

IL SISTEMA POLICETTIVO®

POSTURA, EQUILIBRIO, SCHEMA MOTORIO DELL'ESERCIZIO, BENESSERE



*Il testo è stato riassunto dal Dott. Giuliano Baron sulla base della
revisione di studi scientifici per l'applicazione del metodo Policettivo.
FISIOTERAPISTA – FOR PHYSIOMOOD SRL*

TESTO PARZIALE 2022

Sommario

Parliamo di GKBOX®	3
Il Concetto	3
Le sue qualità e punti focali?	4
Le sue potenzialità?	4
Integrare il Sistema Policettivo: Esercizi Motori Specifici per Migliorare la Postura e l'Equilibrio	5
Fisiologia, sistema sensoriale	7
<i>Il ruolo dei propriocettori muscolari nel senso della posizione dell'arto umano</i>	12
<i>Il sistema del nucleo del piede: un nuovo paradigma per comprendere la funzione intrinseca del muscolo del piede (Boada MD, 2011)</i>	14
Differenze di sviluppo nel campo recettivo del nervo meccanosensoriale della pelle glabra periferica e proprietà elettrofisiologiche intracellulari: caratterizzazione fenotipica nei ratti neonati e giovani.	14
<i>I sensi propriocettivi: i loro ruoli nel segnalare la forma del corpo, la posizione e il movimento del corpo e la forza muscolare</i>	15
Si è proceduto alla revisione di questo studio svolto dal Dipartimento di Fisiologia, Monash University, Victoria, Australia; e Neuroscience Research Australia e Università del New South Wales, Sydney, Australia.	15
IL CORPO NEL CERVELLO: SCHEMI ED IMMAGINI DEL CORPO	22
PROPRIOCCEZIONE ED ESERCIZIO	29
PROPRIOCCEZIONE NEGLI ANZIANI	31
PROPRIOCCEZIONE IN CLINICA	32
COMMENTI CONCLUSIVI DI QUESTO STUDIO DI REVISIONE	35
<i>Revisione dello studio: Mantenimento della postura eretta durante la rotazione del tronco provocata da movimenti rapidi e asimmetrici delle braccia</i>	36
Bibliografia	39

Prefazione

Il Sistema Policettivo rappresenta un metodo avanzato che si basa su diversi concetti scientifici fondamentali, tra cui la revisione sistematica e l'analisi di studi mirati alla comprensione dei meccanismi posturali e delle relazioni interne del sistema tonico posturale. Gli studi effettuati sono stati accuratamente selezionati per la loro rilevanza e l'utilità delle conclusioni ottenute nell'ambito della riabilitazione e della fisioterapia.

La valutazione accurata dell'equilibrio posturale richiede l'utilizzo combinato di test clinici, esami strumentali, anamnesi e osservazione per ottenere una visione olistica del problema. Inoltre, è essenziale comprendere come i recettori possono diventare "disregolati" per identificare il motivo di determinati squilibri posturali. Approfondendo la conoscenza sulla salute e il benessere fisico, è possibile diagnosticare e trattare efficacemente il dolore, migliorare i livelli di fitness e garantire una corretta igiene muscolare per una migliore qualità della vita.

Una buona postura e un buon equilibrio sono essenziali per l'igiene muscolare, la salute fisica generale e la riduzione del dolore, e sono fondamentali per garantire una conservazione delle funzioni fisiche e muscolo-articolari efficienti per tutta la vita. L'attività fisica regolare e l'esercizio sono elementi essenziali per la salute generale, il benessere e l'equilibrio, nonché per la prevenzione di disturbi del corpo e il miglioramento del metabolismo. L'allenamento fisico regolare rafforza il corpo e aumenta la sua resistenza alle malattie, diventando una parte importante dell'igiene personale e un passo essenziale per mantenere una buona salute fisica. Il Sistema Policettivo rappresenta un sistema completo, che si avvale di una serie di strumenti brevettati, software, accessori e sistemi progettati per offrire un'ampia gamma di opzioni all'utente e ai professionisti che ne gestiscono l'uso. Questo sistema utilizza strumenti pratici e utili, progettati specificamente per migliorare la postura, l'equilibrio, la salute fisica e il benessere generale, avvalendosi anche di sistemi informatici per lo sviluppo di piani di lavoro e di strumenti per l'esecuzione di esercizi di alto livello tecnico, con risultati rapidi ed efficaci.

Tra i vari contenuti integrati nel sistema si trova in particolare:

1. *LO STRUMENTO GKBOX®*,

GKBOX®, si tratta di un ottimo strumento per chiunque voglia integrare fitness, riabilitazione e fisioterapia nella propria vita quotidiana. Offre una serie di funzioni studiate per aiutare a migliorare la postura, la forma fisica e l'igiene generale. Grazie alle sue dimensioni compatte di soli 60 centimetri, GKBOX® può essere utilizzato come una palestra in miniatura nel comfort della propria casa. Con i suoi numerosi accessori e l'infinito numero di variabili d'uso, offre una soluzione efficiente e pratica per qualsiasi professionista sanitario del settore, professionista delle scienze motorie o semplice utente. Non solo ha un design pulito che occupa poco spazio, ma può anche essere facilmente integrato durante il suo utilizzo. Inoltre, con i suoi mini dettagli, GKBOX® assicura la massima praticità e bellezza sotto tutti gli aspetti.

2. *CUSCINO POLICETTIVO®*

Il cuscino Policettivo® è un'invenzione altamente innovativa che crea una pro-stabilità del piano di appoggio del corpo attraverso il piede e l'affermazione della gravità, consentendo l'attivazione di stimoli neurologici e cambiamenti reattivi nel sistema tonico posturale. Questo processo efficiente e selettivo è attentamente guidato dall'operatore sanitario professionale a fini riabilitativi, curativi e preventivi. L'uso di questo cuscino offre un approccio completo alla fisioterapia, in quanto può aiutare a raggiungere un equilibrio ottimale e a fornire cure preventive. Con l'aiuto di questo cuscino tecnologicamente avanzato, i professionisti sono in grado di gestire con successo i problemi muscolo-scheletrici, fornendo al contempo cure riabilitative e preventive.

3. ACCESSORI DI RESISTENZA E COMPLEMENTO

L'usabilità del sistema è ulteriormente migliorata dal fatto che può avvalersi di oltre 300 accessori, rendendo praticamente illimitata la portata di esercizi, attività e terapie riabilitative. I diversi accessori possono essere impiegati per aumentare l'intensità o la resistenza durante l'esecuzione di esercizi specializzati e possono anche essere utilizzati per facilitare l'esecuzione di esercizi variabili. Questo porta a un nuovo livello di versatilità non solo in termini di esercizi, ma anche di riabilitazione e fisioterapia, rendendo i cuscini Policettivo® e il GKBOX® soluzioni ancora più interessanti per diversi utenti.

4. SOFTWARE PER L'ANALISI DELLA POSTURA

Il software specifico impiegato in questo sistema offre un'ottima piattaforma per l'analisi posturale. Fotografando lo stato attuale del paziente, è in grado di identificare eventuali problemi muscolo-scheletrici, eterometrie portali o sindromi da deficit posturale. Questo aiuta la valutazione fisica e la valutazione dei risultati, fornendo un feedback sia al paziente che all'operatore. Inoltre, integrando l'anamnesi del paziente, il software offre soluzioni terapeutiche efficaci e personalizzate in base alle esigenze individuali. Per questo motivo, il sistema è stato progettato per essere molto semplice e pratico da usare, fornendo al contempo una fonte inestimabile di dati nel tempo.

5. SOFTWARE GKMAKE

Questo software fornisce un database di esercizi con cui il terapista può creare programmi personalizzati per i propri clienti, consentendo loro di accedere rapidamente e facilmente a schede di esercizi personalizzate dal proprio smartphone. Fornendo un foglio di esercizi su misura, l'utente ha la possibilità di continuare la terapia a casa con la guida di un professionista della salute. Questa combinazione di convenienza e personalizzazione rende il software uno strumento prezioso per chi cerca di migliorare la propria forma fisica con un approccio intelligente.

Parliamo di GKBOX®

GKBOX® è un prodotto ideato e sviluppato dal Dott. Giuliano Baron, seguendo le moderne evidenze scientifiche in campo posturale, propriocettivo e ginnico motorio. Tuttavia, la cosa più affascinante è che racchiude in sé un concetto di allenamento completamente innovativo, adatto per eseguire esercizi a casa propria o per essere utilizzato come strumento riabilitativo nei centri di fisioterapia o come attrezzo da palestra. Il criterio di allenamento su cui si basa il concetto di GKBOX® è abbinato a un metodo innovativo chiamato "Sistema Policettivo". Quest'ultimo si avvale di astrazioni ricavate da studi scientifici, pubblicati solitamente in PubMed e alti, che dimostrano l'efficacia dell'esercizio propriocettivo abbinato a prove di abilità ginnico motoria. L'abbinamento di compiti di equilibrio del corpo attraverso piani instabili ed esercizi di adattamento, correzione e ricalibrazione posturale, oltre che per rafforzare il tono e la trofia dei muscoli intrinseci ed estrinseci, migliora gli schemi motori e permette di riqualificare o ottimizzare la forma fisica in senso ampio e generale.

Il Concetto

Sappiamo bene di avere 32 denti e fin da piccoli ci è stato insegnato a lavarci i denti almeno due volte al giorno. I dentisti ci hanno insegnato l'importanza di una buona igiene orale per salvaguardare la salute della bocca ed evitare carie e altre problematiche. Si tratta di un'azione intelligente per la sanità della bocca che ci è stata trasmessa grazie all'educazione costante e alla guida dei nostri genitori. L'informazione meno nota è che abbiamo più di 600 muscoli, oltre 350 articolazioni e ben 206 ossa. Ad oggi l'educazione sanitaria non è stata sufficientemente forte e diffusa per sottolineare l'importanza di garantire una buona efficienza e funzionalità di articolazioni e muscoli. Anche la solidità delle ossa è strettamente correlata alla salute muscolo articolare. Ormai tutti sanno che eseguire regolarmente esercizio fisico permette di garantire una salute più solida, uno stato di benessere ottimale, maggiori livelli di energia, maggiore prestanza mentale, riduzione dello stress generale, e conservazione dello stato di efficienza globale garantendo protezione da malattie ortopediche, oltre alle dislipidemie e a quelle metaboliche

degenerative, come il diabete, l'ipertensione e cardiopatie circolatorie.

Non avendo ricevuto sufficienti informazioni, il più delle persone svolge attività fisica saltuariamente o in modo discontinuo, praticando esercizio fisico perlopiù a scopo ricreativo, ma senza un preciso ordine, soprattutto indirizzato a uno scopo di lungo termine rivolto alla salute.

Dagli studi più recenti è emersa l'importanza di svolgere esercizio fisico con cadenza quotidiana, questo perché permette di proteggere le funzioni osteo arto muscolari da sovraccarichi, indebolimenti, usura e disequilibri miotensivi.

Anche l'efficienza del metabolismo ne trae un notevole vantaggio, in quanto tutti i ritmi di scambio cellulare sono mantenuti funzionanti e in omeostasi.

Oltre questo è stato dimostrato che i livelli di energia globale del corpo, aumentano notevolmente, soprattutto se l'esecuzione di tale pratica avviene alle prime ore della giornata.

Un altro importante vantaggio si ottiene per effetto di un miglioramento delle capacità respiratorie e dei ritmi circolatori cardiaci, in quanto il cuore viene facilitato da una più scorrevole circolazione sanguigna e dall'attivazione tonico attiva dei muscoli, che facilitano il movimento del sangue.

La filosofia di GKBOX® ruota attorno all'idea di incoraggiare le persone a integrare l'attività fisica nella loro routine quotidiana. Questo è particolarmente importante nel mondo di oggi, dove gli impegni e la mancanza di motivazione possono rendere difficile dare priorità alla forma fisica e all'igiene personale. In quest'ottica, GKBOX® offre esercizi di allenamento personalizzati che possono essere eseguiti a casa, consentendo agli utenti di inserire l'esercizio fisico nella loro vita quotidiana con facilità. L'home fitness è diventato un modo incredibilmente popolare per mantenersi in salute e GKBOX® mira a renderlo facile e conveniente per tutti.

Fare esercizio anche solo per cinque minuti al giorno può avere numerosi benefici per la salute e contribuire a uno stato di benessere generale, soprattutto se gli esercizi sono personalizzati per uno scopo ben specifico di riqualifica delle funzioni globali di benessere. La routine di home fitness può essere un ottimo modo per far sì che l'esercizio quotidiano faccia parte della vostra vita. Non solo mantiene il corpo in forma, ma aiuta anche a mantenere le capacità metaboliche, cardiache e respiratorie dell'organismo. L'igiene personale non deve essere intesa come sola attività di pulizia del corpo, ma deve essere integrata da azioni capaci di migliorare lo stato di salute e conservare l'efficienza globale del corpo. A tal proposito si deve considerare la pratica di esercizio fisico quotidiano, una componente essenziale dell'igiene personale. Tutto questo mira al miglioramento delle condizioni globali di efficienza muscolare ed articolare, degli schemi motori organizzati, della postura ed equilibrio, dei livelli di funzionalità fisica complessiva. Impegnarsi quotidianamente in un'attività fisica rigenerante è il modo migliore per mantenere uno stile di vita sano, ma soprattutto per prevenire stati morbosi di salute e rallentare l'invecchiamento del corpo.

Le sue qualità e punti focali?

GKBOX® è sostanzialmente un attrezzo che racchiude un'intera palestra, infatti può avere centinaia di accessori abbinabili ed è realizzato con un design molto bello e semplice, ma allo stesso tempo altamente funzionale, infatti è costruito per mantenere ordine e ogni suo accessorio e una volta riposto occupa veramente pochissimo spazio. Può essere utilizzato come un gradino, come una panca o semplicemente come un supporto ad ogni allenamento. Basti pensare che si possono eseguire più di 1000 esercizi di Fitness e altrettanti di Fisioterapia, in quanto è studiato per essere versatile, ma grazie ai suoi accessori, ricopre ogni allenamento immaginabile.

GKBOX® è uno strumento straordinario per chi vuole allenarsi a casa ed avere tutto quello che gli serve per ogni esercizio, mentre diventa un'aggiunta complementare a tutte le strumentazioni adatte al Fitness e nello specifico in alcune tecniche chinesio-logiche riabilitative in Fisioterapia.

Le sue potenzialità?

Le possibilità di utilizzo del GKBOX® sono veramente molte, sia in campo ginnico che riabilitativo, ma la caratteristica più importante è nel suo uso in riabilitazione, perché GKBOX® ha al suo interno un'identità curativa che racchiude un innovativo sistema di terapia e allenamento, chiamato metodo Policettivo, riservato professionalmente ai Fisioterapisti, che permette di sviluppare le abilità fisiche e potenziarle al massimo le qualità funzionali del sistema tonico posturale del corpo. Infatti, il

miglioramento della resistenza, forza muscolare, delle abilità fisiche nel suo complesso oltre alle capacità motorie, della forza muscolare e dell'organizzazione degli schemi motori. GKBOX® è in grado di stimolare tutto il sistema nervoso, sia periferico che centrale e potenziarne le abilità, migliorando di fatto l'intelligenza neuromotoria.

Integrare il Sistema Policettivo: Esercizi Motori Specifici per Migliorare la Postura e l'Equilibrio

Nell'ambito della riabilitazione e della fisioterapia, l'integrazione del Sistema Policettivo rappresenta un metodo avanzato che si basa su principi scientifici fondamentali. Attraverso una revisione sistematica e un'analisi accurata degli studi, questo sistema mira a comprendere i meccanismi posturali e le relazioni interne del sistema tonico posturale, al fine di offrire soluzioni efficaci per la diagnosi e il trattamento di disturbi legati all'equilibrio e alla postura.

La valutazione accurata dell'equilibrio posturale richiede l'utilizzo combinato di test clinici, esami strumentali, anamnesi e osservazione per ottenere una visione completa del problema. È fondamentale comprendere come i recettori possono influenzare gli squilibri posturali al fine di identificare le cause sottostanti. Attraverso una conoscenza approfondita della salute e del benessere fisico, è possibile diagnosticare e trattare efficacemente il dolore, migliorare i livelli di fitness e garantire un'adeguata igiene muscolare per una migliore qualità di vita.

Un aspetto chiave dell'integrazione del Sistema Policettivo è l'esecuzione di esercizi motori specifici che mirano a migliorare la postura e l'equilibrio. Tra gli strumenti utilizzati, spiccano il GKBOX®, un versatile strumento che permette di svolgere una vasta gamma di esercizi per migliorare la postura e la forma fisica, e il cuscino Policettivo®, un'invenzione innovativa che favorisce l'attivazione dei recettori e stimola il sistema tonico posturale.

Inoltre, il sistema si avvale di oltre 300 accessori che consentono di personalizzare gli esercizi e di aumentare l'intensità o la resistenza durante l'allenamento. Grazie a un software dedicato, è possibile analizzare la postura del paziente, identificare eventuali problemi muscolo-scheletrici e creare programmi personalizzati di esercizi. Questo permette ai professionisti della salute di offrire soluzioni terapeutiche mirate e ai pazienti di continuare la terapia a casa con il supporto del proprio smartphone.

Integrare il Sistema Policettivo non solo offre un approccio completo alla riabilitazione e alla fisioterapia, ma promuove anche la prevenzione di disturbi del corpo e il miglioramento del metabolismo. L'attività fisica regolare e gli esercizi specifici non solo contribuiscono a rafforzare il corpo e aumentarne la resistenza alle malattie, ma favoriscono anche una corretta igiene muscolare e una migliore salute fisica generale. Va da se che, l'integrazione del Sistema Policettivo e l'esecuzione di esercizi motori specifici rappresentano un approccio completo per migliorare la postura, l'equilibrio e la salute fisica. Con l'uso di strumenti avanzati, accessori personalizzabili e un'adeguata supervisione professionale, è possibile ottenere risultati positivi nella riabilitazione, nella prevenzione di disturbi muscolo-scheletrici e nel miglioramento complessivo del benessere fisico.

“Non c'è cosa che non venga resa più semplice attraverso la costanza e la familiarità e l'allenamento. Attraverso l'allenamento noi possiamo cambiare; noi possiamo trasformare noi stessi.” Cit. DALAI LAMA

**Attraverso la sublime
pratica della
somministrazione selettiva
della propriocezione o dello
sforzo, siamo in grado di
governare con maestria le
potenti forze di gravità e
attrito, piegandole alle
nostre volontà e
raggiungendo vette di
conoscenza scientifica
senza precedenti. Cit.GB**

Non è stata trovata alcuna voce dell'indice delle figure.

Spunti iniziali sulle Funzioni del sistema neurofisiologico posturale

L'argomento trattato in questo testo riguarda gli aspetti funzionali e i meccanismi che regolano il comportamento posturale da un punto di vista fisiologico. Il sistema posturale è guidato da due canali; **l'esterocettività e la propiocezione**, che raccolgono informazioni e le elaborano attraverso i centri responsabili del controllo metamero verticale e orizzontale.

Fisiologia, sistema sensoriale

Le sensazioni sono fondamentali per la percezione del mondo e per il nostro movimento motorio. Esse possono essere classificate in sensazioni generali e sensi speciali. Le sensazioni generali includono il tatto, il dolore, la temperatura, la pressione e la propiocezione. I recettori della pelle, come i termorecettori e i meccanorecettori, sono responsabili della trasmissione di queste sensazioni al cervello attraverso i neuroni spinali. Le sensazioni sono importanti per la nostra sopravvivenza, poiché ci proteggono da pericoli come la temperatura estrema e ci aiutano a mantenere una postura corretta e a eseguire movimenti precisi. (Gadhvi M, 2022)

Il controllo orizzontale si riferisce alla capacità del sistema nervoso centrale di coordinare i movimenti e la postura laterale del corpo. In particolare, il controllo orizzontale si occupa del mantenimento dell'equilibrio laterale e della stabilità durante i movimenti laterali, come il passo laterale, il cambiamento di direzione e il movimento laterale del tronco.

Il controllo orizzontale coinvolge i sistemi sensoriali e motori che forniscono informazioni sulla posizione e il movimento del corpo, compreso il sistema vestibolare dell'orecchio interno, il sistema visivo e il sistema somatosensoriale (propriocezione).

Il controllo orizzontale è essenziale per attività come la corsa, il salto, il tennis e altri sport che richiedono movimenti laterali rapidi e precisi. Quando il controllo orizzontale è compromesso, possono verificarsi disturbi dell'equilibrio laterale, problemi di coordinazione e altre complicazioni.

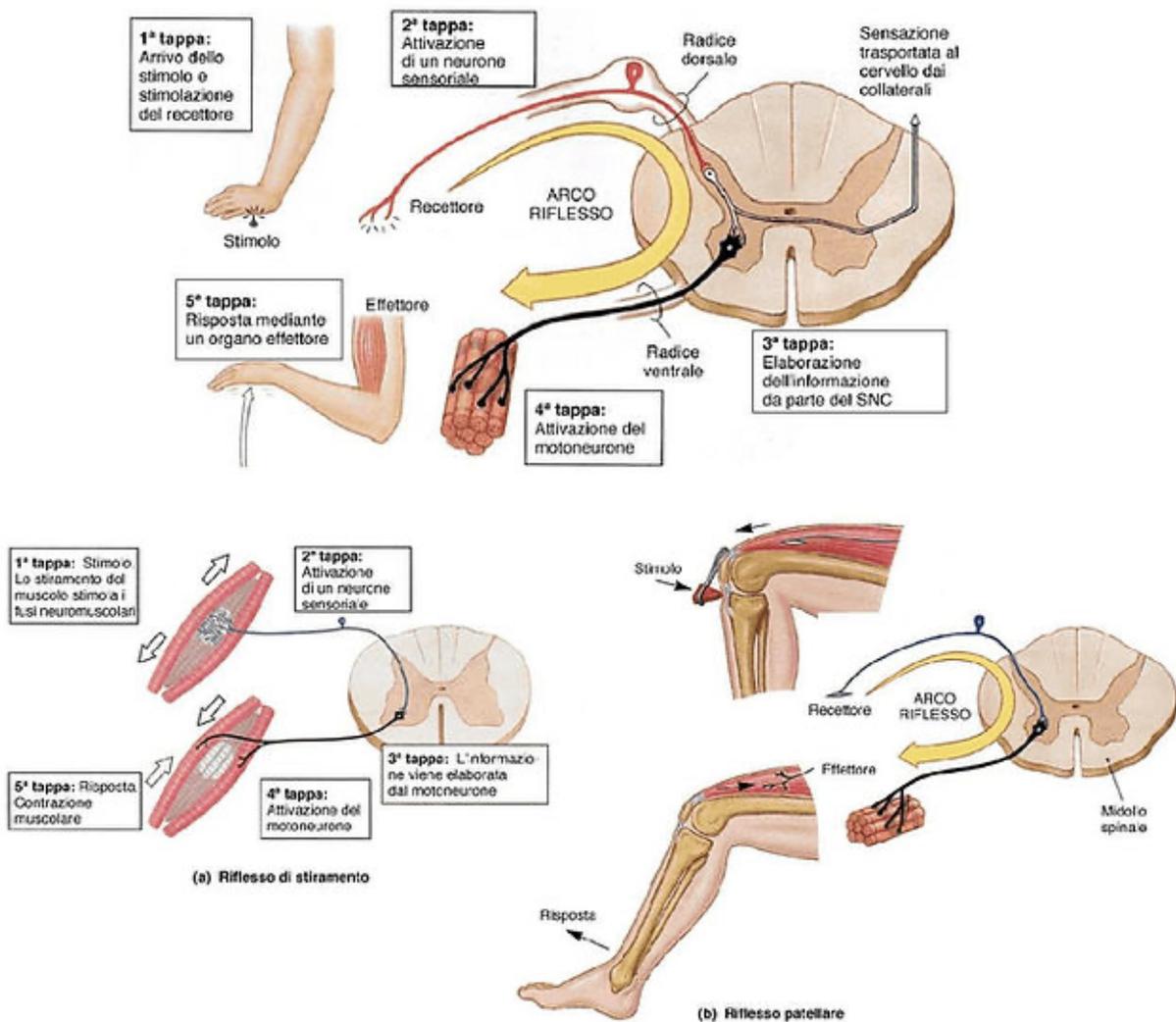
Il controllo orizzontale è regolato principalmente dal sistema nervoso autonomo, che modula l'attività muscolare e la tensione dei muscoli scheletrici per mantenere l'equilibrio e la postura laterale in modo adeguato. Inoltre, il sistema nervoso centrale può adattarsi al cambiamento delle condizioni ambientali, come la superficie del terreno e la velocità del movimento, per garantire un controllo orizzontale efficace in ogni situazione. (medicina funzionale globale)

Il controllo orizzontale tra i muscoli agonisti e antagonisti è gestito dal metamero corrispondente attraverso l'azione degli archi riflessi monosinaptici e polisynaptici. L'arco monosinaptico avviene tra l'informazione esterocettiva cutanea e il circuito gamma, che coordina l'allungamento o l'accorciamento dei muscoli, e questo, per mezzo del controllo attivo dei fusi neuromuscolari e gli organi tendinei di Golgi.

L'arco monosinaptico è una connessione neuronale diretta e semplice tra un neurone sensoriale (afferente) e un neurone motorio (efferente). Questo tipo di arco è chiamato "monosinaptico" perché coinvolge solo due neuroni e una singola sinapsi tra di essi.

L'arco monosinaptico è responsabile dei riflessi più semplici, come il riflesso patellare (o riflesso del ginocchio), in cui il colpo di un martelletto sul tendine rotuleo provoca la contrazione involontaria del muscolo quadricipite. In questo riflesso, il neurone sensoriale rileva la stimolazione del tendine e invia un segnale al midollo spinale, dove si connette direttamente con il neurone motorio che innerva il muscolo interessato, causandone la contrazione.

L'arco monosinaptico è importante perché consente al corpo di reagire rapidamente a stimoli ambientali senza che il cervello debba essere coinvolto in ogni singolo processo di elaborazione sensoriale-motoria.



L'arco polisynaptico è una via neuronale più complessa rispetto all'arco monosinaptico, che coinvolge tre o più neuroni interconnessi tra loro attraverso sinapsi. In questo tipo di arco, il segnale sensoriale viene elaborato da più neuroni intermedi, che aggiungono informazioni e

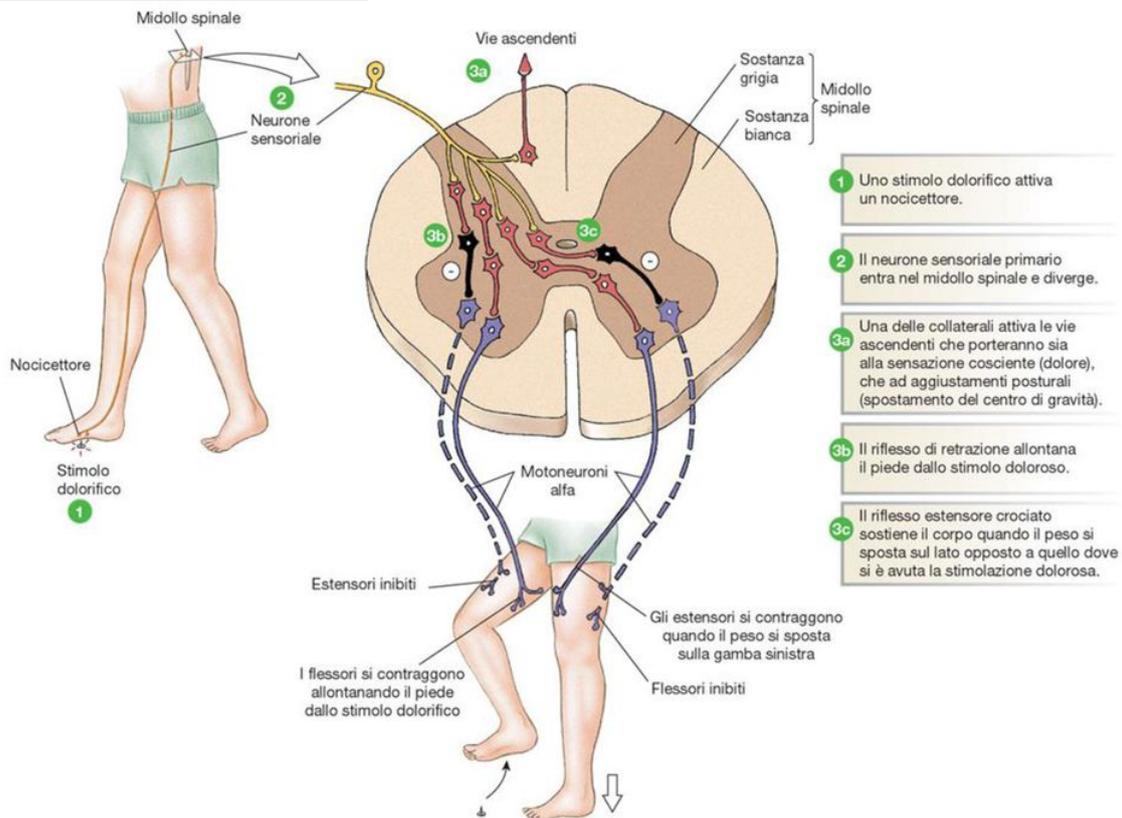
modulano la risposta finale del neurone motorio.

Un esempio di arco polisinaptico è il riflesso di fuga, che si attiva quando si avverte un pericolo imminente e si cerca di allontanarsi il più rapidamente possibile. In questo caso, il segnale sensoriale viene elaborato da neuroni intermedi nel midollo spinale e nel tronco encefalico, che attivano un'ampia gamma di muscoli del corpo per consentire una risposta coordinata.

L'arco polisinaptico è importante perché consente di integrare informazioni sensoriali da diverse fonti e di generare una risposta motoria più precisa e adattativa rispetto all'arco monosinaptico. Questo tipo di arco è coinvolto in molte funzioni motorie complesse, come il controllo posturale, la locomozione e i movimenti volontari.

Il controllo verticale si riferisce alla capacità del sistema nervoso centrale di mantenere l'equilibrio e la stabilità del corpo rispetto alla forza di gravità durante il movimento e la postura. Questo tipo di controllo coinvolge il sistema vestibolare dell'orecchio interno, il sistema visivo e il sistema somatosensoriale (propriocezione) che rilevano le informazioni relative alla posizione e al movimento del corpo.

RIFLESSI POLISINAPTICI



Da Silverthorn, fisiologia umana, Ambrosiana

Il controllo verticale è necessario per mantenere la postura eretta, per camminare e per effettuare altri movimenti in modo sicuro ed efficiente. Quando il controllo verticale è compromesso, possono verificarsi disturbi dell'equilibrio, vertigini, cadute e altre complicazioni.

Il controllo verticale è regolato principalmente dal sistema nervoso autonomo, che modula l'attività muscolare e la tensione dei muscoli scheletrici per mantenere l'equilibrio e la postura in modo adeguato. Inoltre, il sistema nervoso centrale può adattarsi al cambiamento delle condizioni ambientali, come l'altitudine, la superficie del terreno e la gravità, per garantire un controllo verticale efficace in ogni situazione.

L'enterocezione partecipa ugualmente ai meccanismi fisiologici posturali e viene considerata il terzo canale, assieme all'esterocezione e propriocezione.

L'enterocezione è la capacità del nostro organismo di percepire e integrare le sensazioni relative alle funzioni e ai processi dell'apparato gastrointestinale. Queste sensazioni includono la percezione della fame, della sazietà, della digestione, della distensione dello stomaco, della contrazione intestinale e della sensazione di nausea.

L'enterocezione coinvolge il sistema nervoso enterico, un complesso sistema di neuroni e cellule gliali presenti nella parete dell'apparato gastrointestinale, che è in grado di funzionare in modo indipendente dal sistema nervoso centrale. Tuttavia, il sistema nervoso enterico è in grado di comunicare con il sistema nervoso centrale attraverso il sistema nervoso autonomo, che regola la funzione dell'apparato gastrointestinale.

L'enterocezione è importante per la regolazione dell'assunzione di cibo e per la digestione efficace dei nutrienti. Inoltre, la percezione dell'enterocezione può influenzare il nostro stato emotivo e il nostro comportamento alimentare.

Alcuni disturbi dell'enterocezione includono la sindrome dell'intestino irritabile, la dispepsia funzionale e l'obesità. In questi disturbi, la percezione dell'enterocezione è alterata, causando sintomi gastrointestinali, problemi di alimentazione e altri disturbi correlati.

I recettori cutanei sono terminazioni nervose specializzate presenti nella pelle che rilevano i diversi tipi di stimoli meccanici, termici, chimici ed elettrici e trasmettono queste informazioni al sistema nervoso centrale attraverso i nervi sensoriali.

Ci sono diversi tipi di recettori cutanei, ognuno specializzato nel rilevare un determinato tipo di stimolo.

Ad esempio:

-I recettori meccanici, come i corpuscoli di **Meissner e di Pacini**, sono sensibili alla pressione, alla vibrazione e alla deformazione della pelle.

-I recettori termici, come i corpuscoli di **Krause e di Ruffini**, sono sensibili alle variazioni di temperatura e alla sensazione di calore e freddo.

-I recettori del dolore, come i corpuscoli di **Golgi-Mazzoni e di Merkel**, sono sensibili alla stimolazione meccanica, termica o chimica che può causare dolore o disagio.

-I recettori tattili, come i **corpuscoli di Merkel**, sono sensibili alla pressione leggera e al tocco delicato.

La distribuzione dei recettori cutanei varia a seconda delle diverse parti del corpo e dell'attività sensoriale specifica. Ad esempio, la pelle delle dita ha una concentrazione molto elevata di recettori tattili, mentre la pelle del dorso ha una concentrazione più elevata di recettori termici. I recettori cutanei sono fondamentali per il nostro senso del tatto, percepiscono gli stimoli che ci consentono di sentire il calore, il freddo, il dolore e la pressione. Queste informazioni sono trasmesse al sistema nervoso centrale, dove vengono elaborate e interpretate per permetterci di interagire con l'ambiente e di effettuare attività quotidiane come la manipolazione di oggetti e il riconoscimento di texture e di forme.

I recettori meccanici ossia gli esterocettori cutanei sono recettori sensoriali specializzati nella percezione delle sensazioni tattili e del movimento. Questi recettori sono presenti nella pelle e sono responsabili della sensazione di pressione, di deformazione e di vibrazione, che ci permettono di percepire il nostro corpo in relazione all'ambiente circostante.

Gli esterocettori cutanei includono diversi tipi di recettori, come i corpuscoli di Meissner, di Pacinotti e di Ruffini, che rispondono a diversi tipi di stimoli meccanici. Ad esempio, i corpuscoli di Meissner sono particolarmente sensibili alle variazioni di pressione, mentre i corpuscoli di Ruffini rispondono meglio alla deformazione della pelle.

La distribuzione degli esterocettori cutanei varia a seconda delle diverse parti del corpo e dell'attività sensoriale specifica. Ad esempio, la pelle delle dita ha una concentrazione molto elevata di esterocettori cutanei, che ci consentono di percepire le differenze di texture e di forma degli oggetti che tocchiamo.

Gli esterocettori cutanei sono fondamentali per il nostro senso del tatto e ci permettono di percepire il nostro corpo in relazione all'ambiente circostante. Queste informazioni sono

trasmesse al sistema nervoso centrale, dove vengono elaborate e interpretate per permetterci di interagire con l'ambiente e di effettuare attività quotidiane come la manipolazione di oggetti, il riconoscimento di texture e di forme, e la percezione della posizione e del movimento del nostro corpo.

Il movimento illusorio

Il movimento illusorio, anche noto come illusione di movimento, è una sensazione di movimento che il soggetto avverte senza che ci sia una vera e propria contrazione muscolare. Questa sensazione è riconducibile all'attività dei fusi neuromuscolari, che sono organi sensoriali presenti nei muscoli scheletrici che permettono al sistema nervoso di monitorare la lunghezza e la tensione muscolare.

In particolare, l'illusione di movimento si manifesta quando i fusi neuromuscolari vengono stimolati da vibrazioni tendinee a una frequenza di circa 70-80 Hz. Queste vibrazioni attivano i fusi neuromuscolari, che inviano segnali al sistema nervoso centrale per segnalare una variazione nella lunghezza e nella tensione muscolare.

Il cervello interpreta questi segnali come un movimento del muscolo, anche se in realtà non c'è alcuna contrazione muscolare effettiva. Ciò significa che il soggetto avverte la sensazione di movimento, ma in realtà non c'è alcun movimento fisico.

Tuttavia, a frequenze di vibrazione maggiori, la sensazione di movimento illusorio decresce. Ciò potrebbe essere dovuto al fatto che a frequenze più elevate, i fusi neuromuscolari non riescono a rispondere in modo adeguato alla stimolazione e quindi la sensazione di movimento viene attenuata.

In sintesi, l'illusione di movimento è una manifestazione della funzione propriocettiva del sistema neuromuscolare, in cui la stimolazione dei fusi neuromuscolari può portare alla sensazione di movimento anche in assenza di una contrazione muscolare effettiva.

Roll, in uno studio pubblicato nel 1982, descrive uno studio sui movimenti articolari illusori indotti dalle vibrazioni nei soggetti umani sani. Le vibrazioni applicate al tendine del tricipite o del bicipite inducono un movimento illusorio del gomito che corrisponde a una rotazione articolare che allunga il muscolo vibrato. Treni di vibrazioni alternati applicati ai bicipiti e ai tricipiti inducono movimenti illusori alternati di flessione-estensione. La velocità percepita dei movimenti illusori aumenta progressivamente da 10 a 70-80 Hz, per poi diminuire da 80 a 120 Hz. L'attività delle unità del fuso muscolare è stata registrata utilizzando la microneurografia per studiare le loro risposte alla vibrazione del tendine e ai movimenti passivi e attivi della caviglia. Le terminazioni primarie sono state tutte attivate dalla vibrazione del tendine di bassa ampiezza, mentre le terminazioni secondarie erano molto meno sensibili alle vibrazioni del tendine di bassa ampiezza. Durante i movimenti attivi e passivi della caviglia, la scarica terminale primaria del fuso muscolare era principalmente correlata alla velocità, mentre alcune attività secondarie sembravano correlate sia alla velocità di movimento che alla posizione dell'angolo articolare. Le caratteristiche dei movimenti illusori indotti dalla vibrazione e le risposte del fuso muscolare alla vibrazione del tendine e ai movimenti articolari attivi e passivi suggeriscono un possibile contributo delle terminazioni primarie alla cinestesia. (Roll JP, 1982)

Revisione di alcuni studi sulla quale si basa il metodo policettivo®

Il ruolo dei propriocettori muscolari nel senso della posizione dell'arto umano

Lo studio osserva due tipi di senso della posizione: uno relativo alle parti del corpo e l'altro relativo alla posizione nello spazio. Viene menzionato che i fusi muscolari sono i principali propriocettori per il senso della posizione del corpo, mentre altri sensi come la vista non sono così importanti. Il senso di localizzazione nello spazio viene invece aiutato da esterocettori come la vista, il tatto e l'udito. Viene spiegato che l'input sensoriale viene elaborato nel cervello per creare uno schema posturale e una mappa corticale del corpo e degli arti, che aiuta a calcolare la posizione spaziale. Questa nuova interpretazione del senso della posizione può portare a nuovi esperimenti e migliorare la comprensione dell'elaborazione centrale dell'informazione spaziale. (Uwe Proske, 2015)

Introduzione storica

Questo brano esamina la storia dell'acquisizione di conoscenze riguardanti i sensi muscolari e il loro ruolo nel comportamento motorio. Durante la prima metà del XIX secolo, si credeva che il cervello fosse responsabile di tutto ciò che riguardava la sensazione di movimento e contrazione muscolare, senza la presenza di recettori periferici. Tuttavia, Sherrington nel 1906 introdusse il concetto di propriocettori, che sono recettori periferici che servono sensazioni coscienti, come la posizione e il movimento del corpo e degli arti, il senso di tensione muscolare, lo sforzo e l'equilibrio. Le idee di Sherrington sono state influenti fino ai giorni nostri. Tuttavia, per gran parte del XX secolo, i fusi muscolari non sono stati considerati i principali propriocettori, ma tale ruolo è stato assegnato ai recettori articolari. Ciò è stato dimostrato non essere vero ed è ora noto che le afferenze dei recettori muscolari proiettano all'Area 3a. Questo brano indica anche alcuni riferimenti per ulteriori informazioni sulla storia della ricerca scientifica riguardante i sensi muscolari.

La visione tradizionale che attribuiva ai recettori articolari e ai fusi muscolari un ruolo predominante nella percezione della posizione articolare e del movimento è stata messa in discussione da alcune prove scientifiche. In particolare, si è visto che i recettori articolari non sono in grado di segnalare la posizione articolare nella gamma media del movimento articolare e che i fusi muscolari non possono agire come rilevatori di limite, poiché le illusioni a loro attribuite possono portare alla percezione di angoli articolari anatomicamente impossibili. Tuttavia, la vibrazione dei muscoli del gomito con un vibratore meccanico genera illusioni di movimento e spostamento dell'avambraccio, e si è dimostrato che le terminazioni primarie e secondarie dei fusi muscolari svolgono un ruolo nella percezione del movimento e della posizione articolare. In particolare, le terminazioni primarie sembrano essere sensibili sia alla lunghezza che alla velocità, mentre le terminazioni secondarie sono prevalentemente sensibili alla lunghezza.

I ruoli dei fusi muscolari nel controllo motorio e nella generazione di sensazioni coscienti. Da un lato, i fusi muscolari forniscono informazioni per il riflesso di stiramento monosinaptico a livello del midollo spinale, contribuendo così all'azione riflessa inconscia e automatica. D'altra parte, gli impulsi dei fusi muscolari si proiettano alla corteccia cerebrale per generare sensazioni coscienti riguardanti la posizione degli arti.

Il termine "propriocettore" è stato utilizzato in passato per descrivere qualsiasi input, riflesso o altro, che includa gli impulsi dei fusi muscolari. Tuttavia, l'autore del testo suggerisce che il termine dovrebbe essere limitato a un recettore interessato alla sensazione cosciente. Ciò

significa che, sebbene i fusi muscolari siano considerati propriocettori, hanno anche altri ruoli non propriocettivi come contribuire al controllo riflesso della postura e della locomozione.

Due ruoli per il senso della posizione dell'arto umano

Il ruolo dei fusi muscolari nella percezione della posizione degli arti. Si afferma che, sebbene gli esperimenti di Goodwin et al. del 1972 abbiano avuto un impatto significativo nella comprensione della propiocezione, questi esperimenti sono stati criticati per essere artificiosi e non rappresentativi delle situazioni reali. Tuttavia, la ricerca attuale indica che i fusi muscolari sono coinvolti nella propiocezione e nella sensazione di posizione degli arti. Viene ulteriormente sottolineata l'importanza di distinguere tra l'input propriocettivo automatico e inconscio dei fusi muscolari e l'input che contribuisce alla sensazione cosciente di posizione degli arti, infatti si sostiene che esiste un modo alternativo per misurare il senso della posizione, che non si basa sulle interrelazioni tra le parti del corpo, ma sulla collocazione nello spazio extrapersonale. L'idea che esistono due tipi di senso della posizione: uno che riguarda le interrelazioni tra le parti del corpo e l'altro che determina la posizione nello spazio delle braccia. Il primo tipo di senso della posizione si basa sui segnali propriocettivi provenienti principalmente dai fusi muscolari dei muscoli del gomito delle due braccia, mentre il secondo tipo si basa sulla posizione delle braccia nello spazio. Il testo suggerisce che queste due misure del senso della posizione sono distinte e sono servite da diverse popolazioni di recettori sensoriali.

Il metodo tradizionale di misurazione del senso della posizione delle braccia coinvolge un compito di corrispondenza a due braccia con il soggetto bendato. Tuttavia, un metodo alternativo coinvolge il raggiungimento di una posizione bersaglio nascosta alla vista con un braccio. La differenza tra questi due compiti è stata riconosciuta per la prima volta da Velay et al. (1989), che hanno ideato un esperimento per distinguere i due compiti. Hanno misurato il senso della posizione dei soggetti bendati prima e dopo la distorsione visiva orizzontale di 11° tramite prismi a cuneo. Hanno scoperto che il puntamento dell'avambraccio nello spazio extrapersonale subiva uno spostamento a causa della distorsione visiva indotta dai prismi, mentre la corrispondenza tra le braccia non subiva alcun errore di posizionamento. Hanno concluso che il senso della posizione era codificato in termini di posizioni angolari relative dei segmenti degli arti nello spazio intrapersonale, ma che un tale sistema non era in grado di localizzare le estremità dei nostri arti nello spazio extrapersonale. Hanno postulato un processo di trasformazione centrale che converte le coordinate dello spazio posturale in coordinate dello spazio extrapersonale.

Forse i recettori articolari sono responsabili della segnalazione delle relazioni spaziali tra le parti del corpo come avviene in un tipico compito di corrispondenza degli arti. Le posizioni nello spazio extrapersonale di parti del corpo, propongo, sono segnalate prevalentemente da exteroettori, più specificamente vista, tatto e udito. Come parte di questa ipotesi si propone che la collocazione nello spazio extra personale implichi il riferimento a una mappa centrale del corpo, lo schema posturale (Longo & Haggard, 2010). Si suggerisce che la corrispondenza della posizione degli arti possa o meno comportare il riferimento a tale mappa.

Parte dello studio discute del ruolo dei recettori muscolari, in particolare dei fusi muscolari, nell'abbinamento di posizione. Si esplorano i diversi metodi utilizzati per verificare l'importanza dei fusi muscolari come principali propriocettori e si sostiene che le terminazioni secondarie dei fusi muscolari sono responsabili della maggior parte dell'input di un segnale di posizione. Si discute anche del ruolo dei recettori cutanei e articolari nella cinestesia e si ritiene che l'input uditivo contribuisca con input afferenti allo schema posturale, per determinare la posizione del corpo o dei suoi arti. Infine, si esamina la classificazione dei ruoli dei recettori in compiti di abbinamento degli arti e illusioni della vibrazione.

Nello studio si discute gli effetti della vibrazione muscolare sulla percezione della posizione del corpo e sulle illusioni sensoriali, concentrandosi in particolare sull'illusione della vibrazione e

sull'illusione della mano di gomma. Viene riportato che la vibrazione muscolare influisce sulla percezione della posizione del corpo, ma che l'effetto è attenuato durante i compiti di puntamento. Viene inoltre suggerito che l'illusione della mano di gomma sia il risultato di un'interazione centrale tra la cattura visiva della mano di gomma e la posizione indicata sulla mappa centrale dello stimolo tattile consegnato alla mano nascosta. Gli autori propongono che ulteriori ricerche siano condotte per testare queste idee.

Per concludere, possiamo dire che lo studio dibatte l'importanza dei recettori sensoriali nel senso di posizione. Viene spiegato come la percezione della posizione sia una forma di compito di puntamento e come i recettori sensoriali siano importanti per questo compito. Viene fatto riferimento all'arto fantasma e alla terapia della scatola dello specchio come esempi di come l'uso di informazioni visive possa influenzare il senso di posizione. Infine, vengono esaminati gli esperimenti sugli animali e viene discusso il ruolo dei recettori cutanei e articolari nella determinazione della posizione del braccio. L'ipotesi generale è che il senso di posizione si basa su una combinazione di informazioni provenienti da diversi tipi di recettori sensoriali.

Il sistema del nucleo del piede: un nuovo paradigma per comprendere la funzione intrinseca del muscolo del piede (Boada MD, 2011)

Il piede è una struttura complessa con molte articolazioni e molteplici gradi di libertà che svolgono un ruolo importante nella postura statica e nelle attività dinamiche. Lo sviluppo evolutivo dell'arco del piede coincide con le maggiori richieste poste al piede quando gli esseri umani iniziarono a correre. Tuttavia, i muscoli intrinseci del piede sono spesso ignorati dai clinici e dai ricercatori, e di conseguenza vengono raramente affrontati nei programmi di riabilitazione. In questo articolo, viene proposto un nuovo paradigma per comprendere la funzione del piede, che integra il concetto di nucleo del piede nella valutazione e nel trattamento del piede. Si sottolinea l'importanza della stabilità del nucleo del piede per il normale funzionamento del piede e degli arti inferiori. Viene anche tracciato un parallelo tra i piccoli muscoli della regione del tronco che costituiscono il nucleo lombopelvico e i muscoli intrinseci del piede. (McKeon PO, 2015)

Differenze di sviluppo nel campo recettivo del nervo meccanosensoriale della pelle glabra periferica e proprietà elettrofisiologiche intracellulari: caratterizzazione fenotipica nei ratti neonati e giovani.

Lo studio ha analizzato le differenze nello sviluppo dei neuroni meccanosensibili periferici attraverso la misurazione diretta delle caratteristiche elettriche dei singoli neuroni nella pelle di ratti maschi Sprague-Dawley giovani e infantili. Sono state osservate differenze nelle dimensioni delle aree di campo recettivo (RF) tra i neuroni a soglia bassa e ad alta soglia, con una RF più piccola nei ratti neonati. La velocità di conduzione era adeguata solo per i ratti più vecchi nella classificazione dei sottotipi di fibra. L'utilizzo di tutti i parametri misurati ha permesso di classificare i neuroni in sottotipi anche nei ratti giovani. Questo studio è importante per capire come cambiano le afferenze sensoriali periferiche durante lo sviluppo e le lesioni nei primi stadi di vita.

Si parla della maturazione del sistema nervoso sensoriale periferico alla nascita e dei cambiamenti che avvengono durante le prime settimane di vita che portano alla codifica accurata delle informazioni sensoriali. Molti dei cambiamenti neuronali sono stati definiti nel ratto in via di sviluppo, portando a un quadro concettuale per comprendere la maturazione somatosensoriale. Tuttavia, il fenotipo dei neuroni meccanosensoriali è immaturo alla nascita, ma l'aumento dello sviluppo della velocità di conduzione e delle caratteristiche di risposta allo stimolo si verificano durante le prime settimane dopo la nascita. Inoltre, il collegamento delle diverse fibre sensoriali ai neuroni di secondo ordine nel midollo spinale è regolato dallo sviluppo. Ciò è importante per comprendere gli effetti a breve e lungo termine della lesione sull'elaborazione neuronale della lesione a livello centrale. La plasticità neuronale rende la DH

neonatale potenzialmente suscettibile al "rimodellamento" da cambiamenti negli input periferici, in particolare nelle aree di conversione per afferenze veloci. Poiché l'esperienza sensoriale postnatale è una forza trainante per lo sviluppo della normale architettura DH e dei percorsi sensoriali funzionali, diventa rilevante il confronto tra gli stati naïve di queste afferenze e le loro caratteristiche giovanili intermedie.

In fine **il rapporto descrive le caratteristiche precoci** e intermedie delle afferenze meccanosensoriali intatte nel dermatoma L5 del piede e le loro proprietà elettriche e periferiche in condizioni fisiologiche normali. La classificazione neuronale affidabile ha permesso l'esame e il confronto delle caratteristiche neuronali in diversi stadi di crescita e ha fornito una comprensione fondamentale dell'elaborazione sensoriale periferica dei sottotipi neuronali nei giovani. Durante lo sviluppo, le variazioni dei parametri come la velocità di conduzione e le caratteristiche del potenziale d'azione rendono i criteri utilizzati nell'animale maturo meno affidabili. Tuttavia, la combinazione di tutti i parametri nella correlazione canonica si è rivelata potente per separare i sottotipi afferenti. L'aumento della separazione del sottotipo di fibra dal solo CV con il progredire dello sviluppo può verificarsi attraverso l'assenza di mielinizzazione, l'aumento della mielinizzazione o l'aumento della mielinizzazione sproporzionato rispetto all'aumento della lunghezza con conseguente aumento del CV. Inoltre, l'attività elettrica può svolgere un ruolo nella plasticità, e ciò può alterare la durata dell'AP e l'altezza dell'AP tra i diversi tipi di nervi afferenti. Sebbene sia plausibile che le popolazioni possano subire un cambio di modalità in risposta a un danno all'inizio dello sviluppo, sembra probabile che le proprietà neuronali meccanosensoriali si stabiliscano presto nella vita postnatale.

In conclusione, lo studio analizza le differenze nelle caratteristiche dei meccanorecettori periferici durante lo sviluppo, ma non è chiaro se la loro maturazione dipenda dall'attivazione precoce e in che modo il danno precoce in una zona influisce sulla maturazione. Inoltre, si valuta l'effetto delle differenze nella velocità di conduzione del segnale e nella posizione anatomica sulla trasmissione del segnale nel circuito. Infine, si considerano gli effetti di lesioni o input nocivi sullo sviluppo dei nervi periferici, sui circuiti spinali e sui livelli superiori di integrazione sensoriale. (Boada MD, 2011)

I sensi propriocettivi: i loro ruoli nel segnalare la forma del corpo, la posizione e il movimento del corpo e la forza muscolare

Uwe Proske e Simon C. Gandevia (Gandevia, 2012)

Si è proceduto alla revisione di questo studio svolto dal Dipartimento di Fisiologia, Monash University, Victoria, Australia; e Neuroscience Research Australia e Università del New South Wales, Sydney, Australia.

Questo articolo è una revisione dei sensi propriocettivi, ovvero quelli generati dalle azioni del nostro corpo. Questi includono la posizione e il movimento degli arti, lo sforzo, la forza e la pesantezza. I recettori coinvolti si trovano nella pelle, nei muscoli e nelle articolazioni, e le informazioni sulla posizione e il movimento degli arti sono generate da popolazioni di afferenze. L'input afferente è elaborato per codificare la posizione finale di un arto e riferito a una mappa del corpo centrale per determinare la sua posizione nello spazio. Gli organi tendinei e i fusi muscolari contribuiscono ai sensi di forza e pesantezza negli arti normali. L'esercizio può disturbare la propriocezione e questo ha implicazioni per le lesioni muscoloscheletriche. La propriocezione si deteriora con l'età e aumenta il rischio di cadute negli anziani. Le informazioni più recenti disponibili sulla propriocezione hanno fornito una migliore comprensione dei meccanismi alla base di questi sensi e delle loro implicazioni cliniche.

La revisione "**I sensi propriocettivi: i loro ruoli nella segnalazione della forma del corpo, della posizione e del movimento del corpo e della forza muscolare**" analizza i sensi propriocettivi e il loro ruolo nella segnalazione della posizione e del movimento degli arti e del tronco, del senso

dello sforzo, della forza e della pesantezza. I recettori che intervengono nella percezione della posizione e del movimento degli arti si trovano nella pelle, nei muscoli e nelle articolazioni. La conoscenza della posizione e del movimento degli arti è essenziale per poter rispondere alle situazioni e alle circostanze esterne. Le informazioni che i sensi propriocettivi forniscono ci consentono di evitare ostacoli e di manipolare gli oggetti nascosti. Il deterioramento della percezione della posizione e del movimento degli arti è associato all'età e ad un aumento del rischio di cadute negli anziani. La revisione fornisce anche informazioni sulle condizioni cliniche associate ai sensi propriocettivi. Infine, viene spiegato il motivo per cui la maggior parte delle persone è inconsapevole dei sensi propriocettivi e perché questi sensi sono difficili da distinguere da altri sensi.

Lo studio della propriocezione è di grande interesse perché è fondamentale per il controllo motorio e offre una migliore comprensione delle nostre esperienze sensoriali quotidiane. Negli ultimi anni, gli sviluppi nella neuroimaging, in particolare la risonanza magnetica (MRI), hanno permesso lo studio dei modelli di attività centrale prodotti dagli stimoli propriocettivi, portando al riconoscimento dell'importanza dell'integrazione degli input propriocettivi con gli input provenienti da altri sensi e l'identificazione delle aree centrali coinvolte nell'integrazione. Ci sono anche metodi moderni di generazione di realtà virtuali che sono utili per progettare esperimenti per testare queste idee. L'argomento della propriocezione si colloca al confine tra neurofisiologia e neuropsicologia. In questa rassegna, gli autori hanno affrontato principalmente gli aspetti fisiologici dei propriocettori, dei loro modelli di proiezione centrale e delle sensazioni generate. Tuttavia, sono state omesse alcune aree di ricerca, come le interazioni tra propriocezione, visione e input vestibolari, e l'estremità più psicologica dell'argomento, ad esempio, l'integrazione sensomotoria nella generazione di concetti di "benessere", emozioni e interazioni sociali. Ci sono state anche alcune lacune nella copertura dell'argomento in alcune fonti di riferimento, il che evidenzia la necessità di una rivalutazione dell'argomento e di una maggiore attenzione da parte degli studenti e degli insegnanti.

Contesto storico:

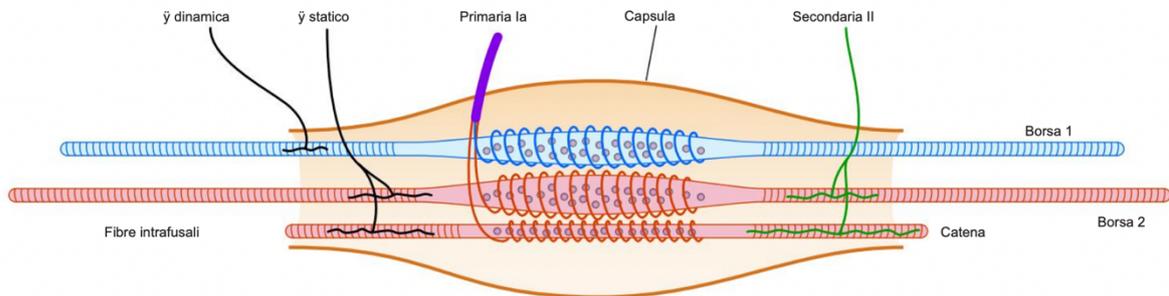
La storia della propriocezione è stata oggetto di discussione per centinaia di anni, con l'emergere di idee, il loro rifiuto e il successivo riemergere man mano che il progresso scientifico prendeva il suo corso tortuoso. Aristotele credeva che esistessero solo cinque sensi: vista, udito, olfatto, gusto e tatto, escludendo esplicitamente l'esistenza di un sesto senso. L'idea di un senso muscolare risale almeno al XVII secolo, ma la scoperta del senso propriocettivo, il senso muscolare, è attribuita a Bell. Ha ipotizzato che "i muscoli hanno qualche altro scopo da servire oltre alla semplice contrazione sotto l'impulso dei loro nervi motori?" e ha concluso che "Siamo sensibili ai minimi cambiamenti nello sforzo muscolare, grazie ai quali conosciamo la posizione del corpo e degli arti quando nessun altro mezzo di conoscenza è a nostra disposizione". L'idea di un senso muscolare è stata discussa ripetutamente durante il XIX secolo e c'erano due scuole di pensiero, una che sosteneva che il senso muscolare avesse un'origine interamente centrale e l'altra che suggeriva che il contributo principale fosse un segnale periferico. Sherrington ha rifiutato il primo, e per la prima metà del XX secolo il tema della propriocezione si è basato in gran parte sulle sensazioni muscolari, anche se alcune opinioni contrarie sono state proposte dallo psicologo Lashley.

I sensori cinestesici:

Nel movimento e nei cambiamenti di posizione, i tessuti attorno alle articolazioni, tra cui pelle, muscoli, tendini, fascia, capsule articolari e legamenti, sono deformati e innervati da recettori meccanicamente sensibili. La domanda principale è quali sono i principali recettori cinestetici e questa recensione sostiene che i fusi muscolari svolgono il ruolo principale nella cinestesia, con alcuni recettori cutanei che forniscono informazioni aggiuntive. Prove emergenti suggeriscono che gli organi tendinei del Golgi contribuiscono alla propriocezione, compresi i sensi di forza e pesantezza. Le principali caratteristiche dei fusi muscolari e degli organi tendinei del Golgi sono rappresentate rispettivamente in FIGURA 1 e 2. I recettori articolari probabilmente

svolgono solo un ruolo minore nella maggior parte delle articolazioni, agendo come rilevatori di limiti. Tuttavia, ci sono prove di un contributo dei recettori articolari nei movimenti a medio raggio delle articolazioni delle dita. La revisione considera le prove per i contributi di ciascun tipo di meccanorecettore e la loro importanza rilevante.

FIGURA 1

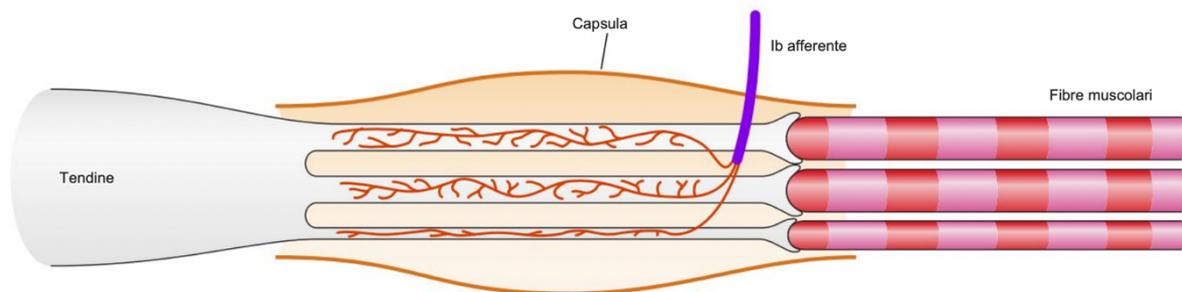


La figura rappresenta in modo schematicizzato il fuso muscolare dei mammiferi, che comprende fibre intrafusali di diversi tipi, tra cui grandi fibre della sacca nucleare 1, fibre della sacca 2 e fibre della catena nucleare più piccole. Le fibre afferenti del gruppo Ia terminano come terminazioni primarie attorno a tutte le fibre intrafusali, mentre le fibre afferenti del gruppo II terminano come terminazioni secondarie sul lato delle terminazioni primarie, fornendo la borsa 2 e le fibre della catena. Le fibre fusimotorie gamma dinamiche innervano le fibre del sacco 1, mentre le fibre fusimotorie gamma statiche innervano il sacco 2 e le fibre della catena. Questa figura è stata ridisegnata da Proske. Fonte: www.prv.org

Prove per i fusi muscolari. Sensori cinestetici:

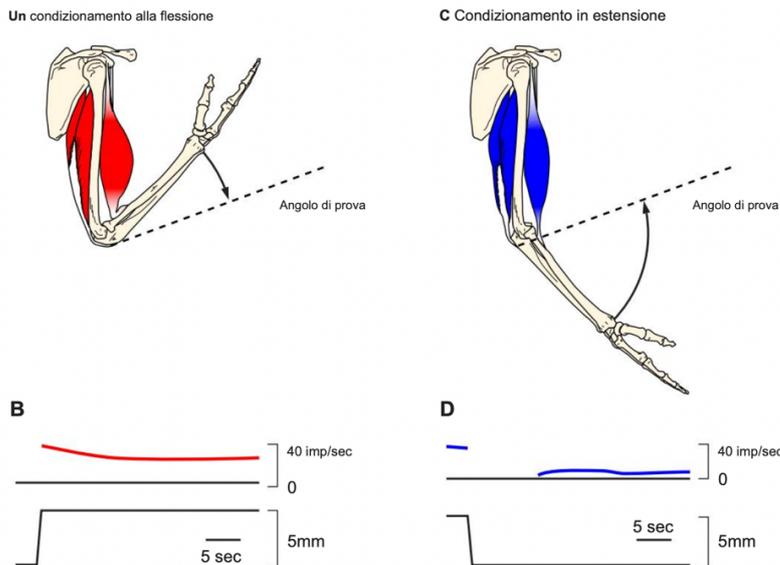
Le prove a sostegno dell'idea che i fusi muscolari siano i principali sensori cinestetici. La capacità di rilevare la posizione articolare è stata mantenuta dopo la sostituzione dell'articolazione dell'anca, suggerendo che i recettori articolari non svolgono un ruolo significativo nella cinestesia. Ulteriori studi sulla sostituzione dell'articolazione e sulla riparazione del legamento hanno prodotto risultati variabili, suggerendo che la patologia locale, la sua durata e i cambiamenti associati nelle articolazioni controlaterali possono influire sulle prestazioni.

FIGURA 2



La Figura mostra uno schema dell'organo tendineo del Golgi dei mammiferi. L'assone del gruppo Ib entra nella capsula del recettore e si divide in rami, ciascuno dei quali termina su un filamento di tendine attaccato a una fibra muscolare. Ogni organo tendineo ha 10 o più fibre muscolari attaccate, appartenenti a differenti unità motorie. La contrazione di un'unità motoria che innerva un organo tendineo allunga il filamento tendineo a cui è attaccata la sua fibra muscolare, generando attività nell'assone Ib. Fonte: www.prv.org

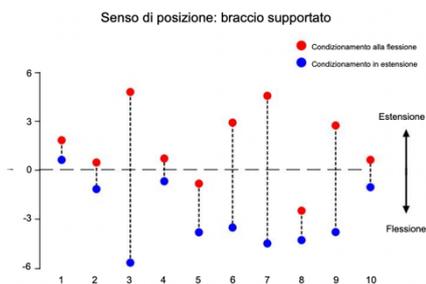
FIGURA 3



La figura sopra mostra il metodo di condizionamento del muscolo per portarlo in uno stato definito. Viene mostrato un avambraccio umano schematico con un muscolo flessore e uno estensore attratti. Durante il condizionamento in estensione, l'avambraccio è esteso e gli estensori del gomito sono contratti, mentre durante il rilassamento l'avambraccio è rilassato e posto all'angolo di prova. Le tracce sotto i diagrammi dell'avambraccio forniscono rappresentazioni schematiche della velocità di attivazione dei fusi muscolari nel muscolo soleo del gatto anestezizzato dopo che era stato sottoposto a due tipi di condizionamento muscolare. In particolare, viene mostrata una contrazione condizionata del soleo quando è stato accorciato di 5 mm e una contrazione di condizionamento dopo che il soleo era stato allungato di 5 mm. Le tracce indicano la frequenza di scarica a riposo del fuso dopo il ritorno alla lunghezza del test. Fonte: www.prv.org

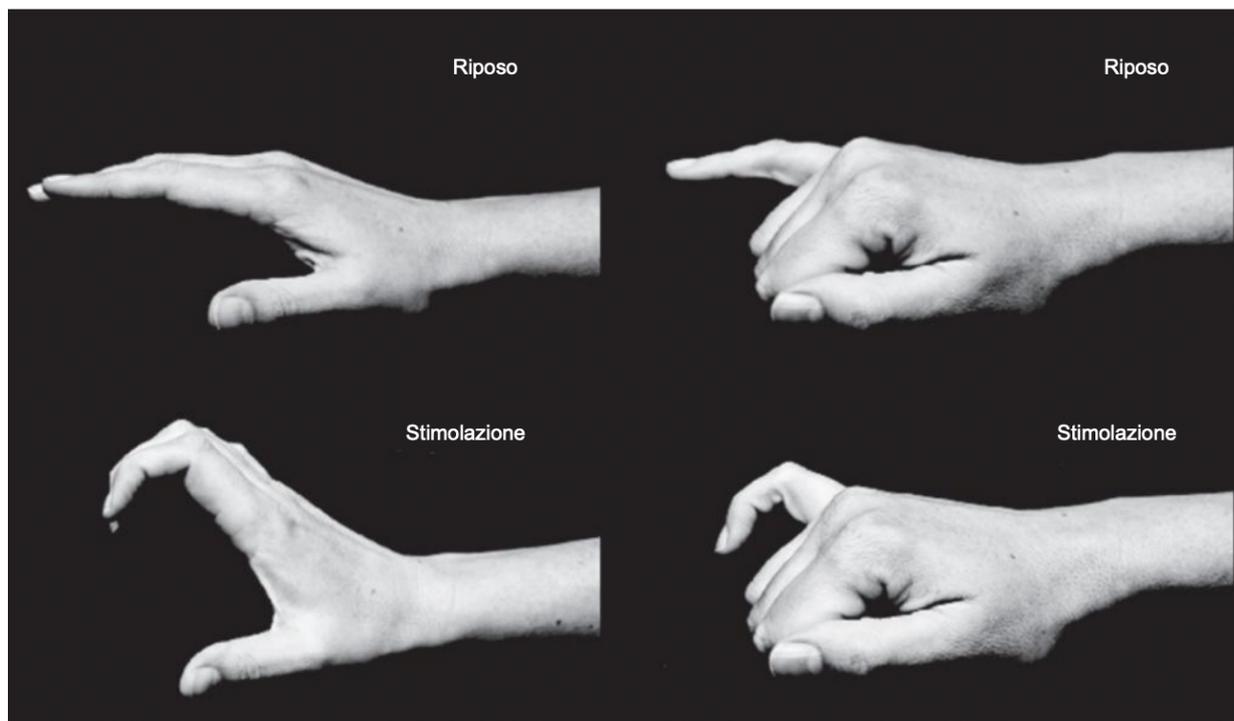
I sensi della posizione e del movimento:

I sensi di posizione e movimento, originariamente considerati un'unica capacità sensoriale chiamata cinestesia, ma poi identificati come due sensi distinti, entrambi generati dai fusi muscolari. Le terminazioni primarie dei fusi muscolari sono responsabili della segnalazione del movimento, mentre il senso di posizione è segnalato dal tasso medio di scarica di fondo nei fusi muscolari, comprese anche le desinenze secondarie. La vibrazione e la stimolazione elettrica dei fusi muscolari possono produrre sensazioni di posizione ad angoli articolari impossibili, indicando che il cervello può essere indotto in errore. Ciò suggerisce che i recettori articolari, agendo come rilevatori di limite, possono aiutare a definire i limiti del movimento degli arti. Inoltre, vengono descritte alcune manipolazioni che possono influenzare la percezione della posizione degli arti, come l'aumento del tasso di fondo delle terminazioni primarie e secondarie e l'affaticamento muscolare.



La figura 4 mostra gli effetti del condizionamento muscolare sulla percezione della posizione dell'avambraccio umano in un compito di corrispondenza a due braccia. Sono mostrati 10 coppie di prove successive da un soggetto, dove dopo una contrazione condizionata del braccio di riferimento, il braccio rilassato è stato posto su un supporto all'angolo del test. Il soggetto ha quindi spostato l'altro braccio in una posizione corrispondente per indicare la sua posizione. Gli errori sono stati calcolati come la differenza di posizione dei due bracci e sono stati visualizzati utilizzando la convenzione degli errori di posizione nella direzione dell'estensione come positivi e gli errori nella direzione della flessione come negativi. I simboli in rosso rappresentano gli errori di posizione dopo il condizionamento della flessione, mentre i simboli in blu rappresentano gli errori dopo il condizionamento dell'estensione. Le prove sono state alternate tra le due forme di condizionamento e ogni coppia di misurazioni è stata unita da una linea tratteggiata. La linea tratteggiata indica zero errori. I risultati mostrano che il condizionamento in flessione porta gli errori a trovarsi sistematicamente nella direzione dell'estensione rispetto agli errori dopo il condizionamento in estensione. Fonte: www.prv.org

FIGURA 5



La figura 5 mostra fotografie di posizioni illusorie della mano durante la stimolazione elettrica del nervo ulnare al polso utilizzando una forza di stimolo inferiore alla soglia motoria. Nei pannelli superiori, si vedono le posizioni di riposo della mano prima dell'inizio della stimolazione, mentre nei pannelli inferiori si vedono le posizioni illusorie adottate durante la stimolazione. Nel pannello sinistro, la mano adotta una posizione illusoria di flessione percepita delle articolazioni interfalangee ed estensione delle articolazioni metacarpo-falangee per tutte le dita, mentre nel pannello destro la posizione illusoria è una flessione percepita delle articolazioni interfalangee ed estensione dell'articolazione metacarpofalangea per il mignolo. Fonte: www.prv.org

Recettori articolari:

Lo studio dei recettori articolari e delle loro proprietà nei gatti e negli esseri umani. I meccanorecettori che segnalano lo stress dei tessuti all'interno delle capsule articolari hanno terminazioni di tipo Ruffini e corpuscoli paciniformi. Nel loro studio sui recettori articolari nel nervo articolare posteriore del ginocchio del gatto, Burgess e Clark hanno scoperto che il 70% dei recettori si adattava lentamente e che la maggior parte di essi rispondeva solo a una marcata flessione e una marcata estensione dell'articolazione. Nel caso dei recettori in rapido adattamento, alcuni erano simili ai corpuscoli di Pacini e rispondevano brevemente al movimento articolare in qualsiasi direzione. Le afferenze articolari umane rispondono alla pressione locale sulla capsula articolare e si scaricano su più di un asse di movimento e su entrambe le estremità di un raggio angolare. L'evidenza psicofisica suggerisce un ruolo dei recettori articolari nella cinestesia, poiché il blocco dei nervi digitali non ha compromesso il senso della posizione nell'articolazione interfalangea prossimale, ma il senso della posizione si deteriorava leggermente se la capsula articolare era infiltrata con anestetico.

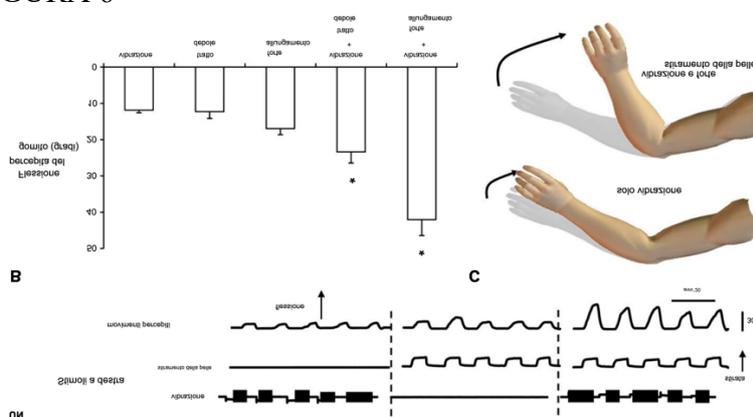
Recettori cutanei:

La disquisizione sui recettori cutanei e del loro ruolo nella cinestesia, ovvero la percezione del movimento e della posizione del proprio corpo. Viene spiegato che la rotazione articolare provoca l'allungamento della pelle su un lato dell'articolazione e l'allentamento o la piegatura sull'altro lato, stimolando i meccanorecettori cutanei. Ci sono quattro tipi di meccanorecettori cutanei specializzati nella pelle glabra, ovvero il tipo I ad adattamento rapido (corpuscoli di Meissner), il tipo II ad adattamento rapido (corpuscoli di Pacini), adattando lentamente i finali di tipo I (Merkel) e adattando lentamente il tipo II (desinenze di Ruffini). Sebbene tutti e quattro i tipi di recettori contribuiscano alle sensazioni di movimento, i recettori dell'allungamento della pelle (recettori di tipo II ad adattamento lento) sono potenzialmente in grado di segnalare la posizione degli arti.

Inoltre, viene discusso come la stimolazione di recettori a rapido adattamento (presumibilmente di tipo Paciniano) con vibrazioni ad alta frequenza ad ampiezza molto bassa interferisce con il rilevamento del movimento. Il dolore focale nella pelle attorno a un'articolazione o nei muscoli che la muovono può anche compromettere il rilevamento del movimento in quell'articolazione, poiché i segnali provenienti dai recettori cutanei possono avere un'azione di occlusione sulle sensazioni cinestetiche.

Infine, viene spiegato come la presenza di recettori cutanei adiacenti a ciascuna articolazione delle dita permetta loro di fornire informazioni specifiche sull'articolazione, poiché i muscoli che muovono le dita giacciono nell'avambraccio e nella mano e i loro tendini devono incrociare tre o più articolazioni.

FIGURA 6



La figura 6 mostra il movimento illusorio del gomito destro prodotto da diversi tipi di stimoli. Nella parte A, vengono inviati stimoli al braccio destro e il soggetto percepisce i movimenti, indicati dal braccio sinistro. Nella parte B, viene mostrata l'ampiezza media dei movimenti percepiti per tutte le prove, con l'asterisco che indica differenze significative rispetto alla sola vibrazione. I diagrammi in C mostrano la posizione del gomito destro durante l'esperimento (silhouette grigia) e la posizione media percepita quando la vibrazione è stata applicata da sola (in alto) e simultaneamente con un forte allungamento della pelle vicino al gomito (in basso). L'esperimento è stato condotto da Collins et al. (80). Fonte: www.prv.org

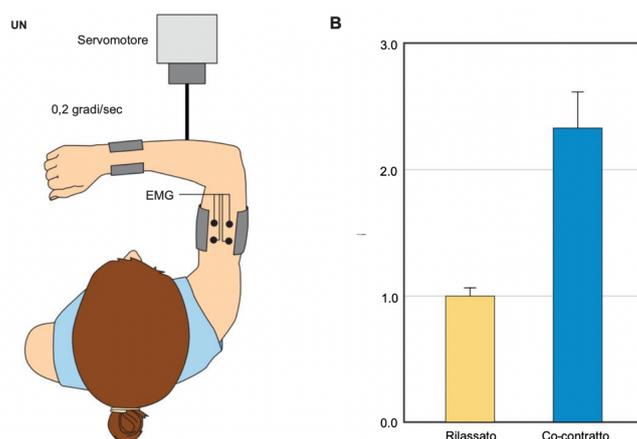
In breve, lo studio di popolazione ha analizzato i recettori presenti sulla pelle sopra l'articolazione della caviglia e le loro risposte ai movimenti in diverse direzioni. È stato scoperto che la maggior parte delle afferenze sensibili al movimento provenivano da recettori di tipo II ad adattamento lento o ad adattamento rapido di tipo II, che corrispondevano nella loro sensibilità direzionale a quelli dei recettori muscolari nei muscoli sottostanti. Questi risultati suggeriscono che le afferenze cutanee svolgono un ruolo significativo nella cinestesia, ovvero nella sensazione di movimento nelle articolazioni, ma il loro contributo al senso della posizione nelle articolazioni più prossimali è meno importante dell'input dei fusi muscolari. Tuttavia, i recettori cutanei potrebbero essere importanti nella segnalazione delle espressioni facciali, poiché i muscoli facciali non contengono fusi muscolari.

COSA SEGNALANO I PROPRIOCETTORI?

Il Pivot come sensori di lunghezza e velocità:

Negli anni '60 e '70, la ricerca ha stabilito che le terminazioni primarie dei fusi muscolari rispondono agli allungamenti ramp-and-hold con una velocità di scarica proporzionale alla dimensione e alla velocità dell'allungamento. Le terminazioni secondarie dei fusi hanno una sensibilità dinamica inferiore e la loro risposta è largamente proporzionale alla dimensione dell'allungamento. Questi risultati hanno portato alla visione ampiamente accettata che i fusi forniscono informazioni sui cambiamenti nella lunghezza del muscolo, rappresentati come cambiamenti negli angoli articolari. Tuttavia, non è ancora chiaro se il cervello raccolga informazioni sul movimento muscolare e sull'angolo articolare da ciascun gruppo muscolare per calcolare le dimensioni e le direzioni dei movimenti degli arti. La sensibilità propriocettiva si basa sulla sensibilità dinamica dei fusi muscolari e dei recettori di stiramento della pelle, fornendo una base per rilevare i piccoli movimenti dei nostri arti. Il test propriocettivo è un semplice test clinico che prevede l'imposizione di movimenti su un'articolazione e chiede al soggetto di riferire quando percepisce il movimento e indica la sua direzione. Le soglie per rilevare il movimento alle articolazioni prossimali sono inferiori rispetto alle articolazioni distali. La soglia di sensibilità dipende dalla velocità del movimento, nonché dalla lunghezza del muscolo. La lunghezza del muscolo che agisce su un'articolazione è più importante dell'intervallo angolare attraverso il quale un'articolazione è stata spostata. Pertanto, la soglia di sensibilità è in gran parte determinata dalla lunghezza del muscolo.

FIGURA 7



La figura 7 mostra la misurazione delle soglie di rilevamento del movimento. Nella parte A, ai soggetti bendati veniva richiesto di indicare la direzione di piccoli movimenti applicati all'avambraccio destro con un servomotore. Le soglie di rilevamento sono state misurate per i movimenti di estensione e flessione del gomito in condizioni di rilassamento e cocontrazione (15% di cocontrazione MVC dei flessori e degli estensori del gomito, monitorata come EMG). Nella parte B, sono mostrate le soglie medie misurate per 7 soggetti, normalizzate rispetto alla soglia media misurata per la condizione rilassata. Le soglie misurate durante le cocontrazioni dei muscoli del gomito (barra blu) erano significativamente più alte rispetto a quando il braccio era rilassato (barra arancione). I dati sono stati ridisegnati da Wise et al. (420). Fonte: www.prv.org

Proprietà di segnalazione degli insiemi:

Il cervello si basa sulla risposta della popolazione di fusi muscolari per generare sensazioni di posizione e movimento degli arti, anziché sulle risposte individuali di ciascun fuso muscolare. Questo perché ogni fuso ha una posizione unica nel muscolo e viene esposto a un insieme unico di condizioni meccaniche durante i movimenti muscolari. Inoltre, gli input sono combinati non solo da risposte afferenti individuali da un muscolo, ma anche da risposte combinate da combinazioni di muscoli che agiscono su articolazioni diverse. Recentemente, si è osservato che la velocità di attivazione dei singoli neuroni è modulata dalla cinematica di più articolazioni e che è necessario solo un piccolo pool di motoneuroni per generare un'ampia gamma di movimenti.

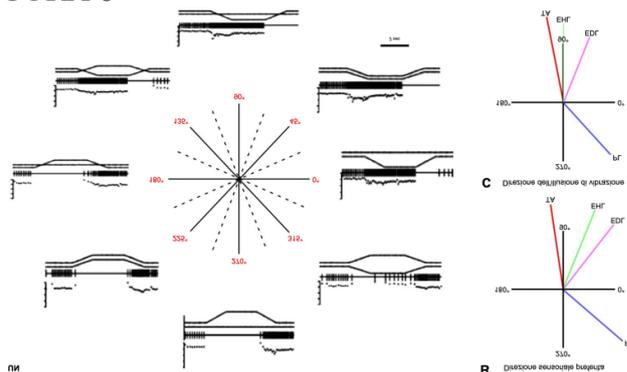
Generazione di sensazioni previste con vibrazioni:

Il concetto di codifica della popolazione e di somma vettoriale per l'output corticale motorio sono stati utilizzati per modellare la generazione di sensazioni propriocettive. Gli studi hanno dimostrato che non è l'attività delle singole afferenze, ma la risposta combinata della popolazione di afferenze che fornisce informazioni utili su un movimento. Inoltre, i segnali propriocettivi generati durante un movimento dalle afferenze muscolari di un gruppo di muscoli tipicamente non sono interpretati in termini di percezione della lunghezza del muscolo o dell'angolo articolare, ma in termini di spostamento dinamico del punto finale dell'arto. Ci sono ancora problemi da risolvere riguardanti come le risposte dei recettori muscolari si combinano per segnalare la posizione dell'arto rispetto al movimento dell'arto e come vengono gestite le informazioni sul movimento e sulla posizione durante i movimenti attivi che coinvolgono la contrazione muscolare quando il sistema fusimotorio è impegnato.

Equivalenza motoria:

L'articolo discute del principio di equivalenza motoria, che indica che le azioni sono codificate all'interno del sistema nervoso centrale (SNC) in termini più generali dei comandi a muscoli specifici. Ciò significa che i dettagli dell'implementazione del motore, come la velocità e le dimensioni della corsa, non sono specificati fino a quando non è noto l'effettore. Il principio può essere applicato alla propriocezione, ovvero alla capacità di percepire la posizione del proprio corpo. Alcune osservazioni psicofisiche suggeriscono che i soggetti sono più precisi nell'adattare l'orientamento del braccio rispetto alla posizione delle mani, piuttosto che all'angolo del gomito. Anche le osservazioni sulle scimmie suggeriscono che il punto finale desiderato di un movimento è una variabile codificata dalla corteccia motoria.

FIGURA 8



La figura 8 mostra la codifica delle direzioni di movimento da parte dei fusi muscolari umani registrati dalla microneurografia. Nella parte A, sono mostrate le risposte di un fuso del muscolo estensore lungo delle dita al movimento della caviglia, per diverse direzioni. Nella parte B, le risposte sono state utilizzate per determinare la direzione sensoriale preferita per ciascuna afferenza e, utilizzando un modello vettoriale di popolazione, è stata calcolata la direzione sensoriale preferita media per la popolazione di afferenze nel muscolo. Le direzioni sensoriali preferite medie sono state raggruppate per quattro muscoli diversi. Nella parte C, sono mostrate le direzioni medie delle illusioni di movimento evocate dalle vibrazioni nei quattro muscoli, raggruppate da 10 soggetti. Le direzioni delle illusioni percepite corrispondevano ragionevolmente bene con le direzioni sensoriali preferite medie calcolate dei muscoli. Fonte: www.prv.org

IL CORPO NEL CERVELLO: SCHEMI ED IMMAGINI DEL CORPO

Ci sono almeno due motivi per includere immagini corporee nella discussione sulla propriocezione. In primo luogo, i propriocettori forniscono informazioni sulla posizione e il

movimento dell'arto, ma non sulla sua posizione assoluta nello spazio, pertanto le mappe corporee sono necessarie come punto di riferimento. In secondo luogo, l'immagine corporea aiuta a identificare l'arto in movimento come proprio. Tuttavia, l'argomento delle immagini corporee è vasto e questo studio suggerisce di fare riferimento a lavori recenti per maggiori dettagli.

Il soggetto disaffezionato

Nella condizione rara di deafferentazione causata da una neuropatia sensoriale a grandi fibre, in cui i pazienti perdono il feedback propriocettivo e tattile dal collo in giù ma mantengono i nervi motori intatti. Questo porta a una sensazione di disincarnazione e fluttuazione nell'aria che viene superata attraverso un lungo processo di riaddestramento per imparare a muoversi basandosi sull'attenzione visiva e sullo sforzo cognitivo. Il controllo del movimento si basa sulla volontà di muoversi e sulla visualizzazione dello spazio esterno e del proprio corpo. I movimenti topocinetici sono distinti dai movimenti morfocinetici usati per modellare la parte del corpo coinvolta nel compito motorio. Nonostante la difficoltà iniziale nel compiere gesti, i soggetti deafferenti possono recuperare la loro capacità di gestualità, suggerendo che il gesto potrebbe essere un fenomeno linguistico e non correlato ai movimenti strumentali.

Rappresentazioni del Corpo

Il concetto di rappresentazione corporea è stato introdotto da Head e Holmes nel 1911, basandosi su pazienti neurologici con perdita selettiva di sensazioni. Si ritiene che ci siano due diverse rappresentazioni del corpo: l'immagine corporea, basata sulla conoscenza ed esperienza immagazzinate, e lo schema corporeo, che dipende dall'input propriocettivo continuo. Le aree della corteccia cerebrale attribuite a queste funzioni sono la corteccia parietale e l'insula. L'esistenza di due sistemi di rappresentazione corporea è supportata da casi di pazienti con deficit neurologici specifici, come il "tocco cieco". I pazienti con neuropatie sensoriali a fibre larghe possono utilizzare sensi come il prurito e il dolore, così come caldo e freddo, per guidare il movimento in misura limitata. Nel soggetto deafferente, il controllo motorio parziale si ottiene utilizzando un'immagine corporea mantenuta coscientemente. Tuttavia, i movimenti complessi richiedono molta più energia per essere eseguiti rispetto a quelli più semplici.

Arti fantasma

L'arto fantasma può persistere per mesi o anni dopo l'amputazione e può anche insorgere in soggetti con arti congenitamente assenti. Il fantasma può essere fatto muovere in due modi: le parti componenti possono cambiare posizione l'una rispetto all'altra o l'intero fantasma può muoversi con la parte del corpo che porta il moncherino dell'arto. I movimenti volontari compiuti in questo modo sono spesso accompagnati dalla contrazione dei muscoli appropriati nel moncone. Tuttavia, le osservazioni con arti fantasma sperimentali suggeriscono che le sensazioni di movimento possono anche sorgere centralmente. La sensazione di un fantasma in movimento può dipendere dall'attività dei muscoli del moncone, ma può anche sorgere centralmente. Le parti distali di un arto fantasma come le mani o i piedi sono percepite più fortemente dei segmenti prossimali. La percezione dell'arto fantasma cambia nel tempo e le parti percepite più debolmente svaniscono dalla consapevolezza, portando spesso a un telescopio dell'arto. Tale effetto è presumibilmente correlato a una riorganizzazione della corteccia cerebrale in cui le aree prive di input periferici sono invase da aree adiacenti.

Arti fantasma sperimentali

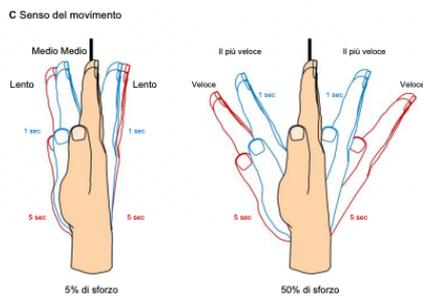
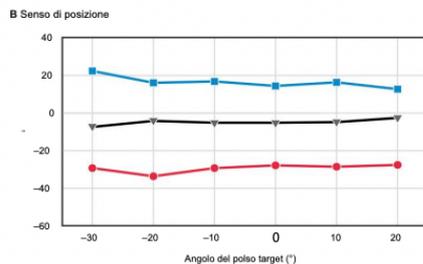
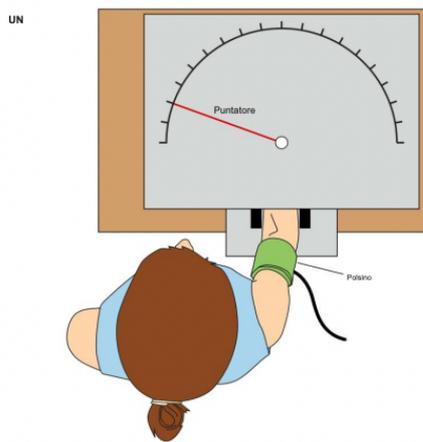
Lo studio condotto da Melzack e Bromage sulle esperienze di produzione di un arto fantasma sperimentale tramite il blocco dei nervi sensoriali e motori di un arto. Si evidenzia come i soggetti sperimentali abbiano descritto la posizione del braccio fantasma dopo il blocco nervoso anestetico al plesso brachiale, e si fa riferimento alla costruzione di una rappresentazione on-

line del corpo che può spiegare la persistenza di un fantasma per mesi o anni dopo l'amputazione.

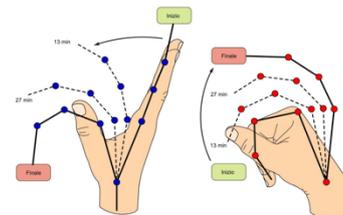
Si sottolinea inoltre, come lo studio riguardi la percezione del movimento e della postura della mano in base alla sua flessione o estensione e mette in luce la dipendenza dello schema corporeo dall'input di attività momentanea dei muscoli flessori ed estensori della mano. Inoltre, si descrive come i soggetti percepiscano un movimento distinto della mano paralizzata e anestetizzata in caso di un arto fantasma, con una dimensione del movimento e una velocità graduati con lo sforzo e la durata dello stesso.

Infine, si sottolinea la presenza di differenze rispetto alle sensazioni di movimento nel sistema oculomotore, dove i movimenti illusori sono invece lenti. In generale, il testo risulta chiaro e ben strutturato, ma potrebbe essere arricchito con maggiori dettagli sulle implicazioni pratiche di queste ricerche e sulle possibili applicazioni in ambito medico e terapeutico.

FIGURA 9 e 10



La figura 9 illustra un esperimento sulla cosiddetta "mano fantasma", ovvero la percezione della posizione e del movimento di una mano paralizzata e anestetizzata. Nella parte A della figura viene descritto il metodo utilizzato per produrre l'anestesia ischemica e la paralisi dell'avambraccio destro e della mano utilizzando un bracciale a pressione sulla parte superiore del braccio. Per testare il senso della posizione, il polso e la mano possono essere posti in posizioni specifiche dallo sperimentatore, e il soggetto usa la mano sinistra per muovere il puntatore per indicare la sua posizione percepita. Nella parte B, viene mostrato come la posizione percepita della mano fantasma varia in base agli sforzi compiuti dal soggetto: la posizione neutra della mano fantasma è percepita come leggermente flessa, mentre i tentativi di movimenti di flessione o estensione provocano spostamenti percepiti nella direzione del movimento compiuto. Infine, nella parte C, viene mostrato il movimento percepito della mano fantasma in relazione agli sforzi compiuti dal soggetto: i soggetti hanno indicato di percepire movimenti più grandi quando hanno fatto sforzi più forti e i movimenti con la massima velocità si sono verificati per sforzi al massimo del 50% della durata di 1 s.



La Figura 10 mostra come la percezione della postura della mano rilassata cambia durante la paralisi e l'anestesia. In particolare, quando la posizione di partenza era una mano tesa (rappresentata in blu sulla sinistra), la postura percepita diventava progressivamente più flessa nei 40 minuti in cui il blocco era in posizione. Al contrario, quando la posizione di partenza era una mano flessa (rappresentata in rosso sulla destra), la postura percepita diventava progressivamente più estesa. Questi cambiamenti nella percezione della postura suggeriscono che la rappresentazione del corpo nel cervello viene modificata durante la paralisi e l'anestesia.

Anestesia locale

Il testo discute degli effetti dell'anestesia locale sulla percezione delle dimensioni corporee. L'anestesia può causare un aumento illusorio delle dimensioni della parte del corpo interessata, come dimostrato in diversi esperimenti. Questo fenomeno è probabilmente causato da un'espansione delle aree corticali che rappresentano quella parte del corpo, dovuta alla

rimozione dell'inibizione delle fibre nervose. Anche la perdita di afferenze di grande diametro sembra avere un ruolo importante.

La forma del corpo

Il nostro corpo percepito consapevolmente è distorto, come dimostrato da esperimenti in cui i soggetti indicano parti del braccio nascosto. Recentemente sono state fornite informazioni più dettagliate su ciò che percepiamo essere la dimensione e la forma del nostro corpo. Le informazioni sulla posizione in arrivo devono essere riferite a un modello memorizzato delle proprietà metriche del corpo. È stato creato un modello mentale della mano invisibile e si è scoperto che la sua dimensione era distorta con le dita più corte delle loro dimensioni reali e la mano più larga di quanto non fosse in realtà. I giudizi espliciti sulla forma della mano hanno rivelato che l'immagine mentale della mano era vicina alla realtà e non ha rivelato le distorsioni misurate. Si è concluso che oltre allo schema corporeo e all'immagine corporea, doveva essere inclusa una nuova rappresentazione chiamata modulo. Il sistema motorio evita semplicemente la rappresentazione esplicita della posizione iniziale dell'arto codificando il punto finale desiderato di un movimento, ma la correzione della forma del corpo distorta può avvenire dall'apprendimento motorio utilizzando questi input aggiuntivi.

Sviluppo

In diversi studi è stato dimostrato che, gli esseri umani mostrano una forte tendenza innata a imitare i suoni e i movimenti degli adulti, il che supporta l'esistenza dei neuroni specchio. Questo comportamento aiuta a comprendere la relazione tra sé e gli altri, portando al senso del sé come agente e come bersaglio dell'interazione sociale. I bambini vocalizzano in risposta al linguaggio e si concentrano sulla zona orofacciale della madre come fonte di supporto emotivo, e successivamente maturano nella capacità di riconoscere e denominare parti del corpo. Il riconoscimento visivo delle configurazioni spaziali del corpo al di sotto del viso matura dopo un anno di età. Inoltre, la capacità dei bambini di utilizzare il feedback propriocettivo si sviluppa a circa 7 anni di età e continua nell'adolescenza e nell'età adulta.

Proprietà del porco nella percezione propriocettiva

Il concetto di propriocezione è associato alle azioni che avvengono all'interno del proprio corpo. Tuttavia, come fa il cervello a distinguere ciò che appartiene al nostro corpo da ciò che non gli appartiene? Le sensazioni esteroceettive come la vista e l'udito non sono in grado di farlo. Recenti studi dimostrano che la percezione di ciò che appartiene al nostro corpo può essere manipolata attraverso l'illusione della "mano di gomma", in cui i soggetti si convincono che un arto artificiale sia il loro. Questa illusione può essere evocata sia attraverso movimenti passivi che attivi di un solo dito e anche in assenza di visione della mano, dimostrando l'importanza del ruolo dei fusi muscolari nella percezione della proprietà dell'arto.

Aree cerebrali associate all'immagine del corpo

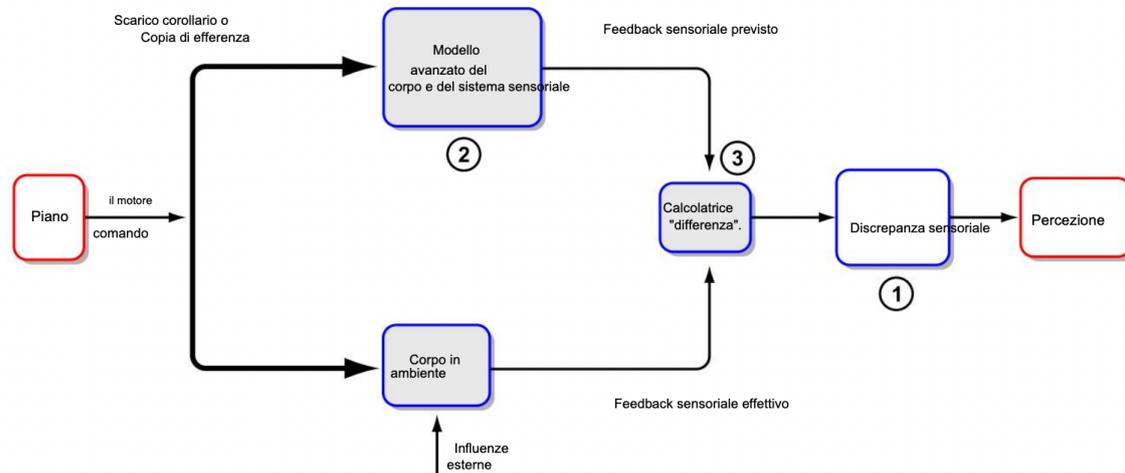
In breve, gli studi di neuroimaging hanno individuato diverse regioni del cervello che sono attivate dalla percezione del corpo e dalla sua interazione con la rappresentazione corporea. Queste includono regioni multisensoriali nella corteccia parietale, così come parti di reti distribuite tra la corteccia frontale e l'insula. Ci sono anche aree del cervello che rispondono selettivamente alla visione del corpo umano o del volto, come l'area extrastriata del corpo e l'area del corpo fusiforme. La corteccia somatosensoriale primaria partecipa alle illusorie distorsioni propriocettive dell'arto e le lesioni parietali sinistre possono causare un'alterazione della consapevolezza corporea. Ci sono diverse aree cerebrali distinte responsabili del riconoscimento del corpo e del volto, che suggeriscono l'esistenza di più di due "corpi nel cervello". La predominanza del lato destro è stata osservata in molti aspetti della consapevolezza corporea.

I SENSI DELLO SFORZO, DELLA FORZA, E PESANTEZZA

Quando svolgiamo un compito motorio, siamo consapevoli della contrazione muscolare, dello sforzo richiesto e della sensazione di pesantezza. Si crede che queste sensazioni siano generate sia da segnali di origine centrale associati ai comandi motori, che da recettori sensoriali

periferici come gli organi tendinei, i fusi muscolari e i recettori cutanei sensibili alla pressione. Le sensazioni propriocettive come lo sforzo, la forza e la pesantezza sono sempre associate a comandi motori, mentre le sensazioni cinestetiche possono insorgere anche in un arto passivo. Una questione da considerare è il significato dei termini, come la differenza tra senso di sforzo e di tensione.

FIGURA 11

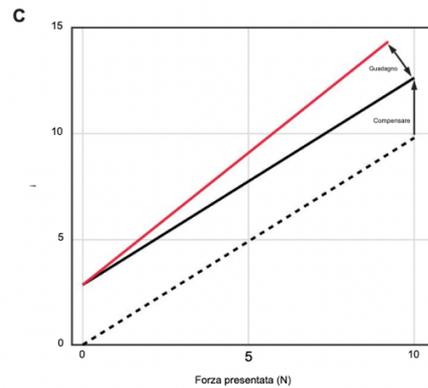
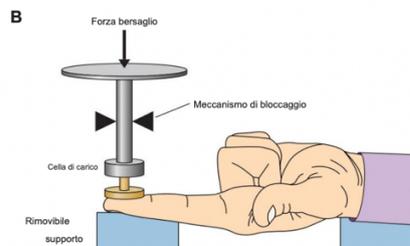
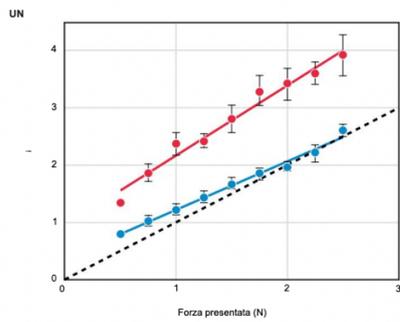


La figura 11 presenta un modello per confrontare i segnali sensoriali e motori, basato sulla proposta di Bays e Wolpert. Il processo inizia con l'intenzione di muoversi, portando alla generazione di un comando motorio e alla sua copia/corollario dell'efferenza. Il modello Forward utilizza la copia dell'efferenza per calcolare il risultato atteso e questo viene confrontato con l'input mediante un calcolatore di differenza. Il calcolatore di differenza è più complicato di quanto rappresentato, poiché il suo output non è determinato da un semplice processo di sottrazione. Ci sono tre punti da considerare, tra cui la necessità di aggiornare regolarmente il modello forward su scale temporali sia brevi che lunghe. Foto tratta da: *Physiol Rev* • VOL 92 • OTTOBRE 2012 • www.prv.org

Paralisi e affaticamento

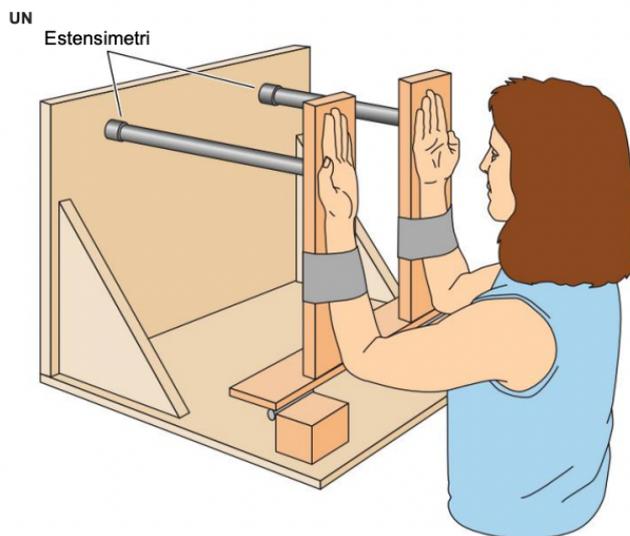
Il testo discute come la paralisi parziale sia accompagnata da sensazioni anormali di aumento della pesantezza e come possano verificarsi illusioni sensoriali quando c'è una discrepanza tra il riferimento generato da un movimento e la copia efferente derivata dal segnale di comando. I pazienti con paralisi parziale da una lesione del motoneurone superiore sentono pesi più pesanti sul lato interessato. L'induzione sperimentale della paralisi mediante infusione di blocco neuromuscolare aumenta il peso percepito rispetto alla condizione non paralizzata. Il peso percepito può essere manipolato dall'eccitabilità riflessa dei motoneuroni della mano e viene regolato automaticamente in base a qualsiasi contributo riflesso di cui non siamo consapevoli. L'affaticamento da esercizio è un metodo comune per disturbare il senso dello sforzo, ed è stato riscontrato che quando un braccio è affaticato, il livello di forza generato nel muscolo affaticato è generalmente sovrastimato. L'origine del senso dello sforzo rimane una questione aperta.

FIGURA 12

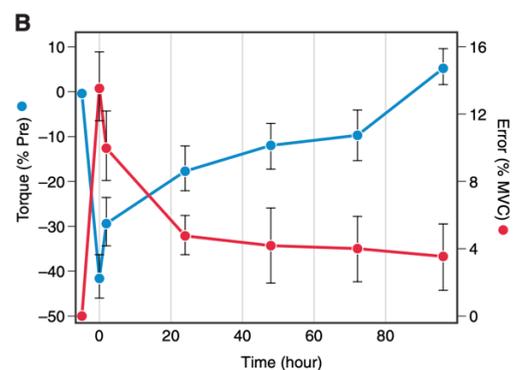


La figura 12 presenta tre diverse situazioni di stimolazione e verifica delle forze generate dai soggetti. Nella prima situazione, i soggetti dovevano riprodurre una forza target applicata al dito sinistro, utilizzando il dito destro in modo diretto o tramite joystick. Nella seconda situazione, i soggetti dovevano generare una forza con l'indice in diverse condizioni di appoggio, libero o bloccato, su una cella di carico. Nella terza situazione, i soggetti sovrastimavano la forza target applicata al dito passivo di 2-3 N quando confrontata con una contrazione volontaria, anche quando gli input cutanei e articolari venivano bloccati. Tuttavia, se la forza target veniva ricevuta su un dito attivo, il guadagno della relazione tra la corrispondenza e le forze target aumentava di 20. www.prv.org

FIGURA 13



La figura 13 mostra i risultati di un esperimento che misura la corrispondenza della forza isometrica prima e dopo la fatica. Nell'esperimento, un soggetto è seduto con gli avambracci in posizione verticale, legato a piastre bloccate a 90°, mentre la coppia generata dai muscoli flessori del gomito viene registrata da estensimetri. Il soggetto deve abbinare il suo livello di coppia con l'altro braccio (uscita non visibile). Dopo una serie di contrazioni eccentriche faticose che portano a un calo del 40% della coppia MVC, si osserva una sovrastima del 14% da parte del braccio non esercitato della coppia generata dal braccio di riferimento affaticato. Nelle successive 100 ore, gli errori di adattamento sono gradualmente scesi a un residuo 4%, mentre la coppia è tornata a livelli di controllo.



Due sensi

L'esperimento di McCloskey et al. e Roland e Ladegaard Pedersen sostiene che ci sono due sensi diversi nella percezione della forza: uno che origina centralmente e uno che deriva dai recettori intramuscolari. I soggetti del loro studio sono stati istruiti a scegliere tra questi due sensi. Tuttavia, il fatto che i soggetti debbano essere opportunamente istruiti solleva il problema

di come istruire i soggetti a svolgere un compito. Ci sono stati anche studi precedenti che hanno mostrato che i soggetti possono basarsi principalmente sul senso dello sforzo anziché sulla forza, il che lascia aperta la questione del contributo dei recettori periferici alla percezione della forza.

Vibrazione muscolare

Lo studio descrive anche, come la vibrazione muscolare possa essere usata per manipolare il senso della forza muscolare durante le prove di abbinamento. Tuttavia, gli effetti delle vibrazioni non sono facili da interpretare, poiché la vibrazione stimola principalmente le terminazioni primarie dei fusi muscolari e può produrre effetti riflessi inibitori segmentali. Inoltre, i recettori muscolari possono diventare desensibilizzati dopo un periodo di vibrazione, diminuendo la loro risposta alle vibrazioni. Gli esperimenti sui risultati psicofisici delle vibrazioni hanno prodotto risultati contraddittori e devono essere interpretati con cautela. In alcuni esperimenti, la vibrazione del muscolo ha portato i soggetti ad abbinare la forza di riferimento nel muscolo vibrato con forze minori nell'altro braccio, mentre in altri esperimenti è stato ottenuto il risultato opposto. Gli autori propongono diverse spiegazioni per questi risultati, tra cui la possibilità che l'input extra centrale dal TVR porti il muscolo non vibrato a corrispondere a una forza maggiore o che l'input aggiuntivo dell'organo tendineo sia interpretato come un livello più elevato di forza muscolare. Tuttavia, è stato dimostrato che l'aumento della forza percepita prodotta dalla vibrazione di un muscolo gradualmente svaniva se il muscolo era sottoposto a un esercizio faticoso.

Il senso della forza e l'organo tendineo

Gli organi tendinei sono recettori situati alle estremità delle fibre muscolari e sono ideali per monitorare la tensione muscolare. Rispondono principalmente alle contrazioni delle unità motorie che contribuiscono alle fibre muscolari che si inseriscono nella capsula del recettore. Possono essere considerati sensori di tensione regionale e sono in grado di monitorare le contrazioni submassimali che coinvolgono le unità motorie a cui sono collegate. Le afferenze del gruppo I, comprese quelle degli organi tendinei, proiettano alla corteccia cerebrale e possono evocare sensazioni coscienti. Tuttavia, è necessaria un'elaborazione centrale per convertire i segnali di tensione intramuscolare nei livelli di torsione richiesti per muovere un arto attorno a un'articolazione. È stato suggerito che la desensibilizzazione delle scariche degli organi tendinei durante una contrazione massima potrebbe portare a sovrastimare il livello di forza.

Illusioni di forza-movimento

Gli errori di percezione della posizione degli arti causati dal movimento e dal carico. L'elaborazione centrale è necessaria per convertire i segnali di tensione intramuscolare nei livelli di torsione richiesti per muovere un arto attorno a un'articolazione. Durante un movimento, le previsioni sugli stati futuri dell'arto basate sulla copia efferenziale si combinano con i segnali di feedback sensoriale, ritardati dai loro tempi di conduzione e di elaborazione, per fornire una stima dello stato attuale dell'arto, consentendo una continua aggiornamento del preventivo durante il movimento. Si avanzano l'ipotesi che il sistema cinestesico utilizzi un processo di inferenza bayesiana in cui l'input afferente e la copia dell'efferenza vengono entrambi usati continuamente durante il movimento per determinare la posizione corrente.

Idee emergenti

Si dibatte sull'effetto dell'affaticamento e della paralisi muscolare sulla percezione della forza e della pesantezza degli oggetti. Molti ricercatori hanno notato che durante la fatica muscolare, l'aumento della pesantezza percepita o del livello percepito della forza generata è inferiore al previsto. Ciò suggerisce che la situazione reale si trovi da qualche parte tra i segnali di origine sia centrale che periferica. Una nuova proposta avanzata da Luu et al. (233) è che i fusi muscolari contribuissero alle sensazioni di forza. L'esperimento mostra che durante la paralisi muscolare, l'aumento della pesantezza percepita degli oggetti sembra essere più leggero anziché più pesante rispetto al braccio di controllo. La spiegazione basata su un segnale del fuso può

anche spiegare l'aumento della pesantezza percepita all'inizio della paralisi. Il testo fornisce anche altri esempi di come la percezione della forza e della pesantezza possa essere influenzata da vari fattori, come l'affaticamento muscolare, la vibrazione e la neuropatia sensoriale.

PROPRIOCEZIONE ED ESERCIZIO

Introduzione

Negli ultimi anni c'è stato un crescente interesse per la fisiologia dell'esercizio a causa della crescente tendenza delle persone a mantenere la forma fisica e dell'epidemia globale di obesità. Ci sono domande sull'efficacia di diversi tipi di esercizio e sui rischi di lesioni correlate all'esercizio. Gli atleti d'élite sono alla ricerca di strategie di esercizio che possano dare loro un vantaggio competitivo. L'aumento della popolarità degli sport per spettatori è anche un fattore che ha portato a un crescente interesse per la fisiologia dell'esercizio.

L'esercizio disturba la propiocezione

L'esercizio fisico può disturbare la capacità del nostro corpo di percepire la posizione dei nostri arti, noto come propiocezione, a causa dell'affaticamento muscolare che lo accompagna. Ci sono tre tipi di contrazioni muscolari: concentriche, isometriche ed eccentriche, e tutti e tre possono causare affaticamento muscolare e disturbare la propiocezione. L'esercizio eccentrico è l'unico che può causare danno muscolare e un deficit significativo di forza che persiste per una settimana. Il dolore e la memoria possono influenzare la capacità del nostro corpo di percepire la posizione dei nostri arti. La misurazione della posizione degli arti può essere influenzata dal metodo utilizzato, ma è importante considerare il modo in cui i muscoli del test sono condizionati all'inizio degli esperimenti.

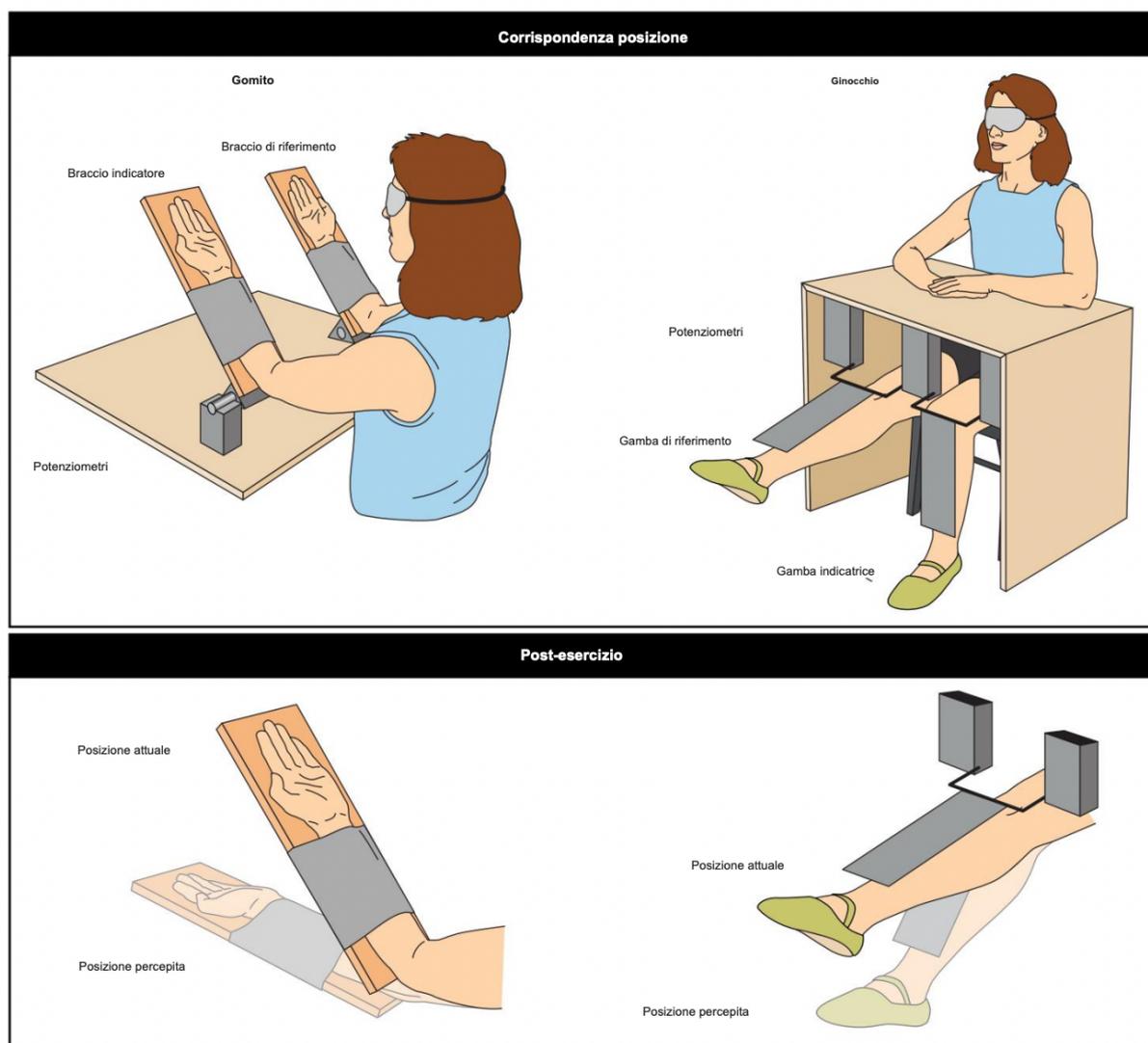
Esercizio concentrico e isometrico

Lo studio di Skinner et al. ha riportato una diminuzione della capacità di riprodurre la posizione del ginocchio dopo i movimenti di flessione ed estensione, attribuendola ai cambiamenti nei recettori muscolari. Altri esperimenti su flessori del gomito hanno rilevato che l'affaticamento dei muscoli utilizzando le massime contrazioni volontarie produce errori di corrispondenza della posizione, ma gli effetti non erano reciproci tra i soggetti. L'esercizio concentrico alterava il senso della posizione ma lasciava inalterato il senso del movimento, mentre l'acuità del senso del movimento risultava ridotta. L'esercizio concentrico disturbava il senso della posizione in misura maggiore rispetto ad altri esercizi.

Esercizio eccentrico e danno a recettori muscolari

Nei primi studi che esaminavano gli effetti dell'esercizio eccentrico sulla posizione e sul senso della forza, Saxton et al. ha scoperto che sia il senso della posizione articolare che il senso della forza erano compromessi dopo l'esercizio. Ciò ha portato a considerare possibili disturbi ai propriocettori muscolari dovuti all'esercizio. Brockett et al. ha suggerito che l'esercizio eccentrico danneggia i recettori muscolari in un esperimento correlato. Sono stati condotti esperimenti su animali per testare le risposte degli organi tendinei e dei fusi muscolari prima e dopo una serie di contrazioni eccentriche, ma le risposte di entrambi i tipi di recettori ai cambiamenti di lunghezza e tensione sono rimaste sostanzialmente invariate dopo l'esercizio che ha ridotto la forza muscolare del 50% il suo valore di controllo. Ciò ha portato alla conclusione che i disturbi propriocettivi correlati all'esercizio dovrebbero essere ricercati al di fuori del muscolo. Tuttavia, uno studio che misurava l'illusione della vibrazione nei muscoli estensori della caviglia prima e dopo una serie di cicli di allungamento-accorciamento non era coerente con questa conclusione. Due giorni dopo l'esercizio, la vibrazione del muscolo esercitato ha portato a una riduzione dell'illusione di vibrazione per frequenze di 80-100 Hz ma un aumento dell'illusione a 40 Hz. È stato suggerito che il recupero ritardato dall'esercizio fosse associato a una ridotta sensibilità dinamica delle terminazioni del fuso primario.

FIGURA 14

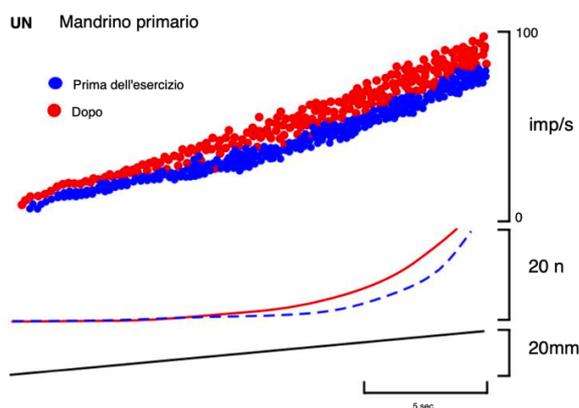


La figura 14 mostra la corrispondenza di posizione al gomito e al ginocchio prima e dopo l'esercizio faticoso. La parte superiore della figura presenta la corrispondenza di posizione al gomito, dove i soggetti erano seduti a un tavolo con gli avambracci legati a pagaie leggere e i potenziometri erano attaccati ai cardini delle pale per fornire un segnale di tensione proporzionale all'angolo del gomito. La parte superiore della figura presenta la corrispondenza di posizione al ginocchio, dove i soggetti erano seduti su una sedia montata su un telaio in acciaio con pale appoggiate sullo stinco con potenziometri nei punti di cerniera che fornivano uscite di tensione proporzionali all'angolo del ginocchio. I pannelli inferiori della figura mostrano le posizioni percepite del gomito (a sinistra) e del ginocchio (a destra) dopo una serie di faticose contrazioni concentriche che hanno portato a una caduta del 30% della coppia nei flessori del gomito e negli estensori del ginocchio, rispettivamente. La figura mostra che il braccio esercitato sembrava più esteso di quanto non fosse in realtà, mentre il ginocchio esercitato sembrava più flesso. La figura è stata ridisegnata in parte da Allen et al. (7).

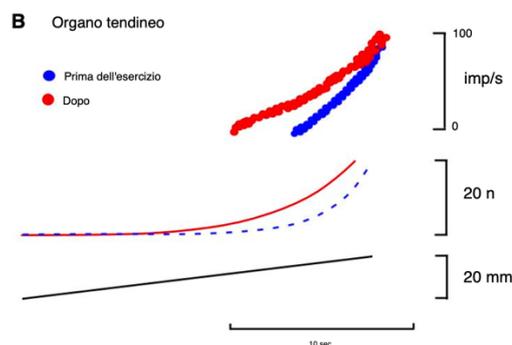
L'esercizio e il senso dello sforzo

Questo test è stato effettuato per determinare se l'esercizio eccentrico influisce sulla capacità di corrispondere la posizione di un arto esercitato con quello non esercitato. Nel primo esperimento, l'abbinamento è stato fatto utilizzando un contrappeso per bilanciare il peso del braccio e in un secondo esperimento sulla superficie orizzontale per eliminare l'effetto della gravità. Dopo l'esercizio eccentrico, gli errori di corrispondenza della posizione sono aumentati solo per la corrispondenza non supportata. Tuttavia, è rimasta incertezza sul possibile contributo del senso dello sforzo al senso della posizione. In un altro studio sui muscoli estensori del ginocchio, gli errori di posizione sono stati prodotti sia dall'esercizio eccentrico che concentrico, ma erano nella direzione opposta a quella prevista se la gravità avesse avuto un ruolo. Il risultato suggeriva che i soggetti credevano che il loro muscolo esercitato fosse più lungo di quanto non fosse in realtà, quindi lo collocarono in una posizione che accorciava il muscolo. Gli errori nella stessa direzione sono stati trovati in un altro studio, ma solo in compiti senza carico.

FIGURA 15



In figura 15 vengono mostrate le risposte dei fusi muscolari e degli organi tendinei prima e dopo una serie di contrazioni eccentriche su un singolo muscolo soleo di un gatto anestetizzato. Nel pannello A, la risposta del fuso primario viene mostrata come tassi istantanei prima e dopo l'esercizio. Le contrazioni eccentriche portano ad un aumento della tensione passiva dell'intero muscolo. Nel pannello B, le tracce mostrano le risposte di un singolo organo tendineo, che rimane un vero sensore di tensione, rispondendo all'aumento della tensione passiva dalle contrazioni eccentriche.



Meccanismo degli effetti dell'esercizio sul senso di posizione

Gli esperimenti descritti in questo testo cercano di spiegare l'effetto dell'affaticamento muscolare sulla percezione della posizione del corpo. I risultati mostrano che l'esercizio di un muscolo porta a uno spostamento della posizione percepita dell'arto, rappresentando il muscolo più allungato, che non dipende dall'esercizio specifico del muscolo, ma è specifico dell'articolazione coinvolta. Inoltre, la fatica muscolare sembra avere un effetto a lungo termine sulla percezione della posizione, indipendentemente dalla riduzione della forza muscolare o dall'accumulo di metaboliti. Infine, si suggerisce che la diminuzione della forza muscolare potrebbe aver alterato lo schema corporeo, mantenendo il cambiamento nella rappresentazione della posizione del corpo fintanto che esistono segnali sensoriali che lo supportino.

Esercizio e senso della forza

Si studiano poi gli effetti dell'esercizio eccentrico sulla percezione della forza e sulle possibili cause della perdita di forza che si verifica dopo l'esercizio. In particolare, viene evidenziato come i soggetti sopravvalutino la forza del braccio esercitato, e viene spiegato che ciò potrebbe essere dovuto ad un cambiamento nell'EMG muscolare e ad un aumento del guadagno dello sforzo. Inoltre, viene affrontata la questione del dolore muscolare che si verifica dopo l'esercizio eccentrico, e viene spiegato come questo possa influire sulla percezione della forza e sulla generazione della stessa. Infine, viene sottolineato che potrebbe essere necessario rivalutare gli studi sui cambiamenti nella forza percepita in presenza di dolore e fatica.

PROPRIOCCEZIONE NEGLI ANZIANI

Introduzione

Il passaggio dello studio in questione, presenta un'osservazione sulla durata della vita umana, che si riduce a sole 650.000 ore, e sulla fine inevitabile della vita stessa, quando gli atomi del corpo si smonteranno silenziosamente. Il testo passa poi a discutere i problemi di salute legati all'invecchiamento della popolazione, in particolare il trauma da cadute, che coinvolge un terzo delle persone di età pari o superiore a 65 anni. Si sottolinea come la propria percezione e la forza muscolare siano fattori critici per la stabilità nella posizione eretta, e che entrambi si deteriorano con l'età, portando a una maggiore fragilità degli anziani e alla sarcopenia. In

particolare, la diminuzione dell'acuità propriocettiva rappresenta la ragione principale dell'aumento delle cadute negli anziani, con importanti implicazioni cliniche e di salute pubblica.

Sarcopenia

Sappiamo che la sarcopenia, si riferisce alla perdita di massa muscolare e di forza correlata all'invecchiamento. Tale declino è maggiore negli arti inferiori e si accompagna a una perdita di unità motorie, riducendo l'area della sezione trasversale del muscolo e la potenza muscolare. Tale perdita di unità motorie sembra essere correlata a un declino dei fattori neurotrofici coinvolti nella sopravvivenza dei motoneuroni e ad apoptosi dei miociti scheletrici. L'attività fisica regolare e intensa può aiutare a mantenere la massa muscolare legata all'età, ma non è in grado di invertire la perdita di numero di fibre come risultato di processi neuropatici.

Fusi muscolari e invecchiamento

L'invecchiamento può influire sulla funzione dei fusi muscolari, organi sensoriali presenti nei muscoli che svolgono un ruolo importante nella cinestesia. I cambiamenti nell'architettura muscolare e nei tendini legati alla sarcopenia possono alterare le risposte dei fusi all'allungamento passivo e attivo, nonché la relazione tra tensione muscolare e scarica degli organi tendinei. La sarcopenia può comportare anche la perdita di fibre muscolari e di motoneuroni, compresi quelli intrafusali e fusimotori, che innervano i fusi muscolari. Sono stati osservati cambiamenti nella struttura dei fusi muscolari negli animali anziani, con un aumento delle terminazioni sensoriali non innervate e un'alterazione delle terminazioni primarie, che possono portare a una riduzione della sensibilità dinamica delle terminazioni primarie del fuso. Ciò può avere conseguenze per il senso di movimento degli arti negli individui anziani. Anche se le risposte dei fusi alle vibrazioni possono essere conservate, è stato dimostrato che la sensibilità dinamica del senso di posizione diminuisce con l'età.

Cadute negli anziani

Il senso della posizione del proprio corpo, noto come propiocezione, gioca un ruolo importante nella posizione stabile. Questo è stato dimostrato in studi che hanno misurato l'oscillazione del corpo in condizioni di equilibrio instabile e stabile. In particolare, la sensazione degli arti inferiori sembra influenzare la stabilità della posizione eretta, anche se altri input sensoriali come la visione e la forza muscolare possono avere un ruolo importante in situazioni più difficili come stare in piedi sulla schiuma con gli occhi chiusi. **L'esercizio sembra migliorare la stabilità posturale, ma la relazione tra forza muscolare e stabilità eretta non è semplice e può essere influenzata da altri fattori come l'età e la sarcopenia.** In soggetti anziani, la vista e il senso della posizione dell'articolazione del ginocchio possono essere compromessi, il che significa che i segnali forniti da una gamma di input sensoriali sono utilizzati per raggiungere una posizione stabile. La debolezza muscolare può compromettere la capacità di segnalazione del sistema propriocettivo, il che potrebbe spiegare la relazione tra forza muscolare e propiocezione. In sintesi, gli input propriocettivi sono un importante determinante della posizione stabile, e la loro relazione con la forza muscolare e altri fattori deve essere ulteriormente esplorata.

PROPRIOCEZIONE IN CLINICA

Test clinici di propiocezione

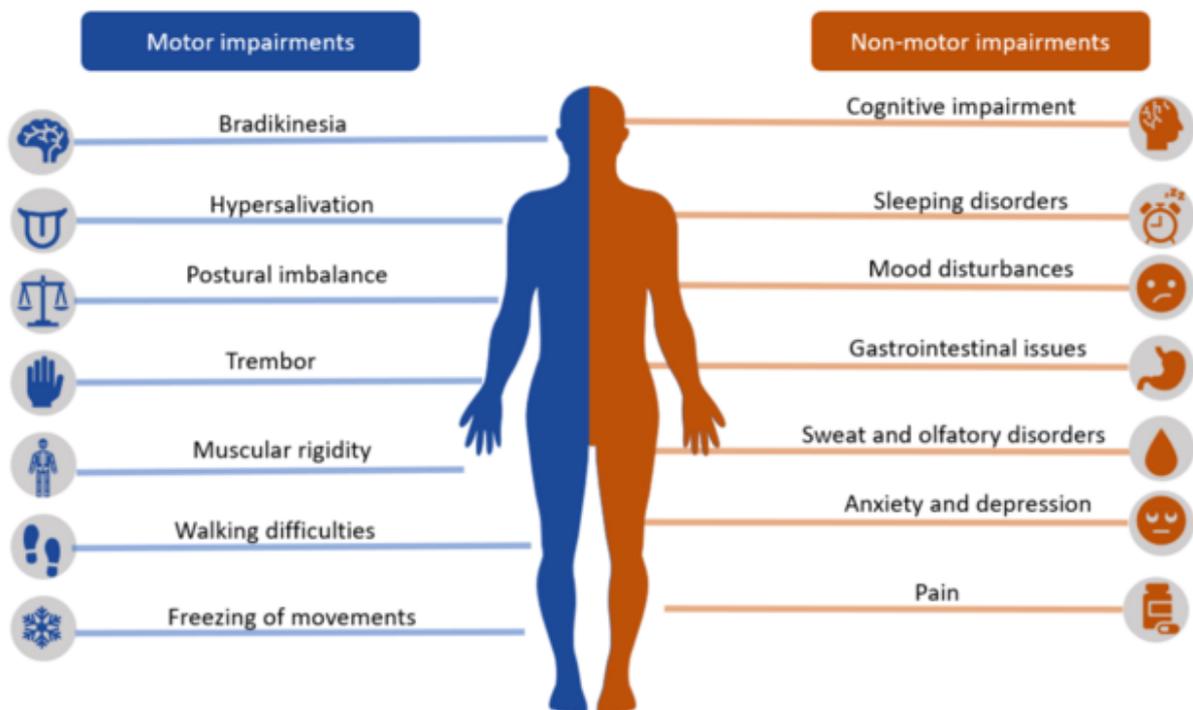
Il test di propiocezione è un'importante parte dell'esame neurologico standard per valutare la sensazione di posizione e movimento degli arti. Nell'arto inferiore, le soglie di rilevamento del movimento all'alluce vengono utilizzate per valutare la propiocezione, mentre nell'arto superiore la capacità di mantenere il braccio esteso senza deriva posizionale viene valutata. Il segno di Romberg, che consiste nel mantenere la postura eretta con gli occhi chiusi, è il test diagnostico più comune per le anomalie propriocettive. Tuttavia, le soglie di rilevamento del

movimento all'alluce sono molto più basse rispetto alle altre articolazioni, a causa dell'anatomia del piede e della caviglia. Inoltre, è importante considerare gli effetti tixotropici del muscolo o dei suoi fusi durante le misurazioni della posizione e del movimento. Prima di effettuare la misurazione del senso della posizione nell'arto rilassato, è consigliabile chiedere al paziente di contrarre i muscoli in modo isometrico nella posizione del test.

L'evidenza sperimentale di un disturbo della propiocezione nel morbo di Parkinson non ha ancora rivelato un quadro chiaro. È stato riferito che le illusioni di movimento e spostamento di un arto evocate dalla vibrazione muscolare sono normali nella malattia di Parkinson (ad esempio, Refs. 265, 335). Ciò implica che le risposte dei recettori muscolari alla vibrazione sono normali.

Morbo di Parkinson

La malattia di Parkinson è una condizione neurologica che può causare disturbi della propiocezione, come suggerito dal comportamento di pazienti mentre mangiano cibi liquidi con un cucchiaio. Tuttavia, l'evidenza sperimentale non ha ancora rivelato un quadro chiaro di un disturbo della propiocezione nel morbo di Parkinson. Alcune ricerche hanno suggerito che se la propiocezione è disturbata nella malattia di Parkinson, non è dovuto a un malfunzionamento dell'apparato sensoriale periferico ma deriva da problemi con l'elaborazione centrale delle informazioni propriocettive. Alcuni test hanno rilevato una possibile anomalia nell'integrazione di livello superiore delle informazioni propriocettive nei pazienti con malattia di Parkinson. Inoltre, è stata suggerita una saturazione dell'elaborazione sensoriale centrale nella malattia di Parkinson, una visione supportata dalle osservazioni sugli animali. Alcune caratteristiche della malattia di Parkinson, come la bradicinesia e l'asimmetria bilaterale dell'espressione della malattia, possono essere interpretate come il risultato di una modulazione centrale inferiore al normale dell'input afferente.



movimento della mano in un braccio paralizzato. Questi meccanismi contribuiscono alle sensazioni propriocettive durante il carico e possono generare fenomeni come l'arto fantasma. Durante i movimenti attivi, la copia dell'efferenza è utilizzata non solo per predire il riferimento, ma dà luogo a un senso di "proprietà" del corpo, che sembra essere ridotto negli schizofrenici. Nella malattia di Parkinson, il paziente ha difficoltà a trasformare un'intenzione volontaria in azione, mentre negli schizofrenici che lamentano di essere sotto il controllo alieno, sembra esserci una ridotta consapevolezza degli atti motori autoiniziati che hanno appena compiuto. L'incapacità di formare una percezione cosciente di un'azione prevista può portare ai sintomi negativi della schizofrenia.

Sintomi clinici della fatica

Lo studio relaziona inoltre il rapporto della fatica e delle sue implicazioni nella valutazione della propiocezione. La fatica è un fenomeno complesso che coinvolge componenti sia centrali che periferiche. L'aumento del senso di sforzo che accompagna la fatica è importante nella valutazione della propiocezione disturbata. Tuttavia, molte patologie possono influenzare la percezione di sforzo e fatica, rendendo difficile una discussione sulla propiocezione. La patologia articolare, ad esempio, può ridurre la forza volontaria e la propiocezione. La valutazione della propiocezione nella sindrome da affaticamento cronico e nella fibromialgia ha portato a risultati variabili, rendendo poco chiaro il ruolo della propiocezione in queste patologie.

COMMENTI CONCLUSIVI DI QUESTO STUDIO DI REVISIONE

Per riassumere e guardare al futuro

Il passaggio discute un confronto tra una recensione attuale e una simile di McCloskey 35 anni fa. Sebbene l'attuale revisione includa del materiale storico, non è così dettagliata o estesa come la recensione di McCloskey. Il passaggio evidenzia il significativo aumento della copertura necessaria per includere i recenti sviluppi, come l'applicazione delle tecniche di neuroimaging e le osservazioni sui motoneuroni corticali. Il passaggio rileva anche l'applicazione riuscita della codifica della popolazione per generare percezioni di movimenti complessi. Altri concetti importanti discussi includono copia efferenza, riferimento ed efferenza e la loro integrazione nel pensiero sui meccanismi propriocettivi. Infine, si discute sulle nuove proposte relative alla propiocezione, come il ruolo dei comandi motori nel generare sensazioni di sforzo, forza e peso.

Alcune speculazioni

Per finire si discute delle diverse sensazioni propriocettive generate da comandi motori e di come il cervello elabora queste informazioni. Le sensazioni di sforzo, forza e pesantezza sono sempre generate da comandi motori, mentre le sensazioni di posizione e movimento degli arti possono anche essere percepite nell'arto passivo, senza alcun comando motorio. Viene proposta l'esistenza di una proiezione diretta dalla corteccia motoria alle aree sensoriali per la percezione di sensazioni di comandi motori in assenza di feedback periferico. Il testo discute anche il modo in cui il cervello estrae le informazioni cinestetiche rilevanti da un segnale efferente e come funziona il sistema propriocettivo. Gli autori del testo si basano su diverse osservazioni e studi per elaborare una possibile teoria sul meccanismo che permette di distinguere tra input muscolari efferenti e ri-afferenti durante i movimenti degli arti. (Gandevia, 2012)

Revisione dello studio:

Mantenimento della postura eretta durante la rotazione del tronco provocata da movimenti rapidi e asimmetrici delle braccia

Lo studio ha coinvolto nove soggetti sani che hanno eseguito diversi movimenti delle braccia e del tronco mentre erano in piedi. Sono stati utilizzati diversi strumenti per misurare i movimenti del corpo, tra cui videocamere, accelerometri, piastre di forza e elettrodi per registrare l'attività muscolare. I risultati hanno mostrato che i movimenti delle braccia hanno provocato rotazioni del tronco, che sono state trasmesse all'anca attraverso la cocontrazione dei muscoli del tronco. I muscoli dell'articolazione dell'anca hanno lavorato per stabilizzare l'anca contro le rotazioni alternate del tronco. Inoltre, le traiettorie del centro di pressione del piede hanno mostrato variazioni iniziali verso il lato destro e poi verso il sinistro, in correlazione con le rotazioni del tronco e l'attivazione muscolare. (Bull., 2005)

Introduzione

Il lavoro di Belen'kii et al. ha analizzato l'attivazione dei muscoli delle gambe e del tronco durante la flessione rapida del braccio in piedi, concentrandosi sui componenti che precedono e seguono il motore primo. In particolare, è stato studiato come i muscoli delle gambe e del tronco vengono attivati alternativamente durante i movimenti rapidi delle braccia bilaterali, e come gli aggiustamenti posturali anticipatori si adattano alle forze di reazione associate all'accelerazione e alla decelerazione del braccio. Tuttavia, non sono stati studiati in modo specifico gli aggiustamenti della postura eretta alla rotazione del tronco associati ai movimenti delle braccia. Il presente studio si propone di indagare come la rotazione del tronco sia regolata dalle contrazioni dei muscoli del tronco e della coscia durante il movimento rapido e asimmetrico delle braccia, concentrandosi sulla cessazione del movimento del braccio così come sull'iniziazione. Vengono utilizzati gli elettromiogrammi di superficie (EMG) dei muscoli del tronco e della coscia, registrati contemporaneamente ai movimenti del tronco e alla coppia nella piastra di forza. L'entità della forza di rotazione esterna al tronco è stata manipolata aumentando l'ampiezza del movimento del braccio e tenendo i manubri nelle mani.

Metodi utilizzati

In questo esperimento, nove soggetti umani normali sono stati istruiti a stare in silenzio su una lastra di alluminio rotonda mentre guardavano un catrame visivo che si allontanava da loro a una distanza di 3 metri. Sono stati quindi istruiti a piegare rapidamente il braccio destro ed estendere simultaneamente il braccio sinistro, mantenendo l'estensione completa del gomito (movimento asimmetrico del braccio: AAM) a tre diversi angoli target (piccolo, medio e grande). Hanno anche eseguito la condizione media tenendo un peso di 3 kg in ciascuna mano. L'ordine delle quattro condizioni è stato quasi randomizzato tra i soggetti. L'angolo bersaglio è stato presentato da quattro pali in piedi davanti e dietro i soggetti. Hanno avviato l'AAM in un momento determinato volontariamente dopo aver mantenuto la posizione iniziale per diversi secondi. Hanno eseguito 11 prove per ogni condizione sperimentale dopo aver praticato cinque volte per ciascuna. Durante la pratica, i soggetti imparavano l'angolo bersaglio confermando la posizione finale delle loro braccia. Una volta avviati, hanno completato le 11 prove a meno che la posizione finale non fosse apparentemente inferiore o superiore all'obiettivo.

Misure

Il test è stato effettuato con l'utilizzo di una piastra rotonda su cui si trovavano i soggetti, la quale poteva ruotare sull'asse verticale grazie ai cuscinetti a sfera piatti. La piastra era fissata ad una base su cui erano stati montati degli estensimetri per misurare la coppia, mentre quattro accelerometri erano posizionati sulle spalle bilaterali sugli acromioni e su entrambi i lati delle creste iliache per misurare i movimenti di rotazione del tronco. Due accelerometri fissati ai polsi registravano l'accelerazione tangenziale delle braccia attorno alla spalla. In un secondo esperimento, le traiettorie del centro della pressione del piede durante l'AAM sono state misurate per due soggetti utilizzando una piattaforma di forza, mentre gli EMG sono stati

registrati da diversi muscoli tramite elettrodi di superficie. Per alcuni soggetti sono state effettuate registrazioni su videocassetta per osservare i movimenti del corpo durante il compito. Tutti i dati, ad eccezione delle registrazioni su videocassetta, sono stati archiviati su un disco rigido tramite un microcomputer dopo la conversione A/D a una frequenza di campionamento di 1 kHz.

Analisi

Il test è stato condotto riproducendo i dati su un monitor di computer e registrando gli EMG e l'accelerazione della mano. Gli intervalli dell'esordio dell'EMG sono stati calcolati per ogni prova e le differenze relative nei tempi di accelerazione sono state calcolate per le spalle e l'anca. Il metodo della correlazione incrociata è stato utilizzato per misurare la differenza di tempo in ogni onda. Gli EMG sono stati quantificati mediante integrazione e la coppia è stata integrata separatamente per le fasi iniziali e successive. I coefficienti di correlazione sono stati calcolati per tutte le prove eseguite in diverse condizioni e sono stati testati statisticamente utilizzando il test t. Un'analisi statistica aggiuntiva è stata effettuata utilizzando misure ripetute ANOVA e analisi post hoc con la procedura di Scheffe. Alcuni dati non sono stati osservati e sono stati analizzati in sottoinsiemi sovrapposti. La significatività è stata fissata a 0,05 per tutti i test.

Risultati

Lo studio ha esaminato le variazioni posturali durante l'esecuzione di un movimento di rotazione del tronco con manubri (AAM) in una posizione eretta. Dalle registrazioni video, la postura sembrava stabile nelle direzioni antero-posteriore e medio-laterale, mentre le articolazioni del ginocchio hanno mantenuto l'angolo iniziale. L'esecuzione del movimento è stata associata a variazioni nella coppia nella piastra di forza nelle direzioni iniziali in senso orario e successive in senso antiorario, così come variazioni nella traiettoria del centro della pressione del piede. Le registrazioni meccaniche hanno mostrato una rapida accelerazione e successiva decelerazione quasi in sincronia tra la mano e la spalla e l'anca, con un ritardo tra l'accelerazione della mano e la coppia.

EMG dei muscoli del tronco

L'articolo descrive i risultati di uno studio sull'EMG (elettromiografia) dei muscoli del tronco durante esercizi di sollevamento pesi. I muscoli analizzati sono ES_{pn}, RABD, IObl_q ed EObl_q. Si è osservato che l'attività EMG di ES_{pn} e RABD è iniziata con quella del muscolo Rt ADIt per tutti i soggetti tranne tre nel RABD. L'attività EMG di ES_{pn} e RABD è aumentata con l'aumentare dell'ampiezza del movimento e quando si tengono i manubri. Gli EMG di IObl_q ed EObl_q sono iniziati intorno all'inizio dell'EMG Rt ADIt e l'entità dell'attività EMG è aumentata con l'aumentare dell'ampiezza del movimento e quando si tengono i manubri, tranne che per due soggetti. L'esordio dei muscoli Rt e Lt nell'EObl_q è stato diverso tra i soggetti.

Discussione

In sintesi, lo studio ha rilevato che l'adduzione del braccio e la rotazione mediale (AAM) producevano rispettivamente rotazioni del tronco in senso orario e antiorario. Due serie di muscoli diagonali dell'articolazione dell'anca, rispettivamente i muscoli posteriori della coscia destra e il retto femorale sinistro e i muscoli posteriori della coscia sinistra e il retto femorale destro, hanno contribuito agli aggiustamenti posturali per contrastare le rotazioni del tronco associate all'AAM. L'attivazione dei muscoli posteriori della coscia destra e del retto femorale sinistro ha resistito alla rotazione in senso orario del tronco all'inizio della AAM, contribuendo al mantenimento di una postura eretta. I muscoli posteriori della coscia sinistra e il retto femorale destro sono stati attivati successivamente e hanno contribuito a stabilizzare il corpo. Lo studio ha anche dimostrato che le rotazioni del tronco erano correlate a rotazioni simili della parte inferiore del tronco e che la rotazione della parte inferiore del tronco dovrebbe essere contrastata dalla tensione passiva dell'articolazione dell'anca e dalla contrazione attiva dei muscoli dell'anca. (Bull., 2005)

CONCLUSIONI generali

Considerando che questo testo è in continuo aggiornamento e tutt'ora lo studio e le revisioni in questo argomento, collegate al sistema Policettivo, non sono complete perché non terminate, riassumiamo in breve il nostro concetto generale:

Il controllo del movimento del corpo umano è possibile grazie alla postura, alla propiocezione e ai sistemi sensoriali e alla loro interazione. La postura, cioè la posizione del corpo nello spazio, è influenzata dal controllo muscolare e dalla distribuzione del peso corporeo. La propiocezione, invece, è la capacità di percepire la posizione del proprio corpo nello spazio e la posizione delle diverse parti del corpo in relazione alle altre. I sistemi sensoriali, come il sistema visivo e vestibolare, forniscono ulteriori informazioni sullo stato di movimento del corpo.

L'uomo ha una postura eretta e una vasta gamma di abilità motorie grazie alla struttura anatomica del suo corpo, in particolare alla colonna vertebrale e alla struttura delle articolazioni. La postura eretta consente all'organismo di avere una migliore vista del mondo circostante e di liberare le mani per eseguire azioni complesse. La capacità di eseguire movimenti fini e sofisticati è stata sviluppata nel corso dell'evoluzione grazie all'adattamento del sistema nervoso centrale alle esigenze dell'organismo.

È importante mantenere allenato il corpo attraverso esercizi propriocettivi e schemi motori studiati in modo mirato per migliorare il controllo delle proprie abilità fisiche. Questo è particolarmente importante dopo un trauma, un intervento chirurgico o una malattia, in cui il recupero motorio può essere compromesso. L'allenamento con esercizi propriocettivi è utile anche per gli anziani, poiché aiuta a migliorare l'equilibrio e la coordinazione, prevenendo le cadute.

Il sistema Policettivo è un'innovazione pratica e utile per la riabilitazione ed esercizio propriocettivo. Questo sistema permette di eseguire esercizi di allenamento della propiocezione e del controllo motorio in modo sicuro e mirato, attraverso l'utilizzo di strumenti specifici e di feedback visivo e uditivo. La sua efficacia è stata dimostrata in diversi studi scientifici, e viene utilizzato dai professionisti del settore, come i fisioterapisti, per migliorare le prestazioni motorie dei loro pazienti.



A cura di
Dott. Giuliano Baron

Bibliografia

- Boada MD, G. S. (2011, Dicembre). Developmental differences in peripheral glabrous skin mechanosensory nerve receptive field and intracellular electrophysiologic properties: phenotypic characterization in infant and juvenile rats. *Tratto da PubMed*: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21856407/>
- Bull., B. R. (2005, Settembre). Yamazaki Y, Suzuki M, Ohkuwa T, Itoh H. Maintenance of upright standing posture during trunk rotation elicited by rapid and asymmetrical movements of the arms. *Tratto da PubMed*: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16140160/>
- Gadhvi M, W. M. (2022, Maggio). Fisiologia, sistema sensoriale. *Tratto da PubMed*: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31613436/>
- Gandevia, U. P. (2012, Ottobre). I SENSI PROPRIOCETTIVI. *Tratto da PubMed*: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23073629/>
- McKeon PO, H. J. (2015, Marzo). The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Tratto da PubMed*: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24659509/>
- Roll JP, V. J. (1982). Ruolo cinestesico delle afferenze muscolari nell'uomo, studiato mediante vibrazione tendinea e microneurografia. *Tratto da PubMed* : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6214420/>
- Uwe Proske. (2015, Agosto). The role of muscle proprioceptors in human limb position sense: a hypothesis. *Tratto da PubMed*: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25973697/>

In breve, cos'è il sistema Policettivo®

Il Sistema Policettivo è un sistema completo progettato per migliorare la postura, l'equilibrio, la salute fisica e il benessere generale. Esso si avvale di una serie di strumenti brevettati, software, accessori e sistemi progettati per offrire un'ampia gamma di opzioni all'utente e ai professionisti che ne gestiscono l'uso. Il sistema utilizza strumenti pratici e utili, progettati specificamente per migliorare la postura, l'equilibrio, la salute fisica e il benessere generale, avvalendosi anche di sistemi informatici per lo sviluppo di piani di lavoro e di strumenti per l'esecuzione di esercizi di alto livello tecnico, con risultati rapidi ed efficaci. Il sistema comprende lo strumento GKBOX®, il cuscino Policettivo® e oltre 300 accessori per rendere praticamente illimitata la portata di esercizi, attività e terapie riabilitative.