



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE PSICOLOGICHE, PEDAGOGICHE, DELL'ESERCIZIO
FISICO E DELLA FORMAZIONE**

MASTER DI I LIVELLO IN POSTUROLOGIA E BIOMECCANICA

**CAMBIAMENTI MORFOLOGICI DEL RACHIDE
IN RISPOSTA AL SISTEMA TONICO POSTURALE
CON NANOTECNOLOGIA TAOPATCH PRO**

TESISTE:

Caterina Polizzotto
Maria Gennusa
Alessandra Cutrali

RELATORE
Ch.mo Prof. G. Messina

CORRELATORE
Dott. Diego Genua

MASTER I LIVELLO



ANNO ACCADEMICO 2022-2023

INDICE

- **INTRODUZIONE**
- **OBIETTIVO**
- **CAPITOLO 1: IL RACHIDE**
 - 1.1 Morfologia
 - 1.2 Struttura della colonna vertebrale
 - 1.3 Struttura delle vertebre
 - 1.4 Istologia
 - 1.5 Patologia
 - 1.6 Muscoli
 - 1.7 Muscoli trasversospinali
- **CAPITOLO 2: SISTEMA TONICO POSTURALE**
 - 1.1 Sistema di controllo posturale
 - 1.2 Influenza dei campi elettromagnetici a bassa frequenza sulle cellule umane e sul sistema tonico posturale.
- **CAPITOLO 3: DIAGNOSI E TRATTAMENTI NON INVASIVI**
 - 1.1 SPINE 3D
 - 1.2 TAOPATCH PRO®
- **MATERIALI E METODI**
- **RISULTATI**
- **DISCUSSIONE**
- **CONCLUSIONI**
- **BIBLIOGRAFIA**
- **RIFERIMENTI SCIENTIFICI**
- **SITOGRAFIA**

INTRODUZIONE

La morfologia e l'equilibrio della colonna vertebrale, in statica e in dinamica, sono influenzati dal sistema tonico posturale. Il sistema tonico posturale è controllato da un complesso meccanismo a feedback e feedforward in cui il sistema nervoso centrale integra ed elabora le afferenze provenienti dai vari recettori periferici modulando il tono posturale attraverso input efferenti. Recentemente tra i vari stimoli che inducono risposte posturali, e dunque cambiamenti nella morfologia del rachide o nella sua stabilità, è stato studiato il ruolo di una nuova nanotecnologia: Il Taopatch Pro. Grazie a nuovi sistemi di analisi non invasivi (SPINE 3D , Sensor Medica) è stato possibile analizzare la colonna vertebrale di un piccolo campione di soggetti, over 55, presi in esame per valutare i cambiamenti morfologici del rachide in risposta all'applicazione dei nano dispositivi alla base della settima vertebra cervicale e sul processo xifoideo dello sterno. Dopo poche ore dall'applicazione le analisi morfologiche effettuate con lo SPINE 3D (Sensor Medica) hanno rilevato una riduzione nella rotazione dei corpi vertebrali. Questi valori ci hanno spinto ad indagare sui possibili processi biochimici che abbiano indotto degli adattamenti cellulari e dunque un miglioramento sul piano trasverso della colonna vertebrale. Nel dettaglio è stato studiato come il flusso di fotoni possa influenzare il metabolismo cellulare e dunque l'attività delle fibre toniche posturali. È stato individuato un recettore per il calcio maggiormente espresso sulle fibre toniche e che in risposta alle onde elettromagnetiche a bassa frequenza ha incrementato il flusso di entrata del calcio citoplasmatico inducendo attivazione di processi trascrizionali specifici e conseguente scelta di reclutamento delle fibre posturali in risposta a stimoli neuronali e miglioramento dell'attività enzimatica mitocondriale. Supponiamo che questi meccanismi di risposta cellulare per effetto delle onde elettromagnetiche a bassa frequenza abbiano migliorato l'attività dei muscoli posturali maggiormente responsabili della rotazione dei corpi vertebrali. Inoltre, molte risposte cellulari ottenute per effetto dei fotoni sono le stesse che vengono indotte dall'esercizio fisico. In risposta alla stimolazione elettromagnetica a bassa frequenza è stato rilevato un aumento dell'espressione del gene che codifica per la telomerasi, un enzima che contrasta la senescenza cellulare, è stato rilevato inoltre un migliore adattamento mitocondriale in risposta allo stress ossidativo promuovendo un processo che prende il nome di "mitormesi magnetica". Sosteniamo dunque come il supporto di esercizi specifici in concomitanza all'utilizzo della nanotecnologia Taopatch Pro possano migliorare le risposte cellulari per ottenere prestazioni migliori.

OBIETTIVO

Il seguente studio ha l'obiettivo di valutare e accertare l'efficacia del dispositivo Taopatch Pro, in quanto ha prodotto variazioni nella deviazione vertebrale del rachide dei soggetti sottoposti allo studio e formulare una valida ipotesi (tramite le più recenti scoperte scientifiche) su come l'utilizzo di questa nuova nanotecnologia abbia indotto delle risposte da parte del sistema tonico posturale influenzando l'attività cellulare e di come il supporto dell'esercizio fisico in concomitanza al suo utilizzo possano effettivamente essere un valido alleato al fine di migliorare le prestazioni del dispositivo stesso e di conseguenza dell'attività muscolare posturale.

CAPITOLO 1

IL RACHIDE

Morfologia:

La colonna vertebrale è un complesso osseo che costituisce lo scheletro del rachide, è formato da 33/34 ossa/vertebre articolate fra loro, con decorso in senso cranio-caudale. La colonna vertebrale può essere suddivisa in 5 segmenti: il segmento cervicale dà sostegno al collo, quello toracico/dorsale al torace, il segmento lombare forma lo scheletro dell'addome, il segmento sacrale e il segmento coccigeo che insieme alle ossa dell'anca partecipano alla costruzione dello scheletro della pelvi. Il tratto cervicale è formato da 7 vertebre cervicali, la prima si articola con i condili occipitali del cranio, l'ultima si unisce alla prima vertebra toracica. Il tratto toracico è costituito da 12 vertebre toraciche, la prima è unita alla settima vertebra cervicale e l'ultima si articola con la prima vertebra lombare, alle vertebre toraciche si articolano anche le coste. Il tratto lombare è formato da 5 vertebre lombari, la prima si articola con la dodicesima vertebra toracica e l'ultima con l'osso sacro. Il tratto sacrale è costituito da 5 vertebre sacrali, fuse insieme a formare l'osso sacro, quest'ultimo si articola in alto con la quinta vertebra lombare, lateralmente con le ossa dell'anca e in basso con il coccige. Il tratto coccigeo è formato da 4/5 vertebre coccige, unite a formare il coccige, un tratto rudimentale della colonna vertebrale articolato in alto con l'osso sacro e che con quest'ultimo e le ossa dell'anca costituisce lo scheletro della pelvi. [1] L'unione delle singole vertebre formerà il canale vertebrale, ovvero uno spazio che si verrà a creare dalla sovrapposizione dei fori vertebrali di ogni vertebra questo accoglie il midollo spinale.

Struttura della colonna vertebrale:

La colonna vertebrale osservata sul piano sagittale presenta delle curve, queste prenderanno il nome di lordosi quando la convessità sarà anteriorizzata e cifosi quando la convessità è posteriorizzata. Troveremo dunque una lordosi cervicale, una cifosi dorsale, una lordosi lombare e una cifosi sacrale. Il passaggio tra una curvatura e l'altra è graduale ad eccezione del tratto lombo-sacrale, dove il punto di giunzione tra la quinta vertebra lombare e l'osso sacro sarà più pronunciato, prendendo il nome di promontorio. Le cifosi sono curve primarie, corrispondono all'atteggiamento di flessione che il feto assume nell'utero materno durante la gravidanza, le lordosi sono curve secondarie, di compenso, si rendono evidenti dopo la nascita; quella cervicale quando il neonato comincia a sollevare la testa, quella lombare quando il bambino inizia assumere una

posizione eretta e inizia a camminare. La presenza di queste curve sul piano sagittale, garantiscono le funzioni di ammortizzamento delle sollecitazioni di duttilità motoria del rachide di maggiore ampiezza dei movimenti .

Struttura delle vertebre:

Le vertebre hanno caratteristiche morfologiche comuni ma in base al segmento di appartenenza, avranno delle caratteristiche specifiche. Ogni vertebra è costituita da un corpo ovvero una porzione anteriore cilindrica e arrotondata chiamata Soma, è il punto di maggior carico delle strutture sovrastanti. Dorsalmente al corpo troviamo l'arco vertebrale anche detto arco neurale. Il corpo insieme all'arco neurale formeranno il forame vertebrale (la sovrapposizione dei vari forami vertebrali formerà il canale vertebrale). Lo spazio che si creerà tra una vertebra e l'altra lateralmente verrà chiamato forame intervertebrale e costituisce un passaggio diretto orizzontalmente per i nervi spinali che fuoriescono dal midollo. L'arco vertebrale è costituito da due peduncoli e due lamine i peduncoli originano dai margini postero-laterali del soma, mentre le lamine si estendono postero-medialmente alle estremità posteriori di ogni peduncolo, posteriormente alla lamina si estende un processo spinoso. Inoltre troveremo i processi trasversi che sono dei processi laterali che si estendono in entrambi i lati della vertebra. Sulla superficie inferiore di ogni vertebra troveremo in corrispondenza del punto di giunzione tra peduncoli e lamina e bilateralmente dei processi articolari, detti processi articolari inferiori di ogni vertebra, che si articolano con i processi articolari superiori della vertebra sottostante, la superficie dei processi articolari si presenterà appiattita e prenderà il nome di faccetta articolare. Questa sarà orientata in maniera differente lungo il rachide contribuendo alla diversa motilità nei diversi settori. I corpi vertebrali sono interconnessi da vari legamenti e separati da cuscinetti rotondeggianti fibro-cartilaginei chiamati dischi intervertebrali. Il disco intervertebrale è costituito da uno strato esterno cartilagineo più denso, detto anello fibroso è una porzione interna più ricca d'acqua detta nucleo polposo, i dischi intervertebrali rappresentano circa un quarto della colonna vertebrale ed il loro compito è di ammortizzare le sollecitazioni vertebra meccaniche. Le vertebre più vicino al cranio sono più piccole e aumentano progressivamente la dimensione procedendo cranio-caudalmente, pertanto le vertebre cervicali sono più piccole, seguite dalle toraciche, lombari e sacrali, al contrario i forami vertebrali sono più ampi nelle vertebre cervicali e si riducono progressivamente fino alle vertebre sacrali. Le vertebre cervicali C1-C7 sono le vertebre del collo, si estendono dal cranio fino all'ingresso del torace, dovendo sopportare solo il peso della testa il loro corpo vertebrale è relativamente piccolo e leggero, il corpo delle vertebre cervicali è relativamente piccolo rispetto al forame vertebrale, la superficie superiore del corpo di una vertebra cervicale si presenta concavo trasversalmente orientato in posizione obliqua in direzione postero-anteriore, il processo spinoso delle vertebre cervicali è piuttosto corto, i processi trasversali delle vertebre cervicali hanno caratteristiche di contenere dei forami circolari detti forami trasversari, costituiscono le pareti ossee per il passaggio delle arterie e vene che

vascolarizzano il cervello. La prima vertebra cervicale C1 chiamata atlante si articola superiormente con i condili occipitali. Questa vertebra si distingue dalle altre perché non ha né corpo, né processo spinoso ma è costituito da due masse laterali, connesse da un arco anteriore e un arco posteriore ognuno dei quali contiene una protuberanza, rispettivamente tubercolo anteriore e tubercolo posteriore. L'atlante presenta delle faccette articolari superiori che si articolano con i condili occipitali del cranio e delle faccette articolari inferiori che si articolano con le faccette articolari superiori della seconda vertebra cervicale, l'atlante presenta una piccola faccetta articolare sull'arco anteriore dove si articola il dente dell'epistrofeo. L'epistrofeo C2 è la seconda vertebra cervicale, qui troviamo un processo chiamato dente che si appoggia alla superficie articolare, posta sull'arco anteriore dell'atlante, viene mantenuto in sede dal legamento trasverso. Il dente agisce da perno per la rotazione sia dell'atlante che del cranio. Le vertebre toraciche sono 12 T1-T12 ciascuna delle quali si articola con un paio di coste, anche per questo motivo sono meno mobili, in queste vertebre mancano i forami trasversari ed i processi spinosi non sono bifidi come nelle vertebre cervicali. Tutte le vertebre toraciche presentano un corpo vertebrale più voluminoso, rispetto al corpo vertebrale di una vertebra cervicale, il processo spinoso è molto più lungo ed appiattito e si dirige obliquamente dall'alto verso il basso in senso antero-posteriore. Le vertebre toraciche si distinguono dalle altre vertebre per la presenza di faccette o emifaccette articolari per le coste sui lati dei corpi vertebrali e sulle estremità dei processi trasversi. Le vertebre lombari L1-L5 sono più voluminose, il corpo delle vertebre lombari è più spesso e la superficie superiore ed inferiore sono ovali, le vertebre lombari si distinguono per le strutture mancanti: non hanno né forami trasversari, né faccette costali. I processi trasversi sono sottili e si proiettano dorso-lateralmente. I processi spinosi sono più corti e si proiettano dorsalmente in direzione trasversale, le vertebre lombari supportano la maggior parte del peso corporeo e i loro voluminosi processi spinosi costituiscono estese superfici per l'inserzione dei muscoli inferiori del dorso che rafforzano e stabilizzano la curvatura lombare. Il Sacro è un osso triangolare, concavo anteriormente che forma la parete posteriore della cavità pelvica, questa curvatura è più pronunciata negli uomini rispetto alle donne, l'apice del sacro è orientato verso il basso, mentre la superficie più ampia è proiettata superiormente. Le 5 vertebre del sacrale sono fuse tra di loro, queste vertebre iniziano a fondersi subito dopo la pubertà e risultano completamente fuse tra i 20 e i 30 anni, le linee orizzontali di fusione rimangono visibili come creste trasversali. Superiormente il sacro si articola con L5 tramite un paio di processi articolari superiori e inferiormente con il coccige. L'estremità antero-superiore della prima vertebra sacrale protrude anteriormente formando il cosiddetto promontorio. Quattro linee attraversano la superficie anteriore del sacro, marcando i punti di fusione tra le vertebre sacrali e i foramina sacrali anteriori, bilateralmente permetteranno il passaggio nei nervi diretti agli organi pelvici. Una cresta dorsale, chiamata cresta sacrale mediale, si forma dalla fusione dei processi spinosi delle singole vertebre sacrali. Anche sulla superficie posteriore del sacro si descrivono quattro paia di aperture per il passaggio dei nervi spinali, i foramina sacrali posteriori. Su ciascun lato del sacro si trova una superficie auricolare che rappresenta il sito di giunzione con l'osso dell'anca. Il coccige è formato dalla fusione di quattro vertebre coccige, il processo di fusione inizia intorno ai 25 anni di età, il coccige è sede di inserzione di numerosi legamenti e muscoli.[2]

Istologia :

Le ossa si formano tramite l'ossificazione intramembranosa a partire da membrane mesenchimali o tramite ossificazione endocondrale a partire da modelli di cartilagine ialina. Lo sviluppo delle coste e delle vertebre è strettamente interconnesso, infatti avviene che i blocchi di mesoderma chiamati somiti si localizzano ai lati del tubo neurale, una porzione di ogni somita chiamata sclerotomo si separa dal dermomiotomo e dà origine al vertebre e coste.

Gli sclerotomi iniziano a circondare il tubo neurale durante la quarta settimana di sviluppo, più tardivamente diventano cartilaginei e formano le diverse porzioni delle vertebre; ovvero gli elementi costali o processi costali e gli elementi trasversi, nella maggior parte delle vertebre i due elementi si fondono a formare i processi trasversi. Tuttavia nella regione toracica del midollo spinale e i due elementi rimangono separati, gli elementi trasversi durante lo sviluppo delle vertebre toraciche vanno a formare i processi trasversi, mentre gli elementi costali si allungano a formare le coste, questo allungamento inizia dalla quinta settimana di sviluppo, mentre l'ossificazione delle coste si realizza in seguito al periodo fetale. Nelle cartilagini delle vertebre in via di sviluppo si formano centri di ossificazione multipli. Dalla nascita solo il corpo e l'arco vertebrale sono ossificati e solo nella pubertà i nuclei secondari di ossificazione si sviluppano, nelle altre porzioni quali l'estremità dei processi spinosi e i processi trasversi, tutti i centri secondari di ossificazione si fondono con i centri primari di ossificazione vertebrale intorno ai 25 anni. [3]

Patologie:

Distorsioni delle normali curvature del rachide, possono essere causate da postura anomala, malattie e difetti congeniti della struttura vertebrale; come debolezza o paralisi della muscolatura del tronco, per fattori traumatici, di natura idiopatica... Nel rachide si descrivono tre tipi di deformità: cifosi, lordosi e scoliosi. **La cifosi** o per meglio dire ipercifosi, cifosi patologica è una accentuazione della curvatura toracica, diretta posteriormente fino a produrre l'evidenza di una gobba. La cifosi è spesso associata a osteoporosi, si può associare anche a frattura da compressione vertebrale, osteomalacia, crescita vertebrale anormale, contrazioni croniche dei muscoli intrinseci del rachide, ipotonia muscolare, atteggiamenti posturali scorretti, invecchiamento. Si può definire una cifosi patologica quando l'angolo della cifosi supera i 45° gradi sul piano sagittale. Infatti si parla di cifosi fisiologica quando questa misura tra i 20 gradi e i 45 gradi

La lordosi o meglio iperlordosi o lordosi patologica è l'accentuazione della curvatura lombare e in alcuni casi anche cervicale appare come una protrusione anteriore colonna vertebrale. Alcune causa della lordosi sono l'aumento del peso addominale in gravidanza o in soggetti obesi, postura scorretta, osteoporosi, spondilolistesi, osteosarcoma.

La scoliosi è una malattia d'organo che coinvolge tutta la colonna vertebrale e una deformità tridimensionale permanente non auto correggibile, caratterizzata da una deviazione sul piano frontale, da una lordosi sul piano sagittale e da una torsione- rotazione sul piano trasverso, quindi una deformazione tridimensionale. Colpisce maggiormente le popolazioni europee, più frequentemente il sesso femminile rispetto a quello maschile, l'eziologia della scoliosi è di natura congenita, secondaria (a varie patologie ossee), idiopatica e generalmente si differenzia in: infantile, giovanile e adolescenziale. Le scoliosi possono apparire con una direzione verso destra o sinistra con sede lombare, toracica, cervicale, toracolombare e cervico-toracica. Il numero di curve può variare, unica, doppia o tripla. In tali casi, una curva si definisce primaria quella prevalente rispetto alle altre. Clinicamente in una scoliosi osserviamo i disequilibri della postura con asimmetria delle spalle e del triangolo della taglia sporgenza unilaterale di una scapola, eterometria degli arti inferiori, rigidità vertebrale e dorso piatto.

In flessione, si osserva il gibbo ovvero la proiezione posteriore delle coste dalla parte della convessità e che aumenta proporzionalmente alla torsione. Il suo punto massimo corrisponde generalmente alla vertebra apicale o ad una di quelle adiacenti ad essa. La diagnosi strumentale per la scoliosi è la diagnosi per immagine, ovvero la radiografia; verrà fatta una panoramica del rachide in ortostasi con proiezione frontale e sagittale permettendo così di evidenziare e di misurare la deformità frontale ed assiale. Con la radiografia si misurerà l'angolo di Cobb ovvero la misura della curva scoliotica sul piano frontale, si tracciano le rette tangenti al margine superiore della vertebre limitate superiore e al margine inferiore della vertebra limitante inferiore, successivamente si traccerà la perpendicolare alle due rette tangenti, il punto di inserzione determina l'angolo della curva e quindi il grado della scoliosi.[4] Il trattamento della scoliosi si distinguerà in 4 tecniche: riabilitativa, correttiva con corsetti correttivi ortopedici, correttiva con apparecchi gessati, correttiva con intervento di correzione e stabilizzazione o artrodesi. Il trattamento con ginnastica correttiva, si indicherà dai 15° ai 20° di scoliosi. Il trattamento con corsetti ortopedici si eseguirà su scoliosi che vanno dai 15° ai 20° e da 30° a 35°. Il trattamento con apparecchi gessati verrà fatto su curve da 30° a 45° e su curve maggiori di 45° gradi si indicherà l'artrodesi vertebrale.

I muscoli:

I muscoli della colonna vertebrale sono molto complessi, hanno origine e inserzione multiple e mostrano una vasta sovrapposizione. Sono ricoperti dalla muscolatura più superficiale del dorso. Il muscolo erettore della colonna vertebrale permette il mantenimento della postura e della stazione eretta, quando le porzioni destra e sinistra di questo gruppo muscolare si contraggono contemporaneamente estendono la colonna vertebrale. Se invece il muscolo si contrae unilateralmente, la colonna si fletterà lateralmente, verso lo stesso lato. Il muscolo erettore della colonna vertebrale è organizzato in tre gruppi muscolari, ciascuno formato da una serie di muscoli sovrapposti che condividono una inserzione tendinea sulla porzione posteriore della cresta iliaca, il sacro e i processi spinosi delle vertebre lombari. Questi muscoli sono classificati in relazione alla regione del corpo a cui sono associati: il gruppo ileocostale è la componente più laterale delle tre che formano il muscoli erettore della colonna vertebrale. A sua volta è formato da tre porzioni: la cervicale, la toracica e la lombare. Il gruppo lunghissimo si trova disposto medialmente a quello ileo costale. Si inserisce sui processi trasversi delle vertebre, è composto da tre porzioni: la cranica, la cervicale e la toracica. Il gruppo spinale è quello disposto più medialmente, si inserisce sui processi spinosi delle vertebre (da qui il suo nome) ed è formato da due componenti: la cervicale e la toracica. La componente cervicale origine dal processo spinoso C7. Sotto l'ereettore della colonna vertebrale un gruppo di muscoli denominati complessivamente muscoli trasversospinali, ha la funzione di connettere tra loro e stabilizzare le vertebre. Questa funzione è assistita da una serie di altri piccoli muscoli, quali gli intestinali e gli intertrasversari, coinvolti anche loro nei movimenti della colonna così come da una coppia di muscoli localizzati nella regione lombare, i quadrati dei lombi. Quando questi muscoli si contraggono bilateralmente estendendo la colonna vertebrale, mentre se la loro contrazione è unilaterale ne producono una flessione laterale.

Muscoli trasversospinali

I muscoli trasverso spinali sono profondi e situati medialmente, si estendono tra i processi trasversi e gli archi vertebrali o i processi spinosi delle vertebre. Sono solitamente classificati come muscoli spinali, semispinali, multifidi e rotatori e sono innervati dal ramo mediale del ramo posteriore del nervo spinale. [11] La complessa morfologia dei muscoli trasvesosoinali indica che sarebbero meglio classificati come muscoli spinotrasversi. Sono multipennate, altamente aerobiche, con fibre organizzate in parallelo, una disposizione che

si presta alla "messa a punto" dei movimenti vertebrali [12], si trovano attorno alla colonna vertebrale hanno il compito di stabilizzare la colonna vertebrale e il bacino e controllare i movimenti intervertebrali, ma devono anche mobilizzare la colonna vertebrale durante i movimenti locomotori e non locomotori. Dedotto dalla sua topografia, il sistema trasversospinale dei mammiferi stabilizza principalmente la colonna vertebrale, è coinvolto in piccoli movimenti locali come rotazioni attorno all'asse longitudinale del corpo. [13] Nell'uomo, diversi studi hanno riportato che i muscoli trasversospinali si estendono su almeno quattro segmenti vertebrali. A ciascun livello spinale sono separati in un insieme di muscoli distinti, ciascuno con un distinto attaccamento caudale e in questa regione consistono in un solo muscolo, il multifido. [14] Nello specifico i muscoli trasversospinali si estendono dal sacro alla base del cranio e sono posti profondamente al muscolo erettore della colonna. Sono suddivisi in tre parti, dalla superficie alla profondità: muscoli semispinali, multifidi e rotatori. Il semispinale è il più superficiale ed è costituito dal muscolo semispinale del torace, del collo e della testa. Il muscolo multifido è anch'esso suddiviso in tre parti il muscolo multifido dei lombi, del torace e del collo. I muscoli rotatori sono i più profondi dei trasversospinali e possono essere suddivisi in rotatori del lombi, del torace e del collo. [6] Il movimento del muscolo multifido e dei rotatori è di estendere la colonna vertebrale e ruotare la colonna dalla parte opposta. I muscoli semispinali hanno azione bilaterale estendendo la colonna vertebrale e il collo e azione unilaterale flettendo lateralmente la colonna ed il collo. [7]

CAPITOLO 2

SISTEMA TONICO POSTURALE

1.1 Sistema di controllo posturale

Dal punto di vista neurofisiologico l'equilibrio è regolato da un complesso meccanismo di controllo che integra input multisensoriali provenienti dai vari recettori periferici (propriocettori ed esterocettori) al fine di esplicitare una funzione antigravitaria e influenzare la postura adattandola in risposta all'elaborazione dei vari stimoli. [15,16]La postura definisce la posizione di ogni parte del nostro corpo l'uno rispetto all'altro sia in condizioni statiche che dinamiche. Il concetto di postura corretta è riferito al mantenimento di una posizione che limita il movimento del baricentro rispetto al piano d'appoggio garantendo massima stabilità con il minimo dispendio energetico.[17]L'integrazione e l'elaborazione complessa di queste informazioni permettono al sistema tonico posturale di adattare l'organismo ad un'ampia varietà di condizioni ambientali. [18] Questo complesso sistema permette il mantenimento dell'equilibrio statico costantemente influenzato dall'azione destabilizzante della gravità, di resistere alle perturbazioni di forze esterne, di mantenere o cambiare diverse posture che alterano ulteriormente il controllo dell'equilibrio

e che, in risposta alla complessa integrazione neurosensoriale, adattano l'organismo cambiando le caratteristiche meccaniche del corpo e di conseguenza l'efficacia delle azioni motorie. Inoltre permette anche il mantenimento dell'equilibrio dinamico durante i movimenti locomotori quali camminare, correre e saltare. [19] Possiamo dunque dire che il controllo posturale è regolato da un complesso meccanismo a feedback e feedforward in cui il sistema nervoso centrale integra ed elabora le afferenze modulando il tono posturale attraverso input efferenti.[20] Gli effettori sono le fibre rosse toniche e tonico-fasiche che, a sua volta, fungono anch'esse da recettori insieme alle articolazioni (propriocettori articolari) e la pelle (esterocettori cutanei). [8] Fondamentale dunque il ruolo delle catene muscolari è quello di rappresentare circuiti in continuità di direzione e di piano attraverso i quali si propagano le forze organizzatrici del corpo.[9]Numerosi studi hanno ormai confermato come la stimolazione visiva, propriocettiva e vestibolare influenzano il controllo posturale in quanto evocano l'oscillazione del corpo. [18] Numerosi sono in realtà i recettori che il sistema di controllo posturale utilizza. "L'individuo è sospeso al suolo per mezzo dei suoi piedi" (Bernard bricot). Il recettore podalico è, insieme all'occhio, un recettore fondamentale del sistema tonico posturale. È contemporaneamente un esorecettore e un endorecettore e interviene sempre qualunque sia la possibile origine di un eventuale squilibrio posturale. "Nell'uomo le informazioni partono dal piede. In stazione eretta l'uomo è considerato come un pendolo inverso che si equilibra su un triangolo di sostegno armonioso composto lateralmente, da due parti in genere simmetriche: i piedi." (Bernard Bricot- La riprogrammazione posturale globale)[8]. Il sistema craniocervico-mandibolare formato dall'articolazione temporo-mandibolare, i muscoli masticatori, dai legamenti annessi e l'insieme delle strutture quali lingua, mandibola e ioide influenzano la postura della regione cervicale [21] e scapolare [8]. Esistono, per esempio, prove importanti che accertano come disfunzioni nell'articolazione temporo-mandibolare provochino ipomobilità globale e soprattutto della regione cervicale e minore resistenza dei muscoli estensori del collo [22] e che l'ipomobilità delle catene muscolari estensori del collo e della colonna vertebrale insieme ad ipomobilità dei flessori sono riscontrate nelle donne affette da emicrania cronica. [23] Quando le informazioni sono ottenute da uno solo o più recettori in disfunzione il sistema nervoso reagisce adattandosi e provocando un aggiustamento posturale patologico [8]. Normalmente le curvature della colonna vertebrale sul piano sagittale garantiscono stabilità e sono indici di una postura efficiente dal punto di vista energetico. Esiste una relazione significativa tra postura del corpo ed efficienza delle reazioni compensatorie. Il sistema nervoso centrale tenta costantemente di contrastare le forze gravitazionali sul corpo regolando l'allineamento dei segmenti corporei correggendo disordini del sistema biomeccanico.[24] Esiste un'importante correlazione tra postura del corpo ed efficienza delle reazioni compensatorie. [10] Una cattiva postura comprende un insieme di condizioni che possono essere corrette con un percorso rieducativo appropriato.

1.2 Influenza dei campi elettromagnetici a bassa frequenza sulle cellule umane e sul sistema tonico posturale.

Studi recenti hanno dimostrato come i campi elettromagnetici a basse frequenze influenzano il sistema tonico posturale offrendo un supporto al controllo della stabilità. Nel dettaglio l'utilizzo di nanotecnologie che generano campi elettromagnetici a bassa frequenza hanno ridotto le oscillazioni in soggetti sani dando prova di maggiore controllo

dell'equilibrio. [25] Altri studi suggeriscono un'importante influenza di queste onde sulla fisiopatologia dell'osteoporosi in quanto possono esercitare effetti sui recettori correlati al Ca^{2+} sulla membrana delle cellule ossee che svolgono un ruolo regolatore nel mantenimento del rimodellamento osseo. Inoltre lo stesso studio suggerisce un miglioramento della gestione dell'equilibrio da parte dei soggetti anziani sottoposti alla ricerca. [26] Ulteriori studi suggeriscono come il trattamento con campi elettromagnetici pulsanti trans cranici hanno incrementato la forza in soggetti affetti da malattia di Parkinson lieve. [27] Inoltre effetti positivi sono stati riscontrati, in seguito ad esposizione di campi elettromagnetici, sul recupero della funzione sensomotoria in roditori in seguito ad intervento di ernia al disco e radicolopatia associata. I disturbi dell'andatura riscontrati in topi operati di ernia al disco con radicolopatia e trattati successivamente con onde elettromagnetiche rispetto a quelli operati che non hanno seguito questo protocollo erano meno gravi. [28] Le onde elettromagnetiche a bassa frequenza stimolano anche la via di segnalazione Wnt, comunemente attivata durante i processi di guarigione ossea, e la via Notch, attiva durante la differenziazione osteogenica delle cellule mesenchimali staminali. [29] è stata studiata la loro influenza anche sull'attività mitocondriale in quanto attiverebbero delle cascate metaboliche, normalmente attivate dall'esercizio fisico, che promuovono la miogenesi. Tale evento avviene in risposta all'incremento di calcio citoplasmatico e all'interno di una finestra di efficacia magnetica per cui campi più forti di ($>400 \mu T$) sono meno efficaci. [30] I campi magnetici stimolano la respirazione mitocondriale e dunque contrastano la riduzione della funzionalità muscolare. La sarcopenia compromette l'attività muscolare in termini di forza e funzionalità fisica, strettamente correlato alla riduzione dell'attività enzimatica mitocondriale. È stato ampiamente dimostrato come l'esercizio fisico migliori la qualità della vita e la longevità delle persone grazie all'attivazione del pool muscolare mitocondriale. I mitocondri possono essere visti come recettori di stress per la cellula in risposta alle variazioni esterne tali da produrre adattamenti. Infatti, bassi livelli di stress ossidativo inducono adattamento e promuovono la rigenerazione, mentre alti livelli di stress ossidativo ostacolano la crescita e la sopravvivenza cellulare. I campi magnetici stimolano la respirazione mitocondriale e inducono, entro certi valori, un processo di mitoormesi magnetica. L'attività respiratoria mitocondriale e la conseguente produzione di ROS (specie reattive dell'ossigeno) fungono da innesco per attivare una serie di processi enzimatici e trascrizionali per promuovere il mantenimento del metabolismo del muscolo stesso e dei tessuti affini. Prove sostengono che la disfunzione mitocondriale associata all'avanzamento dell'età sia associata alla sarcopenia. Questi effetti possono essere ridotti dall'esercizio fisico e da uno stile di vita sano. Inoltre è stato visto che i muscoli ossidativi (fibre di tipo 1, toniche, posturali) sono particolarmente sensibili all'esposizione magnetica. Infatti la stimolazione magnetica induce attivazione dell'asse TRPC1-MITOCONDRIALE (Transient Receptor Potential Cation Channel Subfamily Member 1), necessaria per l'ingresso di calcio promuove lo sviluppo del muscolo ossidativo, necessario per l'esecuzione di attività fisiche che richiedono resistenza e il mantenimento della postura. [31] L'ingresso di Ca^{2+} correlato a TRPC1 è enfatizzato nell'affaticamento muscolare. Infatti, i muscoli dei topi TRPC1(-/-) stimolati ripetutamente mostrano transitori $[Ca^{2+}]_i$ inferiori a quelli osservati nelle fibre TRPC1(+/+) e presentano anche un'accentuata perdita progressiva di forza. l'ingresso di Ca^{2+} correlato a TRPC1 nel mantenimento della produzione di forza contrazioni sostenute. [32].

CAPITOLO 3

DIAGNOSI E TRATTAMENTI NON INVASIVI

1.1 Spine 3D (Sensor Medica)

L'innovazione scientifica e tecnologica ha permesso in tempi recenti di sviluppare nuovi strumenti di diagnosi per chi soffre di problemi posturali e mal di schiena. Una disfunzione del sistema tonico-pasturale, generata da un'alterazione funzionale e spesso anche morfologica dei suoi recettori principali quali occhi, bocca, piedi, pelle, si traduce sempre in un disordine dell'assetto posturale. Nella maggioranza dei casi al disordine posturale somatico si associa un disordine scheletrico, non visibile e non documentabile con metodiche di superficie o non invasive. Tra quelle invasive più comuni resiste saldamente la radiologia tradizionale. Ciò accade perché il soggetto affetto da un disordine posturale va valutato in posizione eretta, ma nessun'altra indagine sullo scheletro - come la tomografia computerizzata (TC), la risonanza magnetica (RM), la scintigrafia ossea total body, la tomografia a emissione di positroni (PET) associata alla TC - consente di documentare l'alterazione o la patologia, sia essa solo funzionale o anche strutturale, esaminando il soggetto in piedi. Per fini sperimentali sono stati ideati dei dispositivi che applicano un peso sulle spalle del paziente per simulare il carico, ma anche in questo caso l'esame è falsato dal decubito supino. Con gli esami citati non si possono documentare le condizioni delle singole parti dello scheletro e i rapporti tra le stesse proprio perché manca la condizione di verticalità necessaria: l'assetto dei piedi, della bocca e degli occhi non è uguale a quello assunto in stazione eretta e la stimolazione cutanea è enormemente amplificata e disturbata dal contatto della testa, del dorso, dei glutei e delle parti posteriori degli arti inferiori con la superficie di supporto per lo svolgimento dell'esame. Ove però sia necessario un monitoraggio costante della colonna vertebrale per verificare l'andamento di una terapia, è necessario considerare l'esposizione diretta e ripetuta ad una quantità di radiazioni potenzialmente dannosa. Alcune patologie quali la scoliosi, il dorso curvo astenico o il morbo di Scheuermann richiedono un decorso e un trattamento che si prolunga per svariati anni, dalla scoperta del disturbo al completamento della maturità scheletrica e necessitano di controlli ripetuti, a volte anche a distanza di poche settimane o di pochi mesi l'uno dall'altro. Allo stesso modo, metodi diagnostici invasivi sono sconsigliati per determinate categorie di pazienti come bambini, donne in gravidanza e anziani o in generale le persone fragili. Oggi però la tecnologia permette a tutti di effettuare monitoraggi regolari con la dovuta sicurezza, riducendo al minimo tali rischi. Uno dei più recenti sviluppi in questo senso è

dato dal sistema di rilevamento tridimensionale Spine 3D sviluppato e prodotto interamente dall'azienda "Sensor Medica Creative Lab". Un sistema totalmente non invasivo grazie al principio fisico delle camere 3D ToF (acronimo di Time of Flight) che misura la nuvola di punti descritta dalla morfologia del rachide del soggetto senza l'utilizzo di radiazioni. Il principio fisico delle camere 3D è simile all'eco-localizzazione dei pipistrelli, con la differenza che il segnale utilizzato da Spine 3D non è un'onda sonora, ma un fascio di luce a *infrarossi* che rimbalza sulla superficie e il cui ritorno è registrato da un sensore per calcolarne la distanza. A partire da questa acquisizione, Spine 3D permette la stima dei punti di reperi principali della schiena, utilizzati per localizzare una regione del corpo in maniera univoca e della curva che descrive l'andamento superficiale della colonna, attraverso una combinazione di reti neurali e algoritmi realizzati *ad hoc*, consentendo di calcolare un serie di variabili di interesse e restituendo una rappresentazione digitale della stessa, integrata con informazioni di tipo morfologico. L'analisi viene eseguita facendo posizionare il paziente in piedi, in posizione naturale con le braccia rilassate lungo i fianchi, a circa un metro dalla telecamera. L'acquisizione della schiena del paziente avviene in modo rapido (meno di 5 secondi). È necessario che la schiena sia nuda e che sia visibile il solco intergluteo. Spine 3D consente un'acquisizione tridimensionale ottica della colonna vertebrale grazie ad una tecnologia a raggi infrarossi non invasiva. La tecnologia della quale si avvale, a differenza di quella a raggi-x, consente di effettuare ripetute analisi sullo stesso soggetto, senza controindicazione alcuna. I raggi infrarossi permettono di effettuare l'acquisizione della morfologia del rachide in qualsiasi condizione di luce. Spine3D è in grado di effettuare la scansione della colonna del paziente anche in assenza dei marker, fornendo sempre e comunque, una fedele riproduzione della colonna vertebrale. I potenziali vantaggi di questa tecnologia sono la maggiore immunità ai disturbi, la rapidità di propagazione, la capacità di non essere influenzato dalla luce nello spettro visibile e la possibilità di codificare facilmente l'impulso. Il risultato finale è un'immagine RGB-D, ovvero una matrice di punti NxM che contiene un'informazione sia colorimetrica sia di profondità. Lo strumento offre diversi parametri clinici, come l'analisi della postura, l'analisi della scoliosi e di tutte le possibili deformazioni della colonna vertebrale, le curve della colonna vertebrale (laterali, frontali e sagittali), la rotazione delle vertebre e la posizione pelvica. In ambito scientifico è sicuramente importante analizzare il campione nel modo meno invasivo possibile. [43] Alcuni studi, durante tutta la fase di analisi, hanno utilizzato la strumentazione di rilevamento 3D non invasiva Spine insieme alla piattaforma baropodometrica FreeMed e al software FreeStep, prodotto da Sensor Medica. Lo scopo della ricerca è stato quello di dimostrare come gli esercizi di

autocorrezione possano essere davvero efficaci, soprattutto se monitorati con strumenti non invasivi a supporto dell'operatore. La scoliosi idiopatica adolescenziale è definita come una deformità tridimensionale della colonna vertebrale e del tronco con una predominanza di deviazione laterale su altri piani di movimento. È stato dimostrato che ha una maggiore incidenza nelle ragazze. Per gestire al meglio la scoliosi, l'approccio più comune e sicuramente preferito si basa su specifici esercizi fisioterapici in grado di limitare la progressione della curva con procedure non invasive. Esistono molti metodi e tipi di esercizi per il trattamento dell'AIS, ma la maggior parte si basa sul rafforzamento e sullo stretching dei gruppi muscolari interessati. Altri si basano sull'autocorrezione nei tre piani (frontale, orizzontale e sagittale). In ogni caso, stiamo parlando di esercizi che devono essere supervisionati da un fisioterapista perché i movimenti di autocorrezione (SCM) devono essere accurati e mirati al fine di ridurre efficacemente la curva scoliotica. Quando parliamo di scoliosi dobbiamo renderci conto che il problema si riflette in diversi aspetti fisici. La scoliosi altera e riduce il controllo posturale e il controllo motorio personale. Uno scarso allineamento segmentale del corpo causato dall'AIS è stato associato ad un aumento dello spostamento laterale del centro di massa del corpo, influenzando l'equilibrio dinamico mentre si cammina. Quando si parla di scoliosi bisogna rendersi conto che il problema si riflette in diversi aspetti fisici. La scoliosi altera e riduce il controllo posturale e il controllo motorio personale. Lo scarso allineamento segmentale del corpo causato dall'AIS è stato associato a un aumento dello spostamento laterale del centro di massa del corpo, che influisce sull'equilibrio dinamico durante la deambulazione. In pediatria, la radiografia bidimensionale (2D) viene utilizzata per la diagnosi iniziale e la sorveglianza longitudinale. Ma sappiamo che frequenti valutazioni radiologiche durante la crescita possono portare a effetti negativi a lungo termine. Questo è il motivo per cui vengono sempre più utilizzati metodi di misurazione privi di radiazioni per ridurre i possibili rischi per la salute causati dall'esposizione ripetuta ai raggi X. Oggi, grazie alla tecnologia LiDAR e Spine 3D, possiamo riprodurre le immagini della colonna vertebrale su un monitor utilizzando una telecamera a infrarossi (chiamata ToF, abbreviazione di Time of Flight). Un metodo di scansione senza marcatori e senza radiazioni. E soprattutto, quindi, non invasivo. Tra l'altro, non richiede che la stanza sia buia per l'acquisizione dell'immagine, consentendo di acquisire più immagini della colonna vertebrale con un modello tridimensionale della colonna vertebrale e del bacino a diverse angolazioni. La nostra piattaforma baropodometrica FreeMed è stata utilizzata per valutare l'oscillazione del centro di pressione (COP) e i dati sono stati elaborati dal software FreeStep associato, che fornisce un'indicazione in tempo reale della pressione individuale del piede e del carico

totale. Utilizzando gli strumenti di Sensor Medica, i ricercatori (in questo caso lo studio non è esaustivo, in quanto ha esaminato solo le ragazze e non tutti i tipi di scoliosi) sono riusciti a concludere che i trattamenti fisioterapico autocorrettivi portano sicuramente a una riduzione della VLD (Vertebral deviazione laterale). Il fisioterapista, che di solito agiva “a vista”, con un margine di interpretazione, ha potuto valutare dal vivo i cambiamenti durante l'esecuzione degli esercizi. E tutto questo, va ricordato, con un trattamento non invasivo della scoliosi idiopatica adolescenziale. SCM può oggettivamente aiutare a migliorare la curvatura della colonna vertebrale. Le nuove tecnologie aiutano il monitoraggio frequente e in tempo reale della progressione della curva e l'autocorrezione della postura. Oltre a questo, il terapeuta potrebbe migliorare la metodologia di prescrizione degli esercizi con un feedback immediato e oggettivo. .[44]

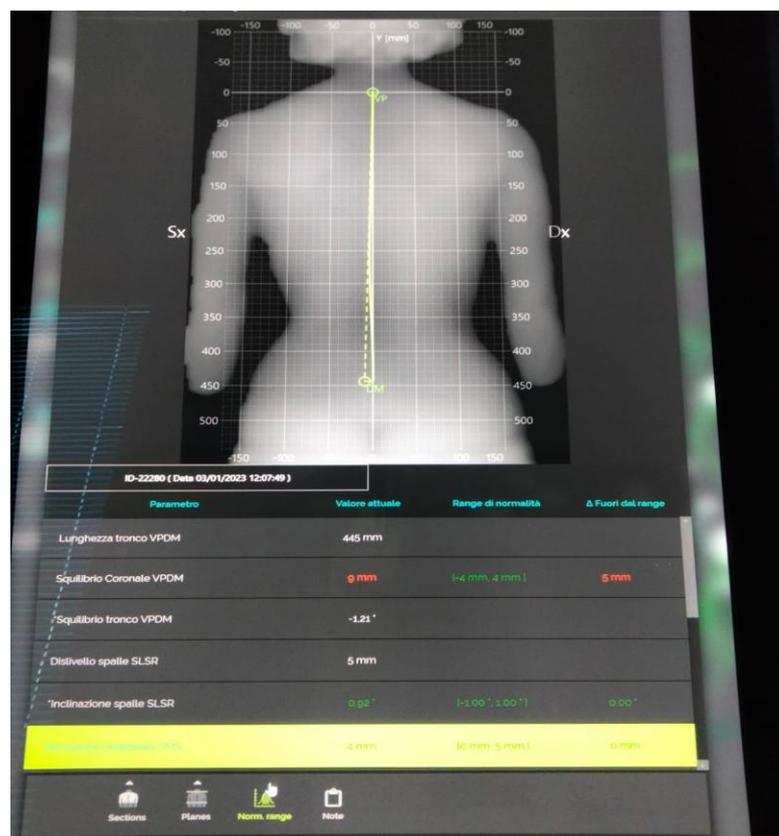
1.2 TAOPATCH PRO®

Il Taopatch Pro® è una nanotecnologia costruita in Italia e certificata come dispositivo medico CE ed inserita nel registro dei dispositivi medici del Ministero della Salute. [40] Il Taopatch Pro® è un dispositivo medico di riequilibrio posturale e neuro-muscolare, viene consigliato per trattare il dolore e i disordini del movimento, migliorare l'equilibrio, decontrarre e aiuta a ridurre dolori dovuti a un'errata postura [41], interagisce con il corpo tramite la trasmissione di fotoni. È un dispositivo nanotecnologico, non invasivo, costituito da due “patch”, che vanno applicati tramite l'ausilio di nastro per cute in specifiche parti del corpo (come nel caso di questa ricerca, che è stato applicato sul Processo Xifoideo e su C7). L'ausilio ha un durata di 2 anni circa , e può essere utilizzato 24 h su 24h, è resistente all'acqua e può essere rimosso e applicato in altre sedi in base al trattamento da eseguire, è molto piccolo misura 1 mm di spessore e 16 mm di diametro, quindi è quasi invisibile .Le indicazioni al Taopatch Pro® sono tantissime infatti è un dispositivo, che si può utilizzare per tutto l'arco della giornata, durante lo sport, durante il lavoro, ma anche durante la notte, non rilascia sostanze chimiche e non ha controindicazioni fuorché il suo utilizzo risulta nullo in caso di dolorosa acuta (post-traumatica, dismetabolica, neoplastica), e non va mai sostituito a terapie farmacologiche . In alcuni casi è indicato anche come trattamento nel mondo animale. Il compito del Taopatch Pro® è la stimolazione di punti nevralgici, incremento della propriocezione, riequilibrio della postura, tramite l'uso esclusivo di fotoni .[42] Molte leggi della fisica, della medicina e i vari studi scientifici affermano che esiste una reazione tra campi elettromagnetici e uomo , influenzando così alcune funzioni del nostro organismo. Oggi si

continua a studiare come avvengono queste variazioni successivamente all'influenza dei campi elettromagnetici. [33] L'interazione tra i campi elettromagnetici e le strutture biologiche del corpo umano è stata ampiamente studiata e molto spesso utilizzata in fisioterapia e riabilitazione per ottenere risultati positivi su diverse parti del corpo, sulle infiammazioni articolari e sulle articolazioni traumatizzate. I campi elettromagnetici inducono una risposta biochimica che consente la guarigione dei tessuti colpiti. Per quanto riguarda i campi elettromagnetici, la ricerca a livello riabilitativo è attualmente facilitata dallo sviluppo di piccoli dispositivi nanotecnologici. Dispositivo medico recentemente immesso sul mercato, il Taopatch trasforma i fotoni dell'infrarosso prodotto dal corpo e dalla luce esterna in altri fotoni aventi una lunghezza d'onda simile a quella utilizzata per la "laserterapia a basso e bassissimo livello". [38] Diversi studi forniscono prove di come il Taopatch Pro® riesca a stimolare e cambiare il tono muscolare modificandone così la postura, influenzando anche l'attività del sistema nervoso, correlata a degli scambi ionici a livello della membrana plasmatica, con ripolarizzazione e normalizzazione della conducibilità. [33] Uno studio svolto sui pazienti con sclerosi multipla ha dimostrato come l'uso della tecnologia ha migliorato il movimento, la propriocezione e l'equilibrio dei pazienti affetti dalla malattia. [38] Queste e altre ricerche mostrano prove di come questo dispositivo ha effettivamente prodotto risultati clinici interessanti e spianano la strada per l'attuazione di nuovi protocolli riabilitativi e rieducativi.

MATERIALI E METODI

Nel seguente studio sono stati coinvolti venti soggetti sani, uomini e donne, di età media di 55 anni e peso medio di 70 kg. I soggetti non hanno uno stile di vita attivo, dunque non praticano esercizio fisico. I soggetti sono stati analizzati a tempo 0, tramite SPINE 3D (Sensor Medica) prima dell'applicazione della nano tecnologia. (figura1)



Successivamente sono stati applicati i dispositivi Taopatch Pro che hanno avuto cura di mantenere per 2 ore. Un dispositivo è stato applicato anteriormente in corrispondenza del Processo Xifoideo dello sterno e un secondo dispositivo posteriormente sotto l'apofisi spinosa della settima vertebra cervicale. (fig.2,3)



Piano frontale posteriore



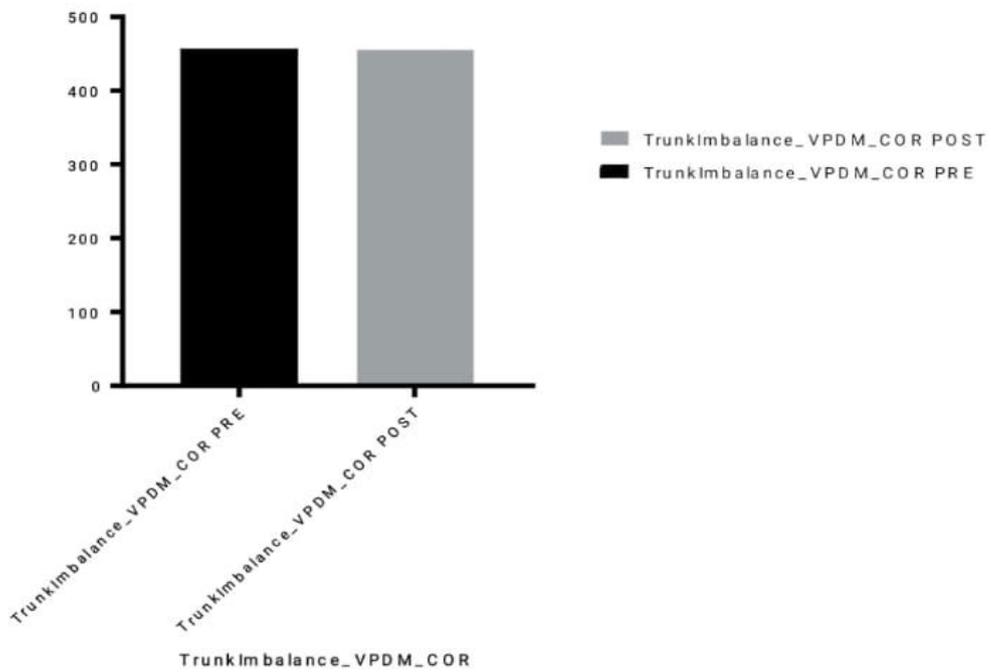
Piano frontale anteriore

Dopo 2 ore dall'applicazione dei dispositivi Taopatch Pro, i soggetti sono stati nuovamente valutati tramite SPINE 3D (Sensor Medica). La scelta dei punti di applicazione della nanotecnologia sul corpo dipende dagli studi effettuati dall'azienda produttrice in quanto questo migliora in modo specifico la comunicazione tra sistema nervoso centrale e recettori periferici in termini sia di studi elettromiografici che di mobilità per la colonna vertebrale.

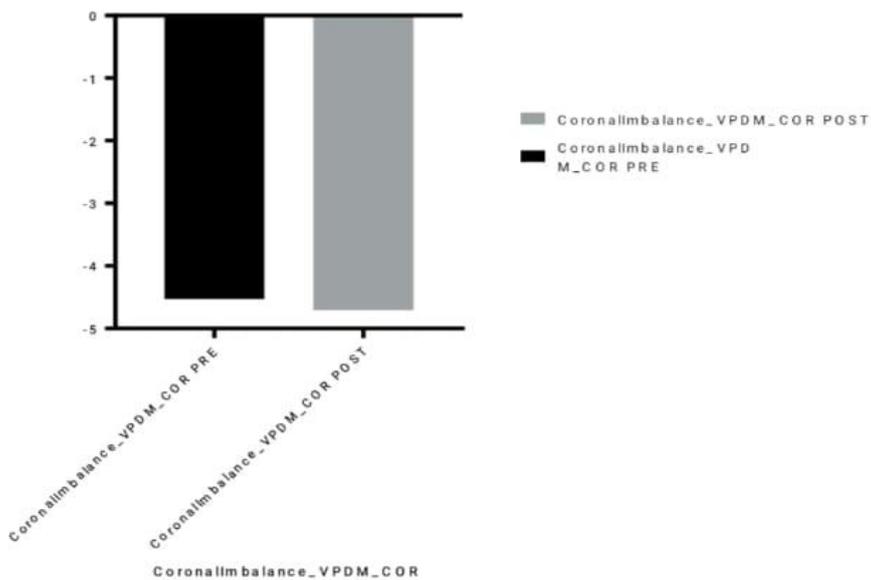
RISULTATI

I risultati ottenuti dal confronto tra la valutazione iniziale e finale di tutti i soggetti valutati hanno fatto emergere alcuni dati interessanti. Le valutazioni pre e post trattamento sono state fatte tramite SPINE 3D (sensor medica). I dati ottenuti sono stati inviati alla sensor medica per l'analisi statistica.

Grafici

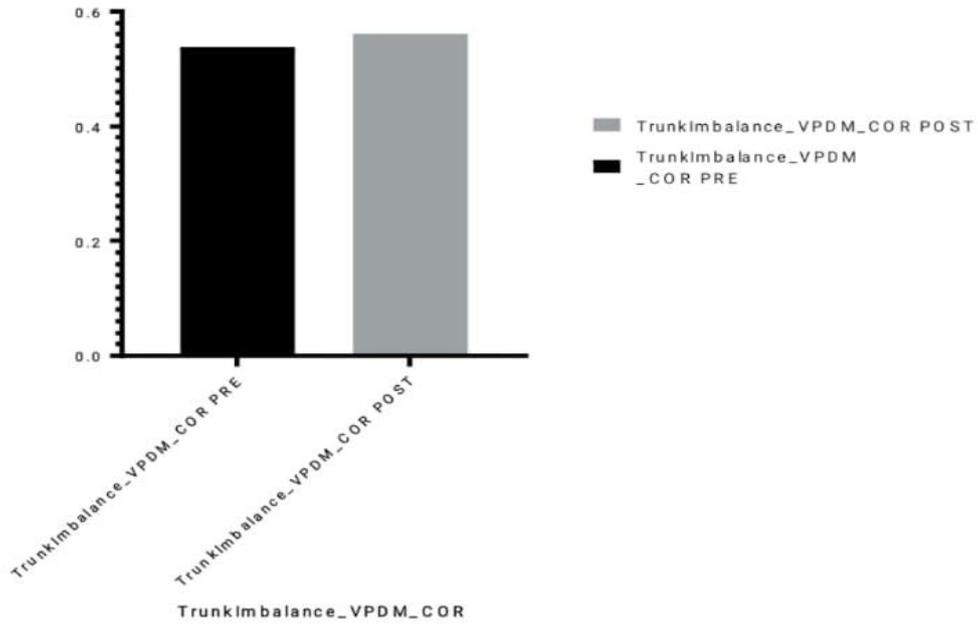


P value 0.182

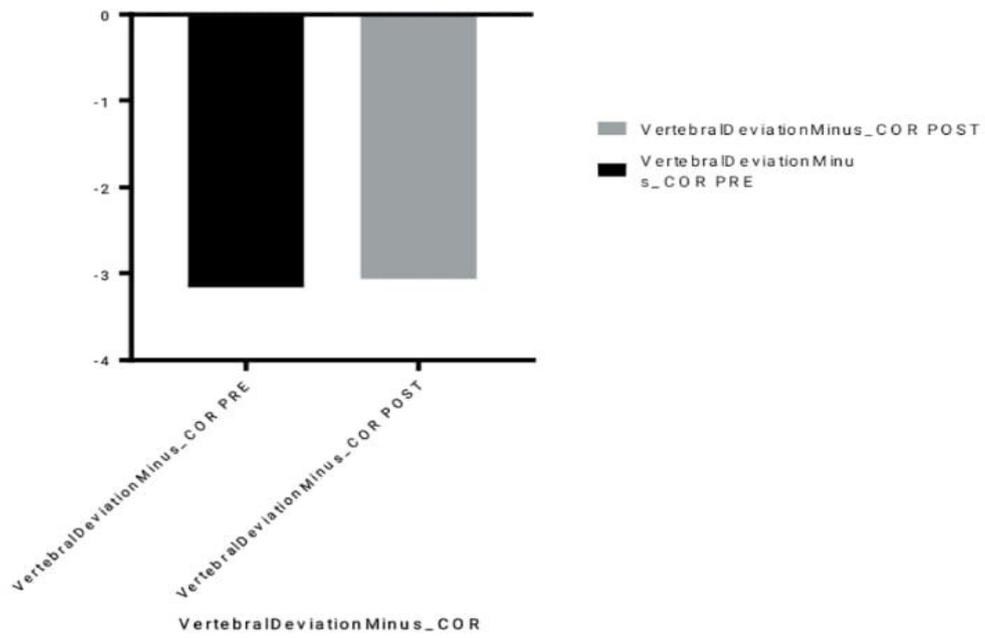


P value 0.148

]



P value 0.136



P value 0.069

Nel dettaglio è stato rilevato un dato riguardante un miglioramento della morfologia del rachide, è migliorata la deviazione vertebrale sul piano trasverso. Pertanto, i soggetti hanno mostrato una riduzione della rotazione dei corpi vertebrali in seguito ad applicazione dei nano dispositivi taopatch pro.

DISCUSSIONE

Nel seguente studio è stato valutato l'effetto della nanotecnologia sul sistema tonico posturale di soggetti sani. L'obiettivo è stato quello di studiare il dispositivo e i suoi potenziali effetti sulla colonna vertebrale. Abbiamo incluso soggetti sani, senza alcuna patologia alla colonna vertebrale. Solo qualche grado di rotazione vertebrale è stato rilevato in fase di valutazione iniziale nella maggioranza dei soggetti ma non attribuibile a scoliosi conclamata. I soggetti, con fascia d'età media di 55 anni, sedentari, in seguito ad applicazione della nanotecnologia anteriormente e posteriormente il piano frontale, sono stati poi rivalutati le due ore successive tramite SPINE 3D. Il software responsabile ha rilevato che il valore sulla deviazione vertebrale media, sul piano trasverso, di tutti i soggetti analizzati post trattamento era ridotto rispetto ai valori iniziali. Il dato indica dunque una riduzione della rotazione dei corpi vertebrali. Abbiamo inoltre cercato di dare una possibile spiegazione scientifica, formulando un'ipotesi di ricerca su come questo dispositivo abbia prodotto questo risultato. La nano tecnologia in oggetto utilizza fotoni che interagiscono con l'attività cellulare per ottenere un adattamento. Il fotone si indica con la lettera greca γ ed è **associato ad ogni radiazione elettromagnetica**. Pur essendo un fenomeno ondulatorio, la radiazione elettromagnetica ha anche una natura quantizzata che le consente di essere descritta come un flusso di fotoni. [45] L'effetto delle onde elettromagnetiche sulle cellule umane è oggetto di studio da molti anni e tutt'ora si cercano ulteriori chiarimenti. Da quanto riportato basse frequenze inducono adattamenti cellulari positivi, superati certi valori si hanno effetti opposti. Studi hanno rilevato un'importante influenza delle onde elettromagnetiche sull'attività enzimatica mitocondriale e di come questo abbia ridotto gli effetti della sarcopenia nei soggetti anziani. [31] Nel dettaglio, gli studi hanno rilevato un incremento di calcio citoplasmatico grazie all'attivazione del recettore TRPC1 in risposta all'attività elettromagnetica promuovendo la miogenesi e la mitocondrio genesi. (figura 4)

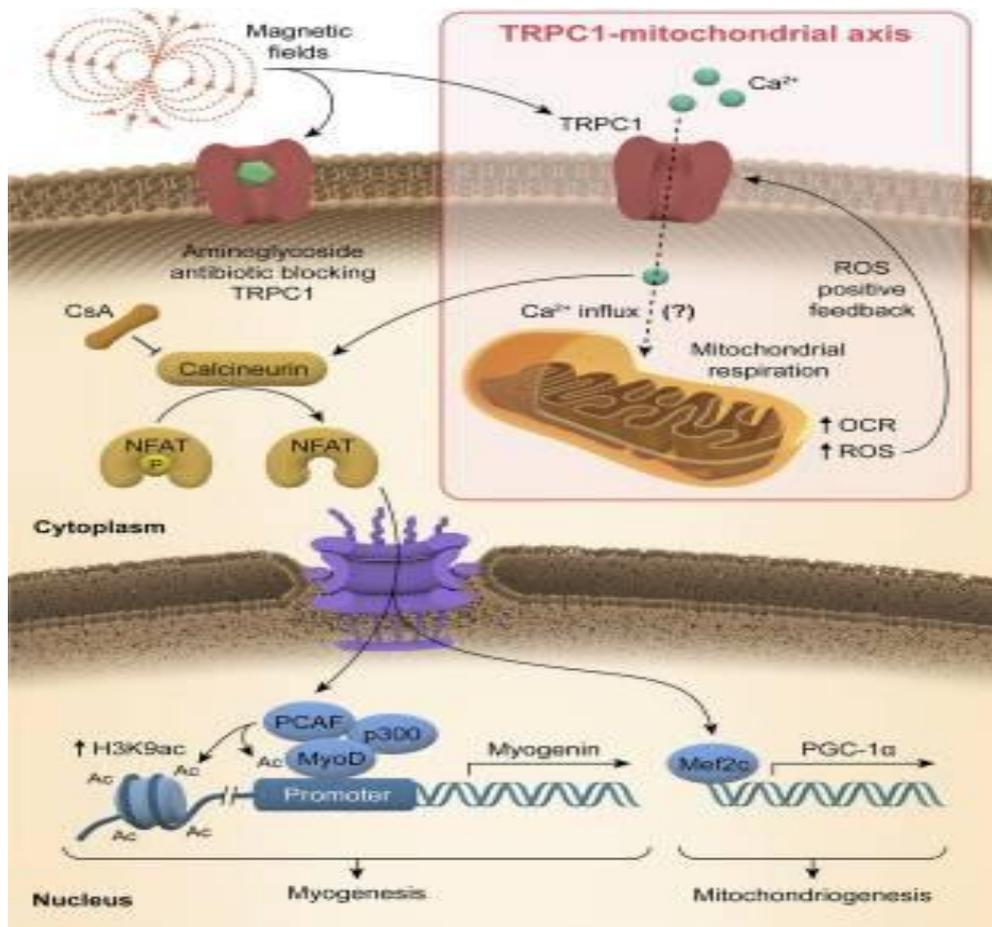


Fig.4

L'ingresso di Ca^{2+} tramite TRPC1 è correlato nel mantenimento della produzione di forza a contrazioni sostenute. PGC-1 α è un regolatore principale per la mitocondriogenesi reclutato dal metabolismo energetico e dal calcio/calcineurina, tipicamente in risposta all'attività muscolare ma anche in risposta alla stimolazione elettromagnetica. Nel dettaglio, è stato visto che PGC-1 α è espresso in risposta alla calcineurina preferenzialmente nel muscolo ossidativo. [30,31] PGC-1 α (coattivatore 1 del proliferatore gamma del perossisoma) è un coattivatore di trascrizione, aumenta la proporzione di fibre ossidative, infatti i topi privi di questo coattivatore mostrano un declino del metabolismo ossidativo del muscolo e della capacità di esercizio. [34] Inoltre la capacità respiratoria mitocondriale e l'espressione di questo fattore di controllo sono entrambi correlati al mantenimento dei telomeri in quanto i livelli di trascrittasi inversa della telomerasi sono aumentati in seguito ad esposizione dei campi magnetici. Processo che si verifica anche in risposta all'esercizio fisico. Ricordiamo inoltre che lo stress ossidativo a basse dosi induce un adattamento che si traduce in una maggiore sopravvivenza della cellula allo stress stesso. Dosi di stress ossidativo più elevate hanno effetto opposto. Studi hanno rilevato che l'esercizio fisico e la stimolazione magnetica inducono incremento dell'attività enzimatica mitocondriale incrementano lo stress ossidativo in una misura tale da indurre adattamenti positivi alla cellula e aumentandone la longevità riducendo il processo sarcopenico delle cellule muscolari e migliorando l'attività delle fibre ossidative. [30,31] Le fibre muscolari si distinguono tra loro dal punto di vista biochimico e strutturale per diverse caratteristiche, tra tante ricordiamo le diverse isoforme

della miosina.[35] La capacità di passare da un tipo di fibra all'altra viene definita PLASTICITÀ DELLA FIBRA. Due sono i principali percorsi che influenzano la plasticità della fibra e la scelta preferenziale di un tipo di fibra rispetto all'altra, noi ci focalizzeremo solo sulla segnalazione della calcineurina, una serina/treonina fosfatasi regolata dal calcio, che è un fattore chiave nella mediazione della risposta del tipo di fibra muscolare all'input neurale. La calcineurina defosforila e attiva i fattori di trascrizione NFAT. La segnalazione di calcineurina/NFAT svolge un ruolo importante nel promuovere una fibra muscolare lenta e rispetto ad una di tipo veloce.[36] è noto che la funzione della catena respiratoria mitocondriale si riduce con l'età, dunque si riduce l'attività metabolica ossidativa e di conseguenza si riduce la capacità funzionale muscolare.[37] Il muscolo scheletrico è composto da due tipi di fibre che, dal punto di vista biochimico, dipendono dalla diversa via metabolica per la produzione di ATP e dal corrispondente modello di contrazione: fibre di tipo I (colore rosso, a contrazione lenta) e tipo II (colore bianco, a contrazione rapida). Il primo è ricco di mitocondri e adatto a eseguire contrazioni di lunga durata, mentre il secondo dipende principalmente dalla glicolisi anaerobica per la sua energia ed è quindi ideale per contrazioni ad alta intensità. [34] Il nostro studio ha rilevato una riduzione della rotazione dei corpi vertebrali dei soggetti a cui sono stati applicati i dispositivi Taopatch Pro dopo due ore dalla valutazione in tempo 0. I responsabili della rotazione dei corpi vertebrali sono i muscoli del sistema trasverso spinoso, ovvero, m. Rotatori, m. multifido e m. semispinale. Questi muscoli intervengono nel controllo della postura, in modo particolare nel mantenere la posizione la colonna vertebrale in statica e durante i movimenti del corpo.[46] Sono ricchi di fibre muscolari di tipo 1. Alla luce di queste considerazioni è possibile che la nanotecnologia tramite emanazione di frequenze elettromagnetiche (fotoni) abbia, non solo influenzato l'attività metabolica cellulare migliorando l'attività enzimatica mitocondriale tramite l'ingresso di ioni Calcio attraverso il recettore TRPC1 (che abbiamo visto essere maggiormente espresso a livello delle fibre ossidative perché correlato al mantenimento della forza in caso di contrazioni sostenute), ma che questo abbia di conseguenza attivato "l'asse TRPC1 mitocondriale" attraverso cui l'ingresso di calcio ha innescato l'incremento dell'attività di un fattore chiave nella scelta preferenziale del tipo di fibra maggiormente reclutata all'input neurale, ovvero la calcineurina, che attiva i fattori di trascrizione NFAT promuovendo la fibra lenta rispetto a quella veloce spiegando la maggiore influenza dei fotoni sulle fibre toniche posturali. Aggiungiamo inoltre che l'asse TRPC1 mitocondriale, sempre sotto stimolo della calcineurina, attiva PGC-1 α , un regolatore principale per la mitocondrio genesi e la miogenesi delle fibre ossidative e che questo fattore trascrizionale insieme al miglioramento della capacità respiratoria mitocondriale, contribuiscono all'espressione del gene della telomerasi, correlata al mantenimento dei telomeri. Sosteniamo dunque che ulteriori studi potrebbero essere effettuati sull'uso prolungato della nanotecnologia tao patch pro per verificare se questa possa nel tempo contribuire, tramite miogenesi delle fibre ossidative e il supporto della mitocondrio genesi, al miglioramento dell'attività muscolare posturale. Inoltre è stato visto come l'influenza dei fotoni sul nostro organismo supporta l'attivazione di una serie di processi che sono anche indotti in risposta all'esercizio fisico. La telomerasi è infatti maggiormente espressa in risposta all'esercizio fisico e, grazie anche alla stimolazione dei processi che contrastano lo stress ossidativo, si contrasta la senescenza cellulare e la sarcopenia, migliorando di conseguenza l'attività muscolare stessa.

CONCLUSIONI

Analizzando un piccolo campione over 55 sugli effetti della nanotecnologia Taopatch Pro sul rachide, riportiamo una riduzione della rotazione dei corpi vertebrali. Sosteniamo che l'influenza dei fotoni sull'attività metabolica cellulare e trascrizionale possa aver migliorato l'attività dei muscoli rotatori dei corpi vertebrali tramite l'asse TRPC1 mitocondriale. Supportiamo l'ipotesi secondo cui , tramite l'attivazione degli stessi processi biochimici, il supporto dell'esercizio fisico strutturato diventi un valido alleato per migliorare le prestazioni del dispositivo stesso e dell'attività dei muscoli posturali. Il seguente studio risulta essere uno spunto affinché ulteriori indagini e ricerche vengano effettuate per supportare sempre più l'inserimento di una nuova nanotecnologia che migliori, insieme all'esercizio posturale, l'attività delle fibre toniche e di conseguenza dare input afferenti al sistema di controllo posturale affinché possa correggere la nascita o l'evolversi di alterazioni morfologiche che sono alla base di diversi processi patologici della colonna vertebrale.

BIBLIOGRAFIA

1. Anastasi G. *et al.*, 2010. Trattato di Anatomia umana – Anatomia generale – Apparato tegumentario – Apparato locomotore, Edi.Ermes s.r.l. , pp 132
2. McKinley M. *et al.*, 2014. Anatomia umana, Piccin, pp 206 a 212
3. McKinley M. *et al.*, 2014. Anatomia umana, Piccin, pp 214 a 216
4. Molfetta L., Molfetta F. 2018. Patologie Dell'apparato locomotore (manuale di ortopedia e traumatologia), Pacini editore medicina. Pp51 a 54
5. McKinley M. *et al.*, 2014. Anatomia umana, Piccin, pp 340 a 342.
6. Anastasi G. *et al.*, 2010. Trattato di Anatomia umana – Anatomia generale – Apparato tegumentario – Apparato locomotore, Edi.Ermes s.r.l. , pp 152
7. McKinley M. *et al.*, 2014. Anatomia umana, Piccin, pp 342
8. Dottor Bernard Bricot, Chapter 2- La riprogrammazione posturale globale
9. Leopold Busquet, Le catene muscolari- vol 1. Marrapese Editore - DEMI S.r.l.
10. 13. Baczkowicz D, Szczegielniak J, Proszkowiec M. Relazioni tra stabilità posturale, andatura e cadute nelle persone anziane: rapporto preliminare . Ortopedia, traumatologia, riabilitazione . 2008; 10 (5): 478–85

RIFERIMENTI SCIENTIFICI

11. Tatsuo Sato, Masahiro Koizumi, Ji Hyun Kim, Jeong Hyun Kim, Bao Jian Wang, Gen Murakami, and Baik Hwan Cho. Fetal development of deep back muscles in the human thoracic region with a focus on transversospinalis muscles and the medial branch of the spinal nerve posterior ramus (2011)
12. Cornwall, Jon PhD, DMPhty; Stringer, Mark D. MS, FRCS; Duxson, Marilyn PhD. Functional Morphology of the Thoracolumbar Transversospinal Muscles. (2011)
13. Nadja Schilling. Metabolic profile of the perivertebral muscles in small therian mammals: implications for the evolution of the mammalian trunk musculature (2009)
14. Jon Cornovaglia, Marianne Deries, Marilyn Duxson. Morphology of the Lumbar Transversospinal Muscles Examined in a Mouse Bearing a Muscle Fiber-Specific Nuclear Marker. (2010)

15. Massion J. Postural control system. *Curr Opin Neurobiol.* 1994 Dec;4(6):877-87. doi: 10.1016/0959-4388(94)90137-6. PMID: 7888772.
16. Duarte M, Sternad D. Complexity of human postural control in young and older adults during prolonged standing. *Exp Brain Res.* 2008 Nov;191(3):265-76. doi: 10.1007/s00221-008-1521-7. Epub 2008 Aug 12. PMID: 18696056.
17. ?urawski A?, Kiebzak WP, Kowalski IM, ?liwi?ski G, ?liwi?ski Z. Evaluation of the association between postural control and sagittal curvature of the spine. *PLoS One.* 2020 Oct 27;15(10):e0241228. doi: 10.1371/journal.pone.0241228. PMID: 33108407; PMCID: PMC7591056.
18. Peterka RJ. Sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol.* 2002 Sep;88(3):1097-118. doi: 10.1152/jn.2002.88.3.1097. PMID: 12205132.
19. Robert J. Peterka, Chapter 2 - Sensory integration for human balance control, Editor(s): Brian L. Day, Stephen R. Lord, *Handbook of Clinical Neurology*, Elsevier, Volume 159, 2018, Pages 27-42
20. Messina G., G.V. (2021). Postural disorders in patients with dizziness: From postural analysis to vestibular rehabilitation programs. In F. Martines, Salvago P (a cura di), *Dizziness: Prevalence, Risk Factors and Management* (pp. 229-245). Nova Science Publishers, Inc..
21. The Tongue, Mandible, Hyoid System. Messina G. *European Journal of Translational Myology*, 2017, 27(1): 6363.
22. de Oliveira-Souza AIS, de O Ferro JK, Barros MMB, Oliveira DA. Cervical musculoskeletal disorders in patients with temporomandibular dysfunction: A systematic review and meta-analysis. *J Bodyw Mov Ther.* 2020 Oct;24(4):84-101. doi: 10.1016/j.jbmt.2020.05.001. Epub 2020 May 11. PMID: 33218570.
23. Coutinho Neta TCM, Tenório ADS, Oliveira-Souza AIS, Chagas ACS, Rocha-Filho PAS, Villela DW, de Oliveira DA. Neck and back muscle chains hypomobility in women with migraine. *J Bodyw Mov Ther.* 2021 Oct;28:470-477. doi: 10.1016/j.jbmt.2021.06.013. Epub 2021 Jun 16. PMID: 34776180.
24. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J.* 2002 Feb;11(1):80-7. doi: 10.1007/s005860000224. PMID: 11931071; PMCID: PMC3610486.
25. Malchiodi Albedi G, Corna S, Aspesi V, Clerici D, Parisio C, Seitanidis J, Cau N, Brugliera L, Capodaglio P. Effects of nanotechnology-based devices on postural control in healthy subjects. *J Sports Med Phys Fitness.* 2018 Oct;58(10):1418-1422. doi: 10.23736/S0022-4707.17.07530-2. Epub 2017 Sep 5. PMID: 28880050.

26. S. Zhu et al., "Pulsed Electromagnetic Fields May Be Effective for the Management of Primary Osteoporosis: A Systematic Review and Meta-Analysis," in *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 30, pp. 321-328, 2022, doi: 10.1109/TNSRE.2022.3149483.
27. Article Source: Effect of transcranial pulsed electromagnetic fields (T-PEMF) on functional rate of force development and movement speed in persons with Parkinson's disease: A randomized clinical trial
28. Chan AK, Ballatori A, Nyayapati P, Mummaneni NV, Coughlin D, Liebenberg E, Külling FA, Zhang N, Waldorff EI, Ryaby JT, Lotz JC. Pulsed Electromagnetic Fields Accelerate Sensorimotor Recovery Following Experimental Disc Herniation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021 Feb 15;46(4):E222-E233. doi: 10.1097/BRS.0000000000003762. PMID: 33475275.
29. Bagheri L, Pellati A, Rizzo P, Aquila G, Massari L, De Mattei M, Ongaro A. Notch pathway is active during osteogenic differentiation of human bone marrow mesenchymal stem cells induced by pulsed electromagnetic fields. *J Tissue Eng Regen Med*. 2018 Feb;12(2):304-315. doi: 10.1002/term.2455. Epub 2017 Jul 28. PMID: 28482141.
30. Yap JLY, Tai YK, Fröhlich J, Fong CHH, Yin JN, Foo ZL, Ramanan S, Beyer C, Toh SJ, Casarosa M, Bharathy N, Kala MP, Egli M, Taneja R, Lee CN, Franco-Obregón A. Ambient and supplemental magnetic fields promote myogenesis via a TRPC1-mitochondrial axis: evidence of a magnetic mitohormetic mechanism. *FASEB J*. 2019 Nov;33(11):12853-12872. doi: 10.1096/fj.201900057R. Epub 2019 Sep 13. PMID: 31518158; PMCID: PMC6902701.
31. Venugobal S, Tai YK, Goh J, Teh S, Wong C, Goh I, Maier AB, Kennedy BK, Franco-Obregón A. Brief, weekly magnetic muscle therapy improves mobility and lean body mass in older adults: a Southeast Asia community case study. *Aging (Albany NY)*. 2023 Mar 19;15(6):1768-1790. doi: 10.18632/aging.204597. Epub 2023 Mar 19. PMID: 36934330; PMCID: PMC10085623.
32. Zanou N, Shapovalov G, Louis M, Tajeddine N, Gallo C, Van Schoor M, Anguish I, Cao ML, Schakman O, Dietrich A, Lebacqz J, Ruegg U, Roulet E, Birnbaumer L, Gailly P. Role of TRPC1 channel in skeletal muscle function. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2010 Jan;298(1):C149-62. doi: 10.1152/ajpcell.00241.2009. Epub 2009 Oct 21. PMID: 19846750; PMCID: PMC2806157.
33. Francesco Di Summa, Francesco Saverio Capobianco, Anna Shevchenko, Angelo De Martino, Simone Beninati, Edoardo Baldoni, Aurea Maria Immacolata Lumbau, Giacomo Innocenzo Chessa. Improvement of Postural Reprogramming by a

34. Song MY, Han CY, Moon YJ, Lee JH, Bae EJ, Park BH. Sirt6 reprograms myofibers to oxidative type through CREB-dependent Sox6 suppression. *Nat Commun.* 2022 Apr 4;13(1):1808. doi: 10.1038/s41467-022-29472-5. PMID: 35379817; PMCID: PMC8980083.
35. Talbot J, Maves L. Skeletal muscle fiber type: using insights from muscle developmental biology to dissect targets for susceptibility and resistance to muscle disease. *Wiley Interdiscip Rev Dev Biol.* 2016 Jul;5(4):518-34. doi: 10.1002/wdev.230. Epub 2016 May 19. PMID: 27199166; PMCID: PMC5180455
36. Talbot J, Maves L. Skeletal muscle fiber type: using insights from muscle developmental biology to dissect targets for susceptibility and resistance to muscle disease. *Wiley Interdiscip Rev Dev Biol.* 2016 Jul;5(4):518-34. doi: 10.1002/wdev.230. Epub 2016 May 19. PMID: 27199166; PMCID: PMC5180455.
37. Luff AR. Age-associated changes in the innervation of muscle fibers and changes in the mechanical properties of motor units. *Ann N Y Acad Sci.* 1998 Nov 20;854:92-101. doi: 10.1111/j.1749-6632.1998.tb09895.x. PMID: 9928423.
38. Messina G, Amato A, Alioto A, Stallone R, Rizzo F, Ragonese P, Fischetti F, Genua D, Francavilla V, Iovane A, Proia P. A new road to improve vitamin D and balance through Taopatch® and proprioceptive protocol in Multiple Sclerosis patients. *Eur J Transl Myol.* 2022 Sep 16;32(4):10774. doi: 10.4081/ejtm.2022.10774. PMID: 36112067; PMCID: PMC9830399.
39. Arsenis NC, You T, Ogawa EF, Tinsley GM, Zuo L. Physical activity and telomere length: Impact of aging and potential mechanisms of action. *Oncotarget.* 2017 Jul 4;8(27):45008-45019. doi: 10.18632/oncotarget.16726. PMID: 28410238; PMCID: PMC5546536.

SITOLOGIA

40. Antonina Vetrano (2020) Salute e benessere muscolare con Taopatch, la nanotecnologia che migliora le prestazioni atletiche. <https://www.today.it/benessere/fitness/taopatch.html>
41. Medicina moderna. Taopatch Pro® la nanotecnologia italiana che migliora la nostra salute, Taopatch Pro® è un dispositivo medico di riequilibrio neuro-muscolare e posturale. <https://medicinamoderna.tv/taopatch-la-nanotecnologia-italiana-che-migliora-la-nostra-salute.html>

42. TaoPatch® (2015) Come funziona la tecnologia TaoPatch®? Tratto da <https://www.taopatch.com/page/la-tecnologia-taopatch>
43. [Problemi posturali e mal di schiena: analisi non invasiva con le nuove tecnologie 3D | Sanità24 - Il Sole 24 Ore](#)
44. [Interesting research applied to adolescent idiopathic scoliosis \(sensormedica.com\)](#)
45. 22. https://www.scienzaeconoscenza.it/blog/scienza_e_fisica_quantistica/che-cosa-sono-i-fotoni
46. 31. <https://www.starbene.it/medicina-a-z/muscoli-rotatori>