il tutore di braccio superiore e il tutore di braccio inferiore sottostante si sarebbero avvicinati e quindi la fascia di giunzione 27 non si sarebbe trovata più in tensione e non avrebbe consentito di opporsi allo slittamento del secondo tutore di braccio 23, situazione non desiderabile.

Per risolvere tale inconveniente la fascia di giunzione 27 presenta un andamento che segue il comportamento del giunto anatomico del gomito ovvero avvolgendo il giunto anatomico del gomito, in modo tale che la fascia di giunzione 27 si trovi sempre in tensione.

Filippo Moscatelli
Nr. Iscr. ALBO 1713 B


RIVENDICAZIONI

1. Esoscheletro soft (1) per l'assistenza al movimento di almeno un arto di un utilizzatore, detto almeno arto comprendendo una porzione prossimale ed una porzione distale connesse attraverso un'articolazione, in cui detto esoscheletro soft comprende
- 5 una soft suit (2), indossabile dall'utilizzatore su detto almeno un arto,
- una pluralità di sensori (3) in grado di misurare un movimento di detto almeno un arto,
- 10 un sistema di attuazione alimentato da un motore elettrico (5) e comprendente
- detto motore elettrico (5) comprendente un albero principale (5a);
 - un primo albero laterale (8a) e un secondo albero laterale (8b);
 - 15 - un prima bobina girevole (9a) in una prima direzione e in una seconda direzione, connessa a tale primo albero laterale (8a) in maniera tale da essere fatta ruotare da tale primo albero laterale;
 - una seconda bobina girevole (9b) in una prima direzione e in una seconda direzione e connessa a tale secondo albero laterale (8b) in
 - 20 maniera tale da essere fatta ruotare da tale secondo albero laterale;
 - una prima ruota dentata primaria (10) di trasmissione del moto per il sostegno di una prima articolazione e calettata su tale albero principale (5a);
 - una seconda ruota dentata primaria (11) di trasmissione del
 - 25 moto per il sostegno di una seconda articolazione e calettata su tale

albero principale (5a);

- una prima ruota dentata secondaria (12) di trasmissione del moto per il sostegno di una prima articolazione e calettata su detto primo albero laterale (8a);

5 - una seconda ruota dentata secondaria (13) di trasmissione del moto per il sostegno di una seconda articolazione e calettata su detto secondo albero laterale (8b);

 - un meccanismo di cambio (14) in grado da consentire, in
maniera automatica, la trasmissione del moto da tale albero principale
10 (5a) a tale primo albero laterale (8a), tramite l'accoppiamento di detta
prima ruota dentata primaria (10) con tale prima ruota dentata
secondaria (12), e/o la trasmissione del moto da tale albero principale
(5a) a tale secondo albero laterale (8b), tramite l'accoppiamento di detta
seconda ruota dentata primaria (11) con tale seconda ruota dentata
15 secondaria (13); e,

un sistema di trasmissione, ancorato a detta soft suit (2) e
collegato a detto sistema di attuazione, comprendente:

 - un primo cavo (16) avente una porzione del primo cavo avvolta
attorno alla prima bobina girevole (9a), il primo cavo (16) estendendosi
20 dalla prima bobina girevole (9a) lungo detta soft suit 2) ed essendo in
grado di coadiuvare il movimento di flessione di detta porzione prossimale
dell'arto quando il primo cavo (16) viene avvolto sulla prima bobina
girevole (9a) durante la rotazione della prima bobina girevole (9a) in una
prima direzione;

25 - un secondo cavo (17) avente una porzione del secondo cavo

avvolta attorno alla seconda bobina girevole (9b), il secondo cavo (17) estendendosi dalla seconda bobina girevole (9b) lungo detta soft suit (2) ed essendo in grado di coadiuvare il movimento di flessione di tale porzione distale dell'arto quando il secondo cavo (17) viene avvolto sulla
5 seconda bobina girevole (9b) durante la rotazione della seconda bobina girevole (9b) in una prima direzione.

2. Esoscheletro soft (1) secondo la rivendicazione 1, in cui detto almeno un arto dell'utilizzatore è un arto superiore.

3. Esoscheletro soft (1) secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui
10 detto primo cavo (16) e detto secondo cavo (17) cavo sono cavi di Bowden.

4. Esoscheletro soft (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, detto primo cavo (16) è ancorato a detta soft suit (2) tramite mezzi di ancoraggio (20), posti in corrispondenza di almeno un primo punto di ancoraggio, e detto secondo cavo (17) è
15 ancorato a detta soft suit (2) tramite mezzi di ancoraggio (20), posti in corrispondenza di almeno un secondo punto di ancoraggio, detto almeno un primo punto di ancoraggio essendo in una posizione differente rispetto a detto almeno un secondo punto di ancoraggio.

5. Esoscheletro soft (1) secondo la rivendicazione 4, in cui detto
20 primo cavo (16) è ancorato a detta soft suit (2) in maniera tale da estendersi lungo il deltoide anteriore dell'utilizzatore e detto secondo cavo (17) è ancorato a detta soft suit (2) in maniera tale da estendersi lungo il bicipite brachiale dell'utilizzatore.

6. Esoscheletro soft (1) secondo una qualsiasi delle
25 rivendicazioni precedenti, comprendente una centralina di controllo (5c),

detta centralina di controllo (5c) essendo predisposta ad inviare un comando o una pluralità di comandi a detto sistema di attuazione in funzione di un segnale o una pluralità di segnali provenienti da detta pluralità di sensori (3), detto segnale o pluralità di segnali riguardando
5 un movimento di detto almeno un arto, preferibilmente detta centralina di controllo (5c) essendo predisposta per inviare detto comando e/o detta pluralità di comandi a detto motore elettrico (5) e/o a detto meccanismo di cambio (14).

7. Esoscheletro soft (1) secondo una qualsiasi delle
10 rivendicazioni precedenti, in cui detto meccanismo di cambio (14) comprende almeno un perno (18), longitudinalmente e liberamente scorrevole su detto albero principale (5a) lungo un percorso di scorrimento ed essendo predisposto per consentire la trasmissione del moto da tale albero principale (5a) a detto primo albero laterale (8a),
15 tramite l'accoppiamento di detta prima ruota dentata primaria (10) con detta prima ruota dentata secondaria (12), e/o la trasmissione del moto da detto albero principale (5a) a detto secondo albero laterale (8b), tramite l'accoppiamento di detta seconda ruota dentata primaria (11) con detta seconda ruota dentata secondaria (13), preferibilmente detto perno (18)
20 essendo predisposto per consentire alla prima ruota dentata primaria (10) e/o alla seconda ruota dentata primaria (11) di essere ingranate con detto albero principale (5a) per scorrimento di detto perno (18) su detto albero principale (5a) lungo detto percorso di scorrimento, più preferibilmente detto perno (18) presentando una lunghezza pari ad
25 almeno la distanza fra la prima ruota dentata primaria (10) e la seconda

ruota dentata primaria (11).

8. Esoscheletro soft (1) secondo la rivendicazione 7, in cui detto meccanismo di cambio (14) comprende almeno un elettromagnete (15), predisposto per essere innescato o disinnescato da detto comando o da
5 detta pluralità di comandi inviati da detta centralina di controllo (5c), detto almeno un elettromagnete (15) essendo predisposto per esercitare una forza elettromagnetica su detto perno (18).

9. Esoscheletro soft (1) secondo la rivendicazione 8, in cui detto meccanismo di cambio (14) comprende un invertitore di polarità (19),
10 detto invertitore di polarità (19) essendo predisposto per determinare un'inversione di polarità della forza elettromagnetica generata dall'elettromagnete (15), preferibilmente detto perno (18) essendo predisposto per assumere le seguenti posizioni lungo detto percorso di scorrimento:

15 - una prima posizione, in cui detto perno (18) consente alla prima ruota dentata primaria (10) e alla seconda ruota dentata primaria (11) di essere ingranate con detto albero principale (5a), l'elettromagnete (15) essendo disinnescato e non esercitando una forza elettromagnetica sul perno (18);

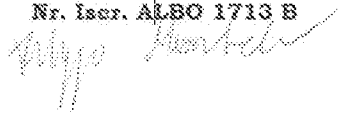
20 - una seconda posizione, in cui tale perno (18) consente solamente alla prima ruota dentata primaria (10) di essere ingranata con detto albero principale (5a), l'elettromagnete (15) essendo innescato ed esercitando sul perno (18) una forza elettromagnetica con una prima polarità; e

25 - una terza posizione, in cui detto perno (18) consente alla

seconda ruota dentata primaria (11) di essere ingranata con detto albero principale (5a), l'elettromagnete (15) essendo innescato ed esercitando sul perno (18) una forza elettromagnetica con una polarità di segno opposto rispetto a tale prima polarità.

- 5 10. Esoscheletro soft (1) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui detta pluralità di sensori (3) in grado di misurare un movimento di detto almeno un arto comprende sensori di tipo IMU.

Filippo Moscatelli
Nr. Iscr. ALBO 1713 B



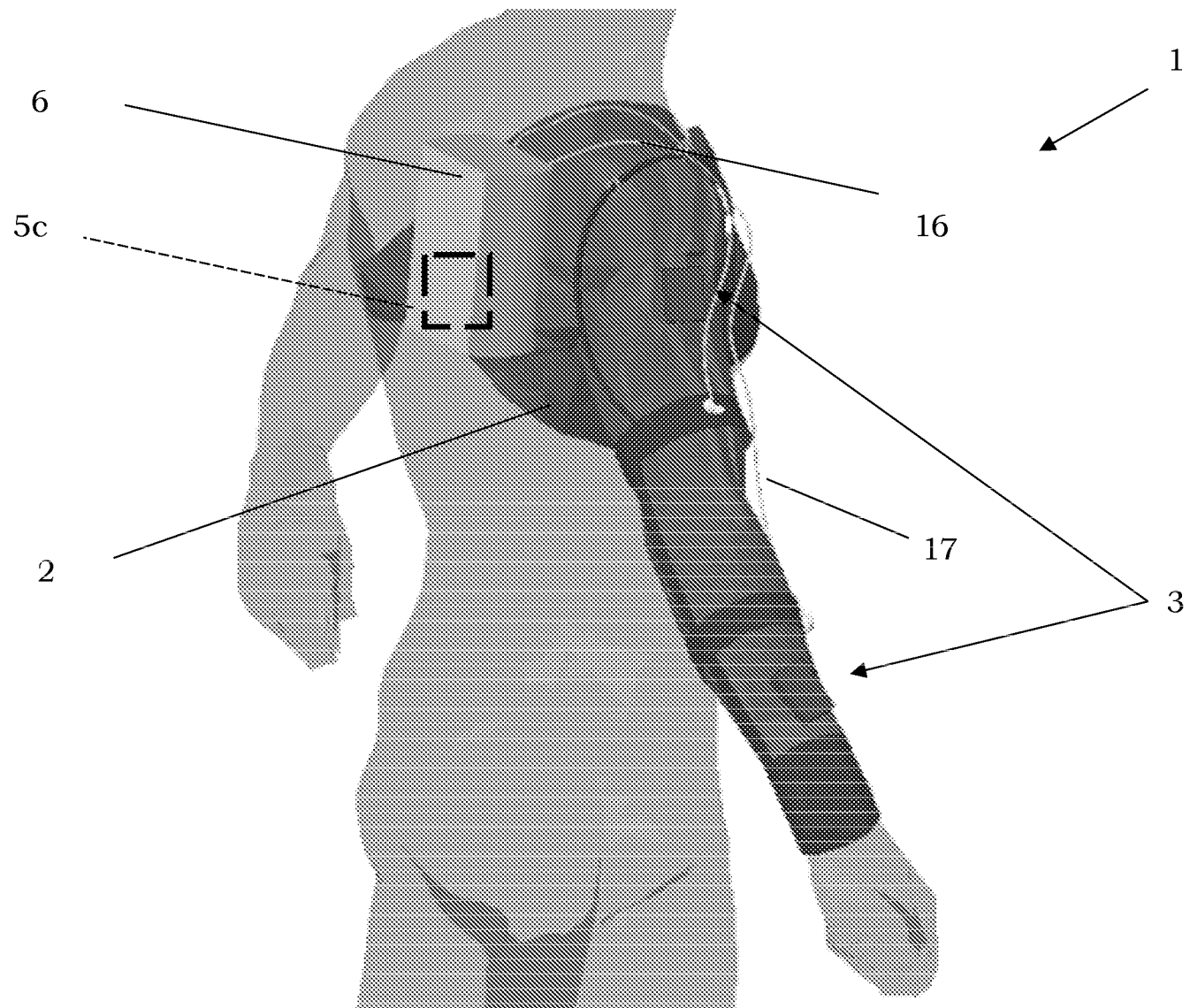


FIG. 1

Filippo Moscatelli
Mr. Iscr. ALBO 1713 B

Filippo Moscatelli

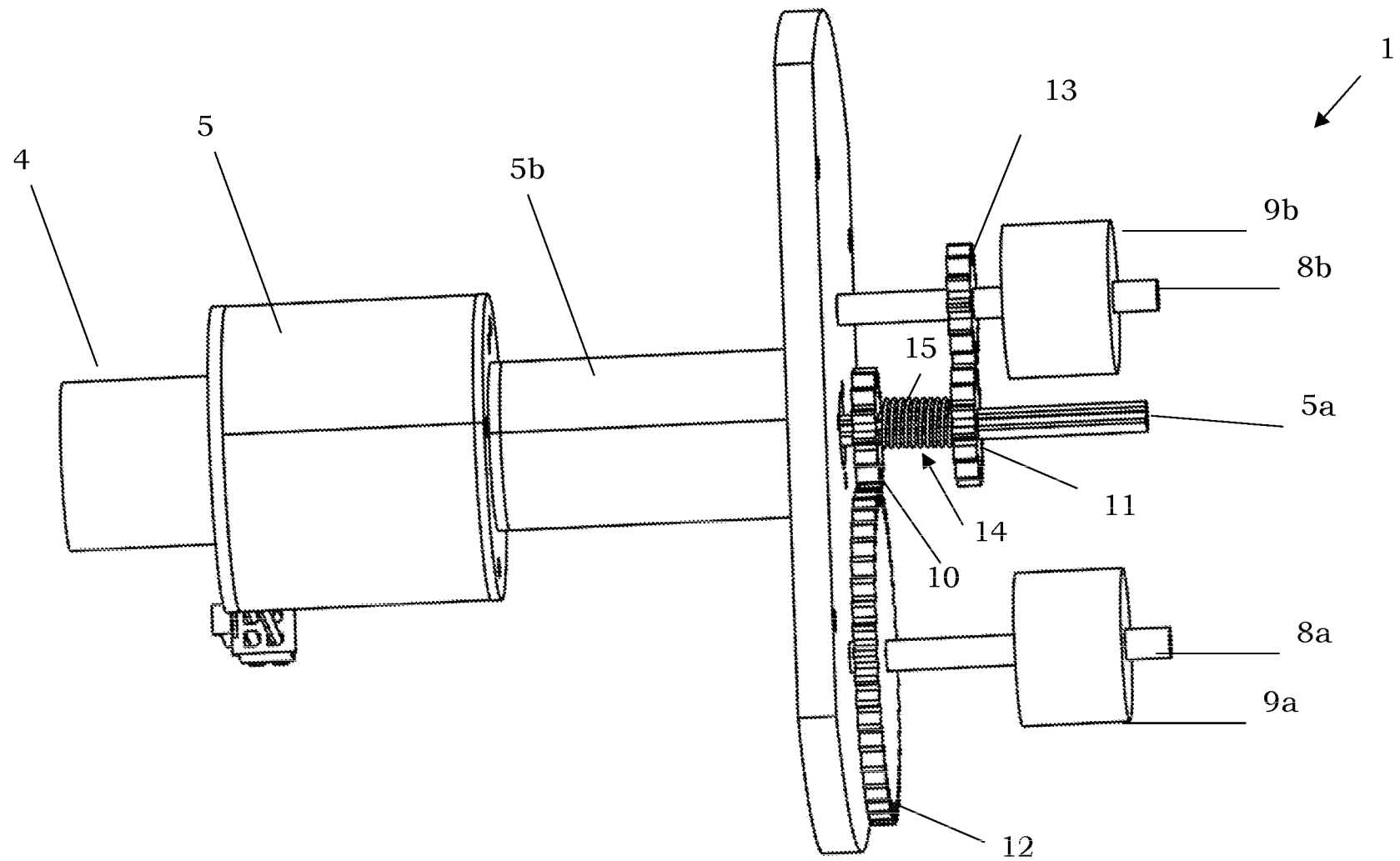


FIG. 2

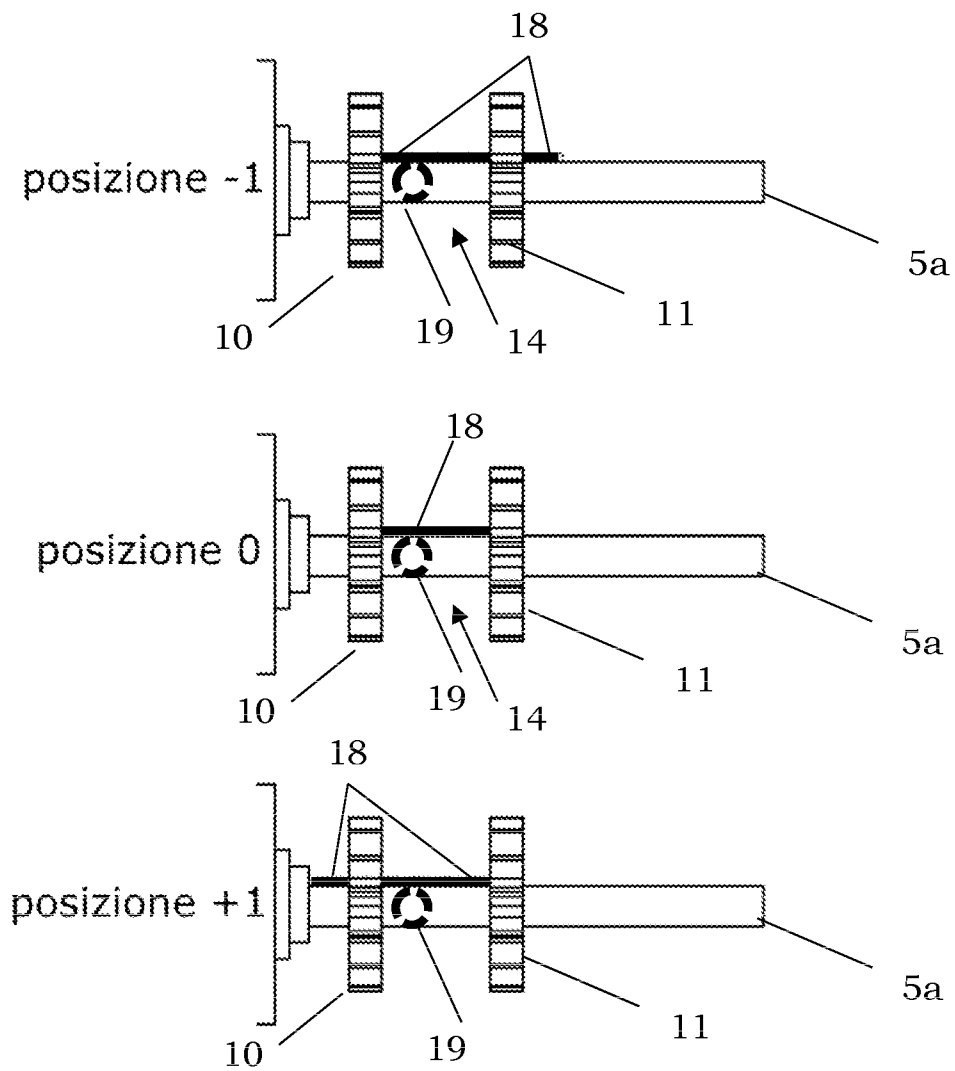


FIG. 3

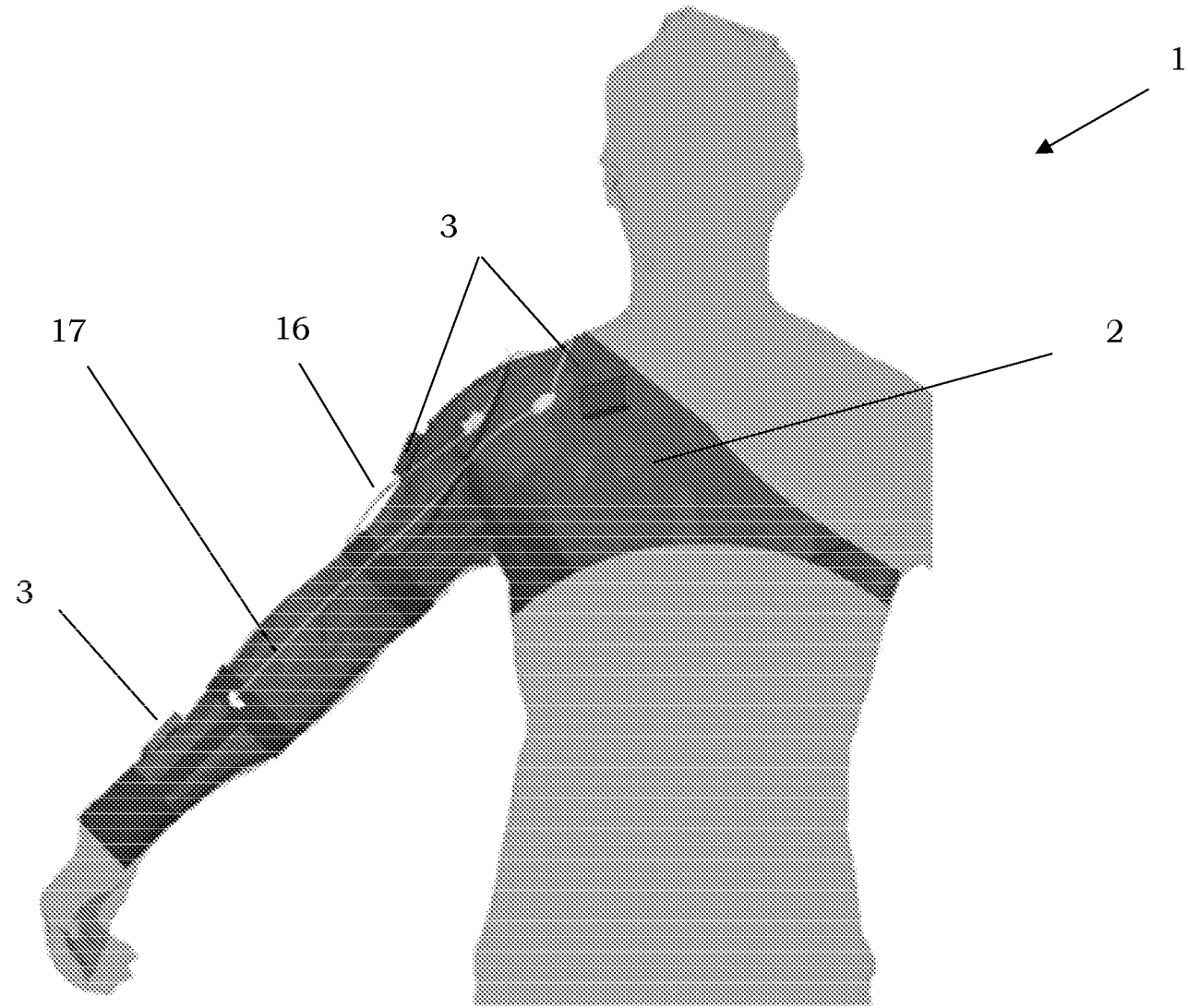


FIG. 4

Filippo Moscatelli
Mr. Iscr. ALBO 1713 B
Filippo Moscatelli

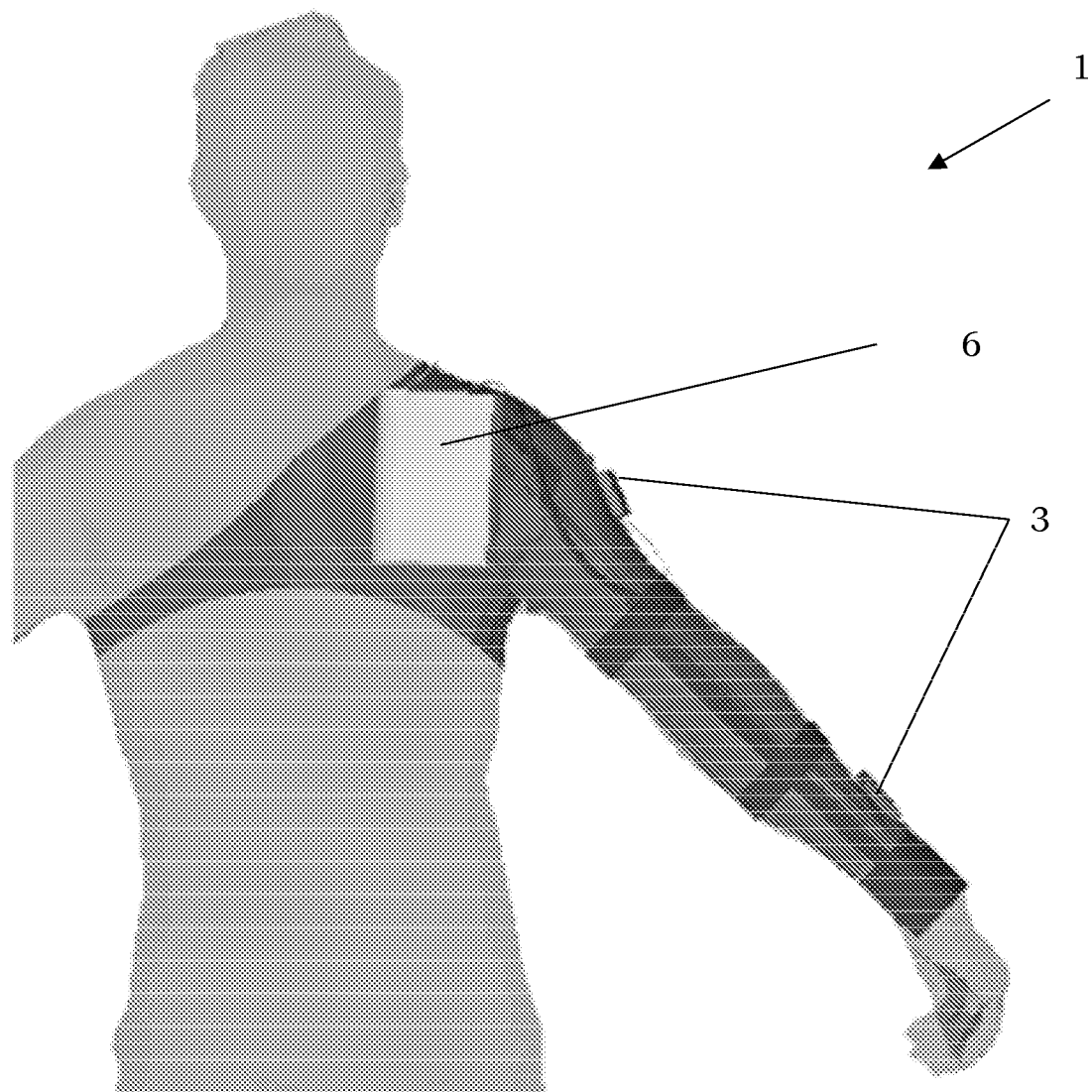


FIG. 5

Filippo Moscatelli
Mr. Inscr. ALBO 1713 B
Filippo Moscatelli

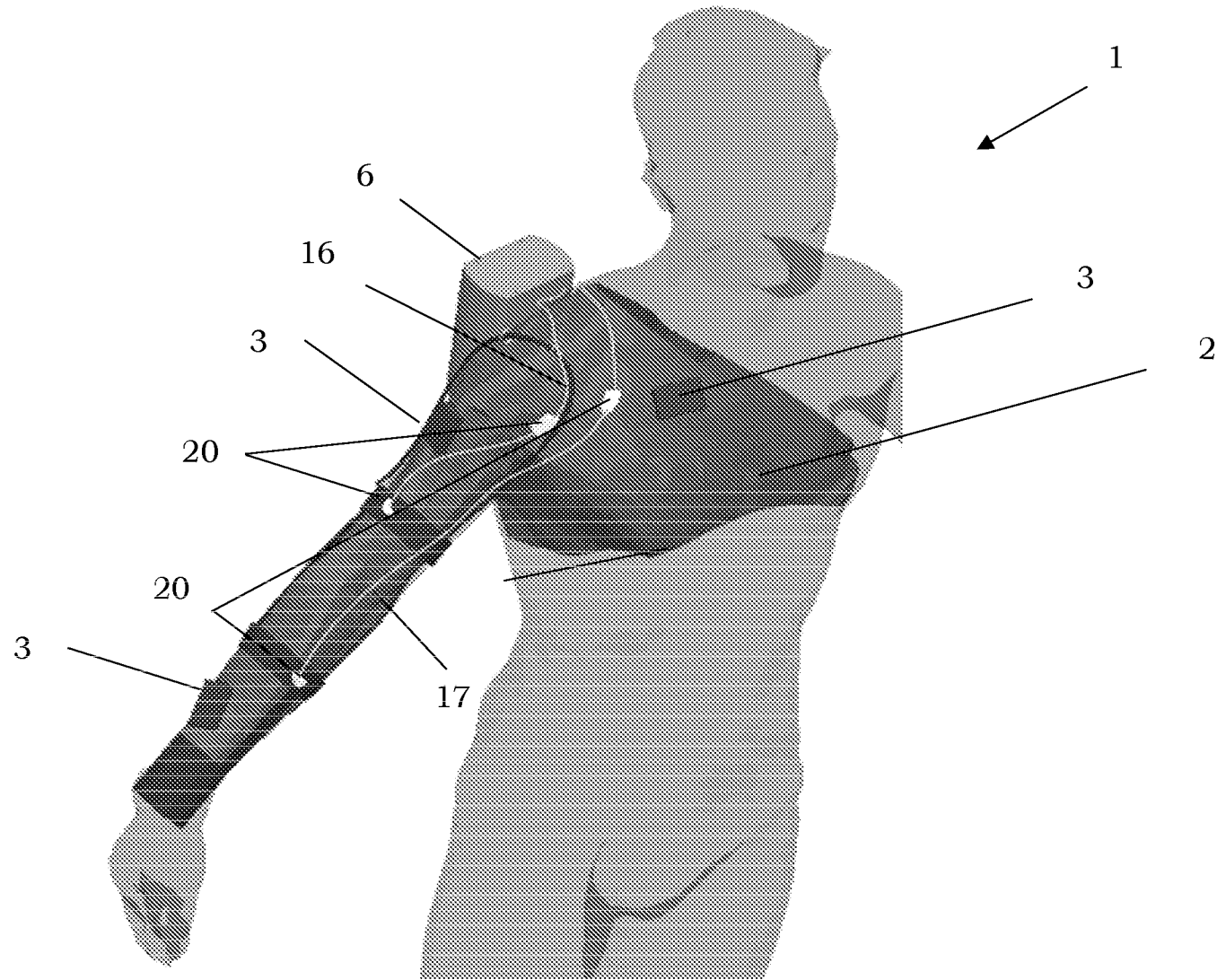


FIG. 6

Filippo Moscatelli
Nr. Iscr. ALBO 1713 B

Filippo Moscatelli

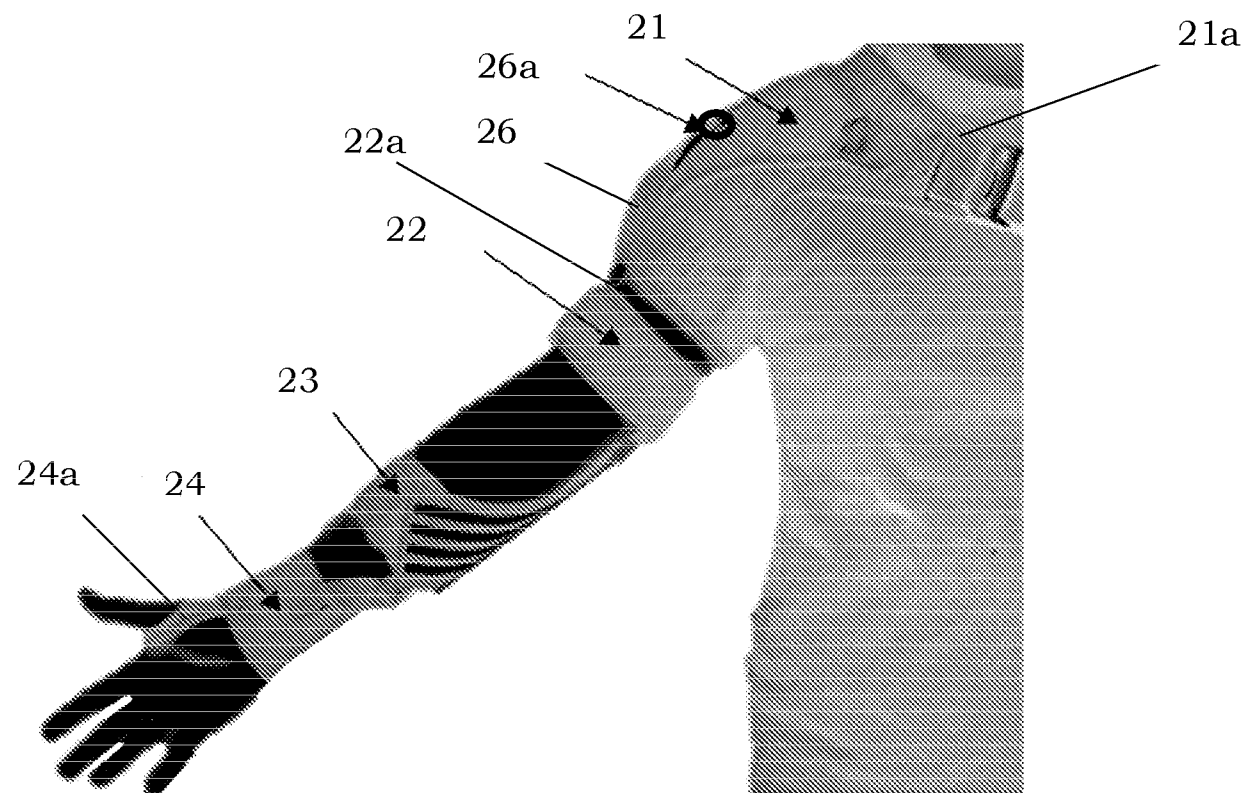


FIG. 7

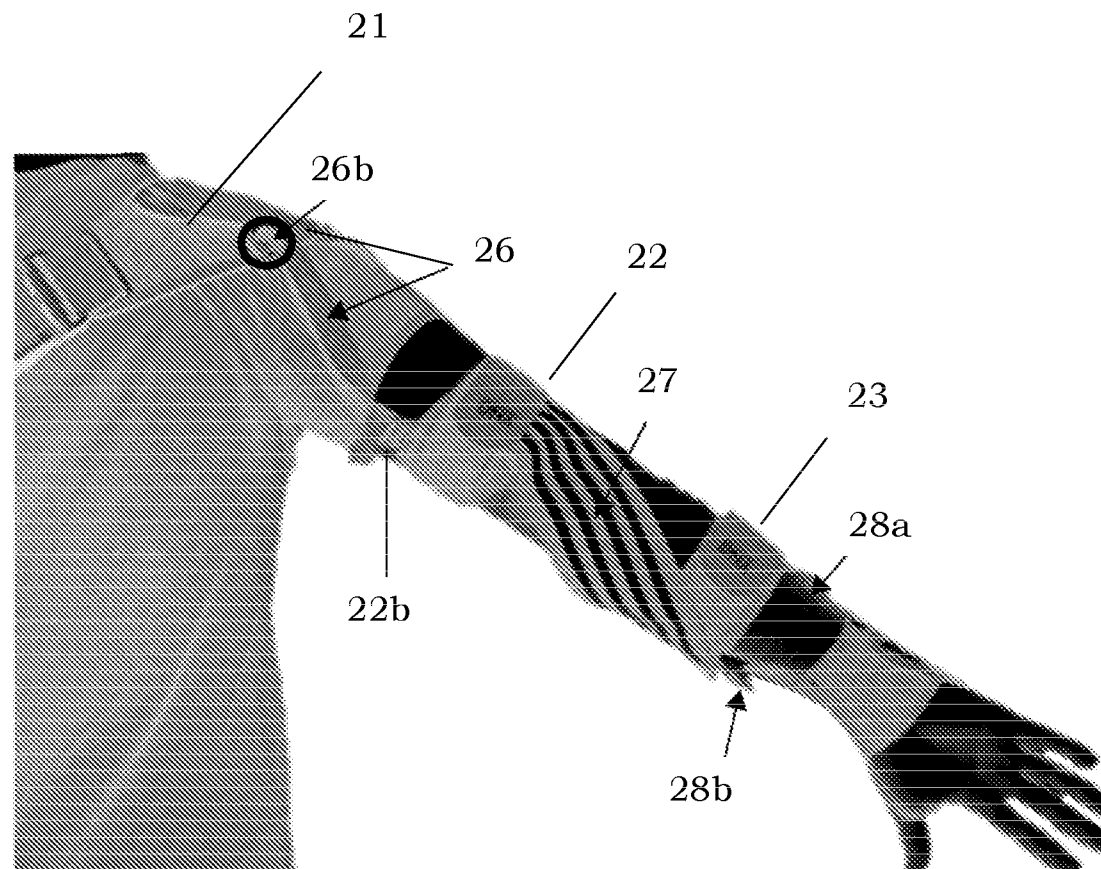


FIG. 8