



Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Medicina

**Corso di Laurea Magistrale in Scienze e Tecniche dell'Attività
Motoria Preventiva e Adattata**

Tesi di laurea

Effetti di diverse tipologie di esercizio fisico sui trigger points

Relatore: Dott. Stefano Gobbo

Laureando: Leonardo Zolin
N° di matricola: 1241791

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

INDICE

Capitolo 1: Introduzione	6
Capitolo 2: Sindrome del dolore miofasciale	7
2.1: I trigger points	8
2.1.1: L'ipotesi integrata di Simons	10
2.1.2: Effetti dei trigger points sulla funzione muscolare	11
2.1.2.1: Alterazioni posturali e trigger points	13
2.1.3: Trattamento dei trigger points	14
Capitolo 3: Effetti dell'esercizio fisico sui trigger points	15
3.1: Allenamento della flessibilità e trigger points: evidenze scientifiche	19
3.1.1: Effetti dello stretching sui trigger points	20
3.1.2: Stretching e terapia clinica per il trattamento dei trigger points	24
3.2: Allenamento della forza e trigger points: evidenze scientifiche	25
3.2.1: Effetti dell'allenamento della forza sui trigger points	26
3.2.2: Allenamento della forza e terapia clinica per il trattamento dei trigger points	32
3.3: Allenamento della resistenza aerobica e trigger points: evidenze scientifiche	33
3.3.1: Effetti dell'allenamento della resistenza aerobica sui trigger points	34
3.3.2: Allenamento della resistenza aerobica e terapia clinica per il trattamento dei trigger points	38
Capitolo 4: Discussione	40
Capitolo 5: Conclusioni	47
Bibliografia	48

RIASSUNTO

Background

I trigger points (TrPs) caratterizzano il quadro clinico della sindrome del dolore miofasciale (MPS) e consistono in noduli iper-sensibili che si formano in una banda miofasciale tesa di un muscolo scheletrico quando quest'ultimo è sottoposto a una condizione di sovraccarico acuto o cronico. I TrPs risultano essere dolorosi quando la porzione di tessuto miofasciale che li contiene viene compressa, allungata, contratta o ulteriormente sovraccaricata. Inoltre, i trigger points rispondono agli stimoli sensoriali con dolore riferito che è percepito lontano dai noduli miofasciali stessi. I TrPs impediscono il completo allungamento del muscolo limitando così la flessibilità e il ROM articolare; irrigidiscono e accorciano ulteriormente i tessuti miofasciali aumentando così il loro stato infiammatorio; indeboliscono il muscolo inibendolo; innescano alterazioni della funzione contrattile e disturbi autonomici provocando così disfunzione motoria. Sempre più spesso l'attività fisica è prescritta da sola o in associazione con altri tipi di terapia per trattare le sindromi del dolore miofasciale e i TrPs associati.

Scopo dello studio

L'obiettivo di questo elaborato è stato quello di revisionare la letteratura riguardante il trattamento della MPS per mezzo dell'esercizio fisico al fine di fare chiarezza riguardo l'entità degli effetti terapeutici indotti dall'allenamento della flessibilità, dall'allenamento della forza muscolare e dall'allenamento della resistenza aerobica sui TrPs, cercando inoltre di fare luce sui meccanismi fisiologici locali e sistemici attraverso cui i tre tipi di esercizio fisico agiscono sui trigger points miofasciali e sui sintomi della MPS.

Materiali e metodi

È stata effettuata una revisione non sistematica della letteratura riguardante gli effetti terapeutici dell'esercizio fisico sulla sindrome del dolore miofasciale e sui trigger points associati. Per lo studio sono state revisionate le seguenti fonti secondarie: 1) articoli scientifici selezionati attraverso i motori di ricerca di letteratura scientifica e accademica PubMed e Google Scholar; 2) i libri -Dolore e disfunzione miofasciali. Manuale per i trigger point- e -L'allenamento ottimale-.

Risultati e conclusioni

L'allenamento della flessibilità, della forza e della resistenza aerobica svolge un ruolo importante nel trattamento delle sindromi del dolore miofasciale. Queste 3 tipologie di esercizio fisico da sole non sono in grado di inibire totalmente e rimuovere i TrPs ma sono estremamente efficaci nel trattare sia i sintomi che gli effetti disfunzionali della MPS. Se abbinati ad una terapia clinica della MPS in grado di inattivare completamente e rimuovere i TrPs, lo stretching, l'allenamento della forza e l'esercizio aerobico contribuiscono ad inibire completamente i punti trigger e a impedire la loro riattivazione, facilitano la loro rimozione e rendono il trattamento dei sintomi enormemente più efficace. Secondo le linee guida attuali la migliore terapia della MPS risulta essere un programma di trattamento multimodale che prevede la combinazione di una o più terapie cliniche dei TrPs con 2 o più tipi di esercizi fisico e con eventualmente altre forme di trattamento: la scelta delle componenti terapeutiche da integrare tra di loro deve essere il frutto della collaborazione tra clinico e chinesiologo e deve avvenire sulla base delle esigenze terapeutiche e funzionali del paziente.

ABSTRACT

Background

Trigger points (TrPs) characterize the clinical picture of myofascial pain syndrome (MPS) and consist of hyper-sensitive nodules that form in a taut myofascial band of a skeletal muscle when the latter is subjected to an acute or chronic overload condition. TrPs are painful when the portion of myofascial tissue containing them is compressed, stretched, contracted or further overloaded. Furthermore, trigger points respond to sensory stimuli with referred pain that is perceived away from the myofascial nodules themselves. TrPs prevent the complete elongation of the muscle thus limiting flexibility and joint ROM; they stiffen and further shorten myofascial tissues thus increasing their inflammatory state; they weaken the muscle by inhibiting it; they trigger alterations in contractile function and autonomic disturbances thus causing motor dysfunction. Increasingly, physical activity is prescribed alone or in combination with other types of therapy to treat myofascial pain syndromes and associated TrPs

Purpose of the study

The aim of this paper was to review the literature on the treatment of MPS by means of exercise in order to clarify the extent of the therapeutic effects induced by the training of flexibility, of the muscular strength of aerobic resistance on the TrPs, also trying to shed light on the local and systemic physiological mechanisms through which the 3 types of exercise act on myofascial trigger points and symptoms of MPS.

Materials and methods

An unsystematic review of the literature on the therapeutic effects of exercise on myofascial pain syndrome and associated trigger points was carried out. For the study the following secondary sources have been revised: 1) scientific articles selected through the search engines of scientific and academic literature PubMed and Google Scholar; 2) the books - Dolore e disfunzione miofasciali. Manuale per i trigger point- e -L'allenamento ottimale-.

Results and conclusions.

The training of flexibility, strength and aerobic endurance plays an important role in the treatment of myofascial pain syndromes. These 3 types of exercise alone are not able to

totally inhibit and remove the TrPs but are extremely effective in treating both the symptoms and the dysfunctional effects of MPS. When combined with clinical therapy of MPS that can completely inactivate and remove TrPs, stretching, strength training and aerobic exercise help to completely inhibit trigger points and prevent their reactivation, facilitate their removal and make the treatment of symptoms enormously more effective. According to current guidelines, the best MPS therapy is a multi-modal treatment program that involves the combination of one or more clinical therapies of the TrPs with 2 or more types of physical exercises and possibly other forms of treatment: the choice of therapeutic components to be integrated between them must be the result of collaboration between clinician and kinesiologist and must be based on the therapeutic and functional needs of the patient.

1. INTRODUZIONE

La sindrome del dolore miofasciale (MPS) comprende un vasto ed eterogeneo gruppo di patologie muscolari che si manifestano con dolore muscolare cronico circoscritto o diffuso, rigidità miofasciale da retrazione muscolare, debolezza muscolare, spasmi muscolari, infiammazione miofasciale, limitazione funzionale e a volte con sintomi di tipo nevralgico quali parestesie e formicolio e disfunzione vegetativa. La MPS è provocata da una condizione di eccessivo stress muscolare la quale a sua volta può essere indotta da numerose condizioni ed eventi nocivi quali: contrattura muscolare da iper-utilizzo di determinati muscoli, affaticamento muscolare da sovraccarico acuto o cronico, lesioni muscolari da sovraccarico acuto, traumi e microtraumi miofasciali, retrazione muscolare da disuso di determinati muscoli, assunzione prolungata e ricorrente di determinate posture (ad esempio stare seduti tutto il giorno), deterioramento della fisiologia muscolare da inattività fisica, stati infiammatori sistemici o locali, degenerazione muscolare indotta da patologie neuromuscolari, osteo-articolari, metaboliche o autoimmuni, deterioramento muscolare da infezioni ⁽¹⁾.

L'elemento caratteristico delle sindromi dolorose miofasciali è il trigger point (TrP), che oltre a provocare dolore miofasciale locale e/o riferito, innesca vari effetti disfunzionali quali ad esempio irrigidimento e accorciamento dei tessuti miofasciali, riduzione del ROM articolare, inibizione muscolare, alterazione della fisiologia muscolare, disturbi autonomici e sensibilizzazione centrale e periferica. I TrPs possono avere un impatto negativo sugli aspetti della funzione muscolare, quali attivazione neuromuscolare, coordinazione intra- e intermuscolare, produzione di forza, affaticamento muscolare, assunzione e mantenimento delle posture. Inoltre è stato dimostrato che il dolore miofasciale altera la funzione motoria dei muscoli affetti da TrPs attraverso complessi meccanismi nervosi centrali e periferici, pertanto non è raro trovare soggetti con MPS che presentino schemi di controllo motorio alterati che hanno un impatto significativo sulla funzione motoria. La frequente assunzione e il prolungato mantenimento di posture scorrette possono sottoporre i tessuti miofasciali a stress meccanici e metabolici eccessivi che se non rimossi interrompono le capacità omeostatiche del corpo di resistere alle forze esterne, favorendo così lo sviluppo di una condizione di sovraccarico muscolare cronica che porta alla formazione dei TrPs ⁽¹⁾.

I trigger points miofasciali possono essere inattivati e rimossi attraverso vari tipi di trattamenti clinici. Le attuali linee guida per il trattamento della sindrome del dolore miofasciale indicano che le terapie cliniche non devono rappresentare un trattamento a sé stante dei trigger points ma devono essere integrate con altri tipi di terapia quali ad esempio il training autogeno e l'esercizio fisico. Infatti sempre più spesso l'attività fisica viene prescritta da sola o in associazione con le terapie cliniche per trattare le sindromi del dolore miofasciale e i TrPs associati ⁽¹⁾.

L'obiettivo di questo elaborato è quello di fare chiarezza riguardo l'entità degli effetti terapeutici indotti dall'allenamento della flessibilità, della forza muscolare e della resistenza aerobica sulla MPS e sui TrPs associati, cercando di fare luce sui meccanismi fisiologici locali e sistemici. Per fare ciò è stata revisionata in modo non sistematico la letteratura riguardante la relazione tra esercizio fisico e TrPs, includendo nell'analisi critica non solo gli studi che esaminano gli effetti del solo esercizio fisico sulla MPS, ma anche gli studi che indagano sugli effetti del trattamento multimodale, in cui sono presenti vari tipi di esercizio fisico oltre alle terapie cliniche, sui trigger points miofasciali.

2. SINDROME DEL DOLORE MIOFASCIALE

Il dolore miofasciale occupa un posto di rilievo nello spettro delle sindromi dolorose acute e soprattutto croniche. Per dolore miofasciale si intende un dolore muscolare profondo, intenso, sordo e fastidioso che a seconda della sua eziologia e decorso può essere acuto o cronico, locale o riferito, primitivo o secondario e più o meno invalidante. Il dolore miofasciale è provocato da uno stress muscolare eccessivo il quale a sua volta può essere causato da numerose condizioni ed eventi nocivi quali: contrattura muscolare da iper-utilizzo di determinati muscoli, affaticamento muscolare da sovraccarico acuto o cronico, lesioni muscolari da sovraccarico acuto, traumi e microtraumi miofasciali, retrazione muscolare da disuso di determinati muscoli, assunzione prolungata e ricorrente di determinate posture (ad esempio stare seduti tutto il giorno), deterioramento della fisiologia muscolare da inattività fisica, stati infiammatori sistemici o locali, degenerazione muscolare indotta da patologie neuro-muscolari, osteo-articolari, metaboliche o autoimmuni e deterioramento muscolare da infezioni. Nel breve termine l'eccessiva tensione muscolare provoca rigidità e accorciamento

miofasciale i quali se non trattati possono portare nel medio/lungo termine a spasmi muscolari, debolezza muscolare, squilibri posturali, infiammazione miofasciale, riduzione del ROM articolare, calcificazioni muscolari e disfunzione miofasciale: viene così a crearsi così un quadro clinico che, oltre a indurre limitazioni funzionali più o meno gravi nelle attività quotidiane, predispone alla comparsa di patologie secondarie di vario tipo. Il dolore miofasciale può manifestarsi durante le attività quotidiane, l'attività fisica o anche a riposo, oppure in condizioni di affaticamento generale o di forte stress psico-emotivo. Il dolore miofasciale, sfortunatamente, è spesso trascurato come un potenziale fattore che contribuisce o causa altri problemi di dolore ⁽¹⁾.

Tra le sindromi dolorose muscolo-scheletriche, la sindrome miofasciale (MPS, myofascial pain syndrome) è sicuramente una delle più frequenti: essa affligge il 33% degli adulti ed è responsabile del 29% dei giorni di lavoro perduti per malattia. La sindrome del dolore miofasciale comprende un vasto ed eterogeneo gruppo di patologie muscolari (tra le quali citiamo la miosite, la fibromialgia e la polimialgia reumatica) che si manifestano con dolore muscolare cronico circoscritto o diffuso, rigidità miofasciale da retrazione muscolare, debolezza muscolare, spasmi muscolari, infiammazione miofasciale, limitazione funzionale e a volte con sintomi di tipo nevralgico quali parestesie e formicolio e disfunzione vegetativa. L'elemento caratteristico delle sindromi dolorose miofasciali è il trigger point, un'area miofasciale circoscritta ben identificabile, indurita, ipersensibile e dolente alla palpazione: se attivo, il trigger point provoca dolore sia a riposo che durante l'attività fisica e nel tempo tende ad estendersi ed a peggiorare fino a causare, riduzione della forza muscolare, riduzione della flessibilità muscolare e del ROM articolare, disfunzione motoria e disturbi del sonno.

2.1 I TRIGGER POINTS

Un trigger point è un nodulo iper-sensibile in una banda tesa di un muscolo scheletrico che risulta essere doloroso per compressione, allungamento, sovraccarico o contrazione del tessuto e che solitamente risponde con un dolore riferito che è percepito lontano dal punto stesso. Il dolore miofasciale prodotto dai TrPs è spesso descritto come dolore profondo, diffuso, che brucia, che stringe o che preme: queste caratteristiche lo differenziano dal dolore neuropatico o cutaneo. Altri sintomi, come intorpidimento, freddezza, rigidità e debolezza

muscolare, affaticamento o disfunzione motoria muscolo-scheletrica, possono essere associati al dolore miofasciale da TrP ⁽¹⁾.

Sebbene in passato i trigger points siano stati classificati in attivi, latenti, satelliti, primari e secondari, attualmente, solo i TrPs attivi e latenti sono considerati nella ricerca e nella pratica clinica ⁽¹⁾. Secondo Travell e Simons un TrP attivo è "un TrP miofasciale che provoca un disturbo clinico del dolore: è sempre dolente, impedisce il pieno allungamento del muscolo, indebolisce il muscolo, riferisce un dolore riconosciuto dal paziente a seguito di compressione diretta, media una risposta di contrazione locale (LTR, local twitch response) delle fibre muscolari quando adeguatamente stimolato e, quando compresso entro la tolleranza del dolore del paziente, produce fenomeni motori riferiti e spesso fenomeni autonomici, generalmente nella sua zona di proiezione del dolore, e provoca dolenzia nella zona di riferimento del dolore" ⁽²⁾. Allo stesso modo, un TrP latente è stato definito dai 2 ricercatori come "un TrP miofasciale che è clinicamente quiescente rispetto al dolore spontaneo; è doloroso solo quando palpato. Un TrP latente può mostrare tutte le altre caratteristiche cliniche di un TrP attivo e ha sempre una banda tesa che aumenta la tensione muscolare e limita il range di movimento" ⁽²⁾. I trigger points attivi sono più facilmente irritabili dei trigger points latenti e rispetto a quest'ultimi presentano aree di dolore riferito più grandi e intensità di dolore più elevate; inoltre i tessuti cutanei e sottocutanei che sovrastano i TrPs attivi sono più sensibili alla pressione e alla stimolazione elettrica rispetto a quelli che sovrastano i TrPs latenti. Per contro i trigger points latenti sono molto più comuni dei trigger points attivi ⁽¹⁾. Indipendentemente dal fatto che siano attivi o latenti, i trigger points hanno in comune le seguenti caratteristiche ⁽¹⁾: i TrPs sono situati in una banda miofasciale tesa palpabile con palpazione a piatto o a pinza trasversale alle fibre; se adeguatamente stimolati i TrPs producono una risposta di contrazione locale (LTR); i TrPs producono dolore miofasciale locale e/ riferito che a seconda della sua intensità può essere più meno invalidante; i TrPs possono provocare disturbi muscolari e autonomici portando così a disfunzione motoria; i TrPs possono impedire il pieno allungamento del muscolo limitando così il range di movimento articolare; i TrPs possono causare debolezza da inibizione del muscolo.

Il concetto attuale riguardante l'origine dei trigger points miofasciali afferma che il sovraccarico muscolare, acuto o cronico che sia, fa precipitare la cascata di eventi cellulari che portano allo sviluppo della banda miofasciale tesa e, di conseguenza, alla comparsa di

punti dolenti (i trigger points appunto) e del dolore. Infatti i TrPs si trovano all'interno di bande tese, che sono bande discrete di fibre muscolari contratte che possono essere palpate e visualizzate con ecografia e immagini a risonanza magnetica, specialmente se combinate con elastografia. Il meccanismo per la formazione della banda tesa muscolare non è ancora completamente spiegato, ma è probabile che quando un muscolo è in sovraccarico, in altre parole, quando un carico applicato supera la capacità del muscolo di rispondere adeguatamente, possono svilupparsi bande miofasciali tese, in particolare a seguito di uno stress eccentrico o concentrico insolito o eccessivo ⁽¹⁾.

2.1.1 L'IPOTESI INTEGRATA DI SIMONS E TRAVELL

Nel 1999 Simons e Travell formularono l'ipotesi integrata del trigger point, una teoria che integrava le evidenze scientifiche raccolte fino a quel momento in ambito di dolore miofasciale e trigger points con le ipotesi di formazione dei TrPs più affermate di quel periodo nell'intento di spiegare nel modo più completo possibile i meccanismi biochimici e neurofisiologici che sottendono allo sviluppo dei punti triggers. L'ipotesi integrata del TrP prevede un eccessivo rilascio di acetilcolina (ACh) a livello della giunzione neuromuscolare che provoca un'anomala depolarizzazione della membrana post-giunzionale della placca motrice con conseguente crisi energetica ipossica localizzata associata ad archi riflessi sensoriali e autonomici e sostenuta da complessi meccanismi di sensibilizzazione. In particolare secondo l'ipotesi integrata del trigger point la disfunzione primaria è un aumento anormale nella produzione e nel rilascio di ACh dalla terminazione nervosa motoria in condizioni di riposo. Il notevole incremento del numero di potenziali della placca motrice in miniatura (MEPP) che ne consegue produce rumore delle placche motrici e depolarizzazione sostenuta della membrana post giunzionale della fibra muscolare: questa depolarizzazione prolungata causa un rilascio e una ricaptazione continua di ioni calcio dal reticolo sarcoplasmatico locale producendo così un accorciamento prolungato dei sarcomeri delle fibre muscolari. Ognuno di questi cambiamenti evidenziati aumenta la domanda di energia. L'accorciamento prolungato delle fibre muscolari comprime i vasi sanguigni locali, riducendo così l'apporto di nutrienti e ossigeno che normalmente soddisfa i fabbisogni energetici di tale regione muscolare. L'aumento della domanda di energia a fronte di un deterioramento dell'approvvigionamento energetico produce una crisi energetica locale che,

insieme alla condizione di ipossia locale, porta al rilascio e all'accumulo di molecole iperalgesiche (quali gli ioni H^{++} , K^{++} e Ca^{++} , la bradichinina BK, le prostaglandine, l'istamina, la serotonina e i radicali liberi) e pro-infiammatorie (quali le interleuchine IL1, IL6 e IL8, il TNF, la PCR e l'INF- α) nel muscolo le quali, interagendo con le terminazioni nervose nocicettive e autonome che attraversano la banda miofasciale tesa, innescano dolore miofasciale locale e diffuso e alterano la funzione sistema nervoso autonomo (SNA). Tale rilascio di sostanze neuro-attive nella porzione di tessuto muscolare disfunzionale contribuisce a sua volta all'eccessiva secrezione di acetilcolina dalle terminazioni nervose, completando quello che poi diventa un circolo vizioso che si auto-alimenta. Nonostante l'ipotesi integrata del TrP sia la teoria di formazione dei trigger points più accettata, rimane tutt'ora una congettura i cui limiti dell'ipotesi integrata hanno spinto molti ricercatori ad indagare sui meccanismi fisiopatologici dei punti triggers ancora sconosciuti nel tentativo di completare tale modello teorico: molte di queste indagini scientifiche hanno portato all'apertura di nuove e differenti strade di ricerca che hanno portato alla nascita di nuove ipotesi di sviluppo dei trigger points, tra le quali le più diffuse sono l'ipotesi del fuso neuromuscolare, l'ipotesi di Jafri e l'ipotesi dei polimorfismi del recettore del canale K_{ATP} (1,2).

2.1.2 EFFETTI DEI TRIGGER POINTS SULLA FUNZIONE MUSCOLARE

È stato dimostrato che i TrPs possono avere un impatto negativo sugli aspetti della funzione muscolare, quali attivazione muscolare, coordinazione intra- e intermuscolare, produzione di forza, affaticamento muscolare, assunzione e mantenimento delle posture (3). Poiché la presenza di dolore miofasciale condiziona negativamente la funzione motoria dei muscoli sinergici e antagonisti attraverso complessi meccanismi neurali centrali e periferici non ancora del tutto chiari, non è raro trovare pazienti con TrPs attivi o latenti che presentano schemi di controllo motorio alterati (3). Ad esempio Yu e Kim hanno riscontrato che i muscoli con TrPs attivi sono soggetti ad un affaticamento muscolare significativamente più elevato rispetto ai muscoli senza TrPs, suggerendo che i punti trigger siano in grado di aumentare notevolmente il reclutamento del potenziale d'azione delle unità motorie delle fibre muscolari di tipo II (4). In un loro studio Yassin e colleghi hanno osservato che i pazienti con TrPs attivi nei muscoli del collo e della spalla hanno bisogno di più tempo per muovere l'arto superiore in risposta ad uno stimolo sensoriale rispetto ai soggetti con TrPs latenti o senza

TrPs negli stessi muscoli: secondo gli autori tale ritardo nell'attivazione muscolare è riconducibile ai TrPs attivi i quali avrebbero alterato l'elaborazione delle risposte motorie a livello del sistema limbico, in particolare nell'area dedicata alla pianificazione dei programmi motori ⁽⁵⁾. Florencio e colleghi hanno scoperto che la presenza di TrPs attivi nei muscoli cervicali causava un'alterata attivazione dei muscoli flessori ed estensori superficiali del collo durante esercizi isometrici a basso carico per il rachide cervicale nelle donne con emicrania: secondo gli autori l'incremento dell'attività muscolare antagonista a discapito della attività muscolare agonista è stato l'esito di una riorganizzazione del programma motorio messa in atto dal sistema neuromuscolare al fine di permettere al soggetto di eseguire tali esercizi isometrici nonostante la presenza di dolore miofasciale a livello dei muscoli del collo affetti da TrPs attivi ⁽⁶⁾.

L'attività di ricerca riguardante l'associazione tra trigger point e disfunzione muscolare è stata principalmente focalizzata sui TrPs latenti poiché essi sono molto più frequenti dei TrPs attivi ⁽¹⁾. Prove di supporto hanno dimostrato che i TrPs latenti influenzano negativamente molteplici aspetti della funzione muscolare, molto spesso però in misura minore rispetto ai TrPs attivi ⁽¹⁾. È importante sottolineare che, da un punto di vista clinico, i TrPs latenti possono indurre varie disfunzioni muscolari che possono avere un impatto significativo sulla funzione motoria, tuttavia tali TrPs latenti non sono sempre responsabili o associati ai sintomi del dolore miofasciale ⁽¹⁾. In un loro studio, Ge e Arendt-Nielsen hanno riscontrato un aumento dell'ampiezza dell'elettromiografia (EMG) intramuscolare del muscolo trapezio superiore durante l'abduzione isometrica dell'arto superiore nei soggetti con TrPs latenti a livello del muscolo trapezio e dei muscoli ad esso sinergici: gli autori hanno ipotizzato che i TrPs latenti della muscolatura sinergica creino schemi di attivazione muscolare anormali che possono portare a sovraccarico muscolare sinergico e propagazione del dolore miofasciale ⁽⁷⁾. Lucas e colleghi hanno rilevato una ampia variabilità nei tempi di attivazione dei muscoli della cuffia dei rotatori quando erano presenti TrPs latenti nei muscoli del cingolo scapolare: secondo gli autori l'alterazione della corretta sequenza temporale di attivazione dei muscoli della cuffia dei rotatori è riconducibile ai TrPs latenti presenti nei muscoli del cingolo scapolare, i quali avrebbero compromesso la sincronizzazione tra i pattern di attivazione dei muscoli della spalla e dell'arto superiore ⁽⁸⁾. Allo stesso modo, Bohlooli e colleghi hanno riscontrato alterazioni dei pattern di reclutamento delle unità motorie del muscolo trapezio durante un rapido sollevamento del braccio nei soggetti con TrPs latenti a livello del muscolo

trapezio superiore: secondo gli autori il ritardo nell'attivazione del muscolo trapezio durante tale movimento sarebbe causato dalla presenza di TrPs latenti nella porzione superiore del muscolo, i quali avrebbero alterato il corretto schema temporale e quantitativo dei pattern di reclutamento delle unità motorie del muscolo trapezio portando così una riduzione dell'efficienza contrattile del muscolo ⁽⁹⁾.

2.1.2.1 Alterazioni posturali e trigger points

In presenza di significative alterazioni delle strutture anatomiche e/o delle funzioni fisiologiche che compromettono la capacità del corpo di gestire le forze in modo efficiente a livello di uno o più segmenti, l'organismo modifica il proprio assetto posturale globale al fine di ripristinare una condizione di equilibrio tra forze esterne e capacità delle strutture corporee di opporsi ad esse. Tale riorganizzazione posturale risulta nociva per l'organismo in quanto altera in modo sostanziale l'equilibrio posturale globale per risolvere gli effetti negativi della condizione di stress meccanico locale: se non corretto, questo disallineamento posturale sottopone vari muscoli ad una condizione di sovraccarico mentre altri ad una condizione di inibizione da disuso. Viene a crearsi così una condizione di forte squilibrio muscolare che compromette ulteriormente l'equilibrio posturale globale: ne consegue l'alterazione del sistema neuro-muscolo-scheletrico che porta a dolore più o meno invalidante, a disfunzione motoria e a stati patologici. In questo quadro clinico disfunzionale è molto probabile che si formino trigger points nei muscoli soggetti a sovraccarico in quanto perennemente ipertonici, accorciati e rigidi: se non rimossi, tali TrPs indeboliscono i muscoli aumentando così ulteriormente la loro condizione di sovraccarico con effetti negativi aggiuntivi sulla postura, sulla funzione motoria e sul dolore ^(10,11).

Oltre ad essere causati dall'assunzione di posture scorrette, i TrPs possono fungere da causa primaria per lo sviluppo di alterazioni posturali più o meno gravi. Infatti in presenza di una condizione di sovraccarico e disfunzione muscolare perpetuata e aggravata dai trigger points, l'organismo è costretto a modificare il proprio assetto posturale globale per contrastare il più possibile l'eccessivo stress muscolare locale in modo che il soggetto riesca a preservare un sufficiente livello di funzionalità motoria nonostante gli effetti invalidanti indotti da dolore e infiammazione miofasciale e dalla alterazione del sistema nervoso. Dunque nell'intento di annullare gli effetti negativi della condizione di sovraccarico muscolare locale l'organismo finisce per alterare l'equilibrio muscolare globale dando vita ad un assetto posturale globale

nocivo caratterizzato muscoli ipertonici eccessivamente rigidi e accorciati e muscoli ipotonici eccessivamente lassi e deboli: tale disallineamento posturale se non corretto può portare nel breve, medio o lungo termine a dolore neuro-muscolo-scheletrico invalidante, a disfunzione motoria e a stati patologici. Le posture statiche e dinamiche abituali possono portare a sovraccarico e degenerazione muscolare se mantenute per lunghi periodi di tempo o ripetute con una frequenza eccessiva: tale condizione di stress muscolare può predisporre allo sviluppo di trigger points se non corretta ^(1,10,11).

2.1.3 TRATTAMENTO DEI TRIGGER POINTS

La sindrome del dolore miofasciale può essere curata attraverso vari tipi di trattamento quali la terapia clinica, il training autogeno e l'esercizio fisico. Il trattamento clinico dei TrPs comprende la farmacoterapia, le terapie fisiche strumentali, le terapie manuali e le terapie alternative. Le terapie fisiche strumentali per i TrPs si suddividono in 2 grandi categorie: le terapie fisiche termiche e le terapie fisiche elettroterapeutiche. Le terapie fisiche termiche includono la somministrazione di calore superficiale, la crioterapia, l'applicazione di spray raffreddante, la terapia ad ultrasuoni, la fonoforesi e la ionoforesi. Le terapie fisiche elettroterapeutiche comprendono la stimolazione elettrica nervosa transcutanea (TENS), la stimolazione elettrica neuromuscolare (NMES), il biofeedback e la microcorrente a frequenza specifica (FSM). Le terapie manuali per i TrPs comprendono la mobilizzazione e manipolazione delle articolazioni, il rilascio compressivo del trigger point, le tecniche di energia muscolare, la strain counterstrain (SCS), la terapia neuromuscolare (NMT) e il deep-stroking. Le terapie alternative includono il dry needling (ND), l'iniezione dei trigger points (o wet needling, WN) e il rilascio miofasciale tramite foam roller o pallina. Poiché agiscono direttamente e prevalentemente sul punto trigger, le terapie cliniche dei TrPs sono molto efficaci nell'inattivare e/o rimuovere il punto trigger e di conseguenza nel trattare i sintomi direttamente provocati da esso quali ad esempio il dolore miofasciale locale e riferito. Al contrario le terapie cliniche dei trigger points non sono altrettanto efficaci né nel trattare i fattori eziologici e i meccanismi fisiopatologici della sindrome del dolore miofasciale, né nel ripristinare la corretta fisiologia e funzionalità del sistema neuromuscolare una volta rimossi i TrPs. Alla luce di ciò le terapie cliniche dei trigger points non dovrebbero mai essere eseguite da sole ma dovrebbero essere integrate con altri tipi di terapia complementari, quali ad esempio l'esercizio fisico terapeutico o il training autogeno, al fine di creare un

trattamento multimodale che non si limiti a rimuovere i TrPs ma che sia anche in grado di annullare la condizione di sovraccarico muscolare che provoca la MPS, di ripristinare l'integrità strutturale dei tessuti miofasciali danneggiati e di ristabilire la corretta fisiologia neuromuscolare.

3. EFFETTI DELL'ESERCIZIO FISICO SUI TRIGGER POINTS

L'esercizio fisico rappresenta una efficace terapia della sindrome del dolore miofasciale che nel corso del tempo sta prendendo sempre più piede in ambito clinico grazie soprattutto alla spinta data dalla ricerca scientifica che nel corso degli anni sta aumentando la sua attività sugli effetti dell'attività fisica sui TrPs, ottenendo in gran parte degli studi risultati positivi e convincenti. L'utilizzo dell'attività fisica come mezzo di trattamento della MPS è dovuto anche alla diffusione di un nuovo approccio terapeutico alla patologia, un approccio non più focalizzato esclusivamente sulla risoluzione dei sintomi della malattia attraverso terapie tradizionali per lo più settoriali e corredate da effetti avversi per la salute, bensì un approccio globale che oltre a trattare i sintomi della patologia, cerca di comprendere e risolvere i fattori eziologici e il decorso di essa nell'intento di ripristinare la funzionalità dell'organismo a 360°: l'esercizio fisico terapeutico infatti, oltre e non presentare controindicazioni per qualsiasi tipo di disturbo o patologia, è uno dei pochi trattamenti in grado di agire simultaneamente su cause, sintomi e conseguenze della malattia sia a livello locale che a livello sistemico, risultando di conseguenza una delle poche terapie capaci di ripristinare in modo più o meno ampio (a seconda del quadro clinico e del contesto di vita del soggetto e a seconda del tipo di attività fisica utilizzato) la funzionalità dell'organismo in tutte le sue parti anatomiche e in tutte le sue dimensioni esistenziali. Affinché l'esercizio fisico risulti terapeutico nei confronti della MPS deve essere adattato con precisione al quadro clinico del paziente, al livello di condizionamento fisico del soggetto, alle caratteristiche intrinseche dell'organismo e allo stile di vita del paziente in termini di volume, intensità, durata, frequenza, densità, mezzi e contenuti. Inoltre il protocollo di esercizio fisico più efficace nel curare la MPS sembra essere quello che combina più tipi di attività fisica tra di loro per il semplice fatto che esso è in grado di indurre stimoli terapeutici e allenanti di natura differente i quali, oltre ad intervenire su un ampio numero di fattori del quadro clinico, risultano complementari e sinergici nella loro azione terapeutica: in quest'ottica i dati presenti in

letteratura suggeriscono che lo stretching, gli esercizi di rinforzo muscolare e l'allenamento aerobico debbano avere la precedenza su tutti gli altri tipi di esercizio fisico poiché rispetto a quest'ultimi agiscono in maniera più determinante sui TrPs e sui fattori eziologici della MPS ⁽¹⁾.

Gli effetti terapeutici dell'esercizio fisico sulla MPS sono vari e interessano più sedi anatomiche e processi fisiologici del sistema disfunzionale. Attraverso una revisione sistematica e metanalisi condotta nel 2020 sulla letteratura scientifica presente nei database elettronici PubMed, Scopus e Web of Science, Maria José Guzmán-Pavón e colleghi ⁽¹²⁾ hanno provato a fare chiarezza riguardo gli effetti dell'attività fisica sulla MPS. Dei 5906 studi presi inizialmente in considerazione, solo 24 hanno rispettato tutti i criteri di inclusione stabiliti dagli autori: tali 24 studi hanno valutato gli effetti di diversi tipi di attività fisica (quali gli esercizi di rinforzo muscolare, l'allenamento della resistenza aerobica, lo stretching, gli esercizi coordinativi, l'allenamento dell'equilibrio e gli esercizi di correzione posturale) sulla MPS e sulle disfunzioni ad essa associate. I risultati dello studio di Maria José Guzmán-Pavón e colleghi mostrano in modo univoco come l'esercizio fisico induca effetti terapeutici non solo sui TrPs ma anche sulle cause e conseguenze della MPS. Per quanto riguarda i TrPs, l'attività fisica, (in particolare lo stretching, gli esercizi di forza e l'allenamento aerobico), contribuisce ad inibire e sciogliere i punti trigger con conseguente riduzione dell'intensità del dolore miofasciale locale e riferito, innalzamento della loro soglia di dolore alla pressione degli stessi, aumento della forza muscolare, miglioramento della flessibilità miofasciale e del ROM articolare e riduzione delle disfunzioni neuromuscolari. Per quanto riguarda le cause della MPS, l'attività fisica (in particolare lo stretching, gli esercizi di rinforzo muscolare, l'allenamento aerobico e gli esercizi posturali) favorisce il rilassamento muscolare e innalza la soglia di affaticamento muscolare portando così ad una riduzione della condizione di sovraccarico muscolare. Infine per quanto riguarda le conseguenze della MPS, l'attività fisica (in particolare l'allenamento della forza, gli esercizi coordinativi, l'allenamento dell'equilibrio e gli esercizi di correzione posturale) attivano e rinforzano i muscoli inibiti e ripristinano e potenziano la corretta fisiologia neuromuscolare: ne consegue una marcata riduzione dei disturbi neuromotori e autonomici che provocano disabilità motoria. I risultati dello studio di Maria José Guzmán-Pavón e colleghi sono in linea gli esiti di varie ricerche scientifiche condotte sulla relazione tra attività esercizio fisico e trigger points. I meccanismi fisiologici attraverso cui i vari tipi di attività

fisica inducono effetti terapeutici sulla MPS sono vari ma tutt'ora ipotetici e verranno analizzati nei prossimi paragrafi.

Seconda la letteratura scientifica attuale l'esercizio fisico è estremamente efficace sia nel ridurre la condizione di stress muscolare che provoca la MPS, sia nell'alleviare la sintomatologia dolorosa associata alla MPS, che nel ripristinare e potenziare la corretta fisiologia neuromuscolare locale una volta rimossi i punti trigger. Al contrario la sola attività fisica non è molto efficace nell'inibire i TrPs né tantomeno nel rimuoverli: si suppone che ciò sia dovuto al fatto che l'esercizio fisico terapeutico agisca per lo più in modo diffuso sull'intero sistema disfunzionale e solo in minor parte direttamente sui punti trigger. Ne consegue la necessità di integrare l'attività fisica con altri tipi di terapia che agiscono prevalentemente sui punti trigger per inibirli e rimuoverli, in modo da creare un trattamento multimodale che non si limiti ad agire solo sul contesto disfunzionale perdendo di vista il principale target clinico (il trigger point appunto), né tanto meno che si limiti a curare esclusivamente i TrPs perdendo di vista i fattori eziologici e il decorso delle MPS, bensì che sia in grado di agire sul maggior numero di fattori e meccanismi del quadro clinico con il fine ultimo di eliminare la MPS e ripristinare appieno la funzionalità dell'organismo. In quest'ottica l'esercizio fisico rappresenta un ottimo coadiuvante delle terapie cliniche dei TrPs poiché ne amplifica gli effetti curativi, aumenta il loro raggio d'azione e soprattutto agisce dove esse non sono in grado di intervenire; viceversa i trattamenti clinici della MPS intensificano gli effetti terapeutici dell'attività fisica. Questo rapporto di complementarità e sinergia che sussiste tra attività fisica e terapia clinica dei TrPs permette la combinazione dell'una con l'altra in un unico trattamento multimodale che, secondo gli studi più recenti si è dimostrato più efficace nel curare la MPS rispetto alla sola attività fisica e alla sola terapia clinica⁽¹⁾. La conferma più recente di quanto affermato finora è rappresentata dalla revisione sistematica e metanalisi della letteratura scientifica condotta da Yu Zhou e colleghi⁽¹³⁾ nel 2023 in cui gli autori hanno valutato gli effetti dell'esercizio fisico sulla sindrome del dolore miofasciale quando eseguito in combinazione con un trattamento clinico dei trigger points nell'intento di determinare il livello di efficacia terapeutica del binomio attività fisica – terapia clinica in ambito di trattamento della MPS. Gli autori hanno esaminato in modo sistematico vari database elettronici quali EBSCO, PubMed, Science Direct, Web of Science, CNKI e Wanfang: dei 1211 studi considerati inizialmente solo 14 hanno soddisfatto tutti i criteri di inclusione della revisione sistematica e metanalisi. Tutti i 14 studi hanno

confrontato gli effetti di un determinato tipo di terapia clinica dei TrPs con quelli della combinazione tra la stessa terapia clinica e uno specifico tipo di esercizio fisico: in totale sono stati valutati 7 tipi di trattamento clinico (quali il dry needling, il wet needling, la terapia ad ultrasuoni, la terapia ad onde d'urto, il rilascio compressivo dei TrPs, il rilascio miofasciale e l'inibizione neuromuscolare integrata) e 5 tipi di attività fisica (quali l'allenamento della forza, lo stretching, l'allenamento aerobico, gli esercizi di correzione posturale e l'allenamento dell'equilibrio). I risultati della revisione sistematica e metanalisi di Yu Zhou suggeriscono l'esistenza di un rapporto di sinergia e complementarità tra attività fisica e terapia clinica in ambito di trattamento dei TrPs: infatti in ognuno dei 14 studi l'efficacia terapeutica della combinazione tra esercizio fisico e trattamento clinico si è rivelata superiore a quella del solo trattamento clinico. In particolare nei 14 studi il binomio esercizio fisico – terapia clinica ha indotto effetti curativi maggiori sull'intensità del dolore miofasciale, sulla soglia di dolore alla pressione dei TrPs, sul ROM articolare e sulla disfunzione motoria dei soggetti con MPS rispetto a quanto fatto dal solo trattamento clinico. I meccanismi fisiologici che stanno alla base del rapporto di complementarità e sinergia tra terapia clinica ed esercizio fisico non sono ancora chiari per via della modesta quantità di ricerche scientifiche condotte fino ad ora sull'efficacia terapeutica del binomio terapia clinica – esercizio fisico in ambito di trattamento della MPS, ma soprattutto per via del fatto che tale contesto clinico-terapeutico della MPS presenta numerose variabili che si condizionano a vicenda quali, il livello di gravità della MPS, il grado di disfunzione del soggetto, il tipo di trattamento terapeutico utilizzato, la tipologia di attività fisica utilizzata, l'eventuale stato di comorbilità del soggetto, la modalità di reazione dell'organismo al trattamento terapeutico e la modalità di reazione dell'organismo all'esercizio fisico terapeutico.

Sono sempre più comuni le figure cliniche e sanitarie che affermano che il miglior modo di curare la MPS è quello di progettare un protocollo di trattamento multimodale che combina uno o più tipi di terapia clinica dei TrPs con 2 o più tipologie di attività fisica e con eventualmente altri tipi di terapia, conferendo assoluta priorità allo stretching e all'allenamento della forza muscolare nella scelta dei tipi di esercizio fisico da abbinare alla terapia clinica: la scelta di ulteriori tipologie di attività fisica da inserire nel protocollo terapeutico deve avvenire in base alla complessità del quadro clinico e al grado di disfunzione motoria del soggetto e deve considerare inoltre le caratteristiche della/e terapia/e

clinica/che scelte. Nei prossimi paragrafi verranno analizzati gli effetti dell'allenamento della flessibilità muscolare, dell'allenamento della forza muscolare e dell'allenamento della resistenza aerobica sulla sindrome del dolore miofasciale: gli effetti degli altri tipi di attività fisica (quali ad esempio gli esercizi propriocettivi, l'allenamento dell'equilibrio, gli esercizi di coordinazione e di rieducazione neuro-muscolare) sulla MPS non verranno esaminati per via della carenza di dati scientifici a riguardo.

3.1 ALLENAMENTO DELLA FLESSIBILITÀ E TRIGGER POINTS: EVIDENZE SCIENTIFICHE

La flessibilità è la capacità del tessuto muscolare e del tessuto connettivo di allungarsi fino al loro limite senza traumi e di ritornare al loro stato di rilassamento naturale. Il concetto di flessibilità non deve essere confuso con quello di mobilità articolare che, invece, è la capacità delle articolazioni di muoversi liberamente e in modo indolore fino al loro massimo range di movimento (ROM). La flessibilità e la mobilità articolare si influenzano in modo reciproco e proporzionale: all'aumentare di una migliora anche l'altra, al diminuire di una peggiora anche l'altra. Un altro elemento da non confondere con la flessibilità è la elasticità che è capacità del tessuto muscolare e del tessuto connettivo di tornare il più rapidamente possibile alle loro dimensioni originali dopo essere stati allungati. A differenza della mobilità articolare, l'elasticità non sempre è correlata alla flessibilità: un tessuto miofasciale può essere flessibile ma non elastico e viceversa. Si può facilmente intuire come il grado di flessibilità del soggetto sia uno dei fattori che determinano il suo livello di qualità di vita: infatti una buona flessibilità corporea innesca effetti positivi sullo svolgimento delle attività quotidiane (ADLs), sullo svolgimento delle mansioni lavorative, sulle prestazioni sportive, sul benessere psico-fisico e sulla prevenzione/trattamento dei disturbi miofasciali e articolari e delle alterazioni posturali. La flessibilità può essere allenata nel tempo attraverso lo stretching, un insieme di tecniche di allungamento muscolo-connettivale finalizzate all'allungamento dei tessuti miofasciali e al miglioramento della mobilità articolare: gli esercizi di stretching non esercitano la loro funzione di allungamento solo sui muscoli, ma anche su fascia, tendini e legamenti ⁽¹⁴⁾.

3.1.1 EFFETTI DELLO STRETCHING SUI TRIGGER POINTS

Un trigger point miofasciale è un punto iper-irritabile in una banda tesa di un muscolo scheletrico che risulta essere doloroso per compressione, allungamento, sovraccarico o contrazione del tessuto e che è causato da un sovraccarico muscolare acuto o cronico. Se non adeguatamente gestito, il sovraccarico muscolare provoca rigidità e accorciamento permanente del tessuto miofasciale con conseguente compromissione delle proprietà meccaniche, del profilo metabolico e dell'efficienza contrattile del muscolo: questo quadro disfunzionale favorisce la formazione dei TrPs nelle bande miofasciali tese. Dunque i trigger points possono essere causati da una condizione di accorciamento muscolare permanente così come possono innescare e perpetuare una ulteriore riduzione della flessibilità muscolare, in quanto se non trattati impediscono il pieno allungamento del tessuto miofasciale e indeboliscono il muscolo, favorendo così ulteriormente l'irrigidimento e l'accorciamento muscolare ⁽¹⁾.

È stato ampiamente dimostrato che lo stretching è un trattamento basilico ma essenziale per la sindrome del dolore miofasciale: basilico perché da solo non è in grado di inibire totalmente e rimuovere i TrPs e di conseguenza di annullare la MPS; essenziale perché agisce in modo importante su vari fattori del quadro clinico della MPS quali ad esempio la condizione di sovraccarico muscolare, il deficit di flessibilità muscolare e il dolore miofasciale. Attraverso un lavoro di revisione della letteratura inerente alla gestione e al trattamento del dolore miofasciale, Stein e colleghi ⁽¹⁵⁾ sono arrivati a concludere che lo stretching è uno degli strumenti più efficaci per ridurre la condizione di sovraccarico muscolare che causa la MPS, sebbene sia in grado di ridurla solo in parte dato che per annullarla completamente è necessario intervenire sulle cause dello stress muscolare stesso. Gli autori degli studi inclusi nella revisione sono concordi nell'affermare che lo stimolo meccanico di allungamento indotto dallo stretching spinge le fibre muscolari rigide e accorciate della banda miofasciale tesa a ripristinare la loro configurazione strutturale originale con conseguente aumento della vascolarizzazione della fascia e del tessuto muscolare: la distensione del tessuto miofasciale unitamente all'aumento della circolazione ossigeno, nutrienti e fattori anti-infiammatori (interleuchina 10 e IGF-1) e alla riduzione dell'accumulo di fattori pro-infiammatori (interleuchine IL1, IL6 e IL8, TNF, PCR e l'INF- α) e cataboliti a livello degli stessi, disperde parte della tensione meccanica accumulata tra le fibre muscolari, inibisce le unità motorie iper-attive, migliora le proprietà meccaniche della fascia e del tessuto muscolare, migliora il

profilo metabolico del muscolo e della fascia, riduce l'infiammazione dei tessuti miofasciali e ripristina parzialmente la corretta fisiologia della fascia e del tessuto muscolare. Questi miglioramenti nel loro insieme accelerano il ripristino della configurazione strutturale originale delle fibre muscolari e migliorano la funzionalità della fascia e del tessuto muscolare con conseguente ulteriore distensione e rilassamento del tessuto miofasciale: un migliore assetto strutturale e una migliore efficienza rendono il tessuto miofasciale meno suscettibile all'affaticamento con conseguente innalzamento della soglia di sovraccarico del muscolo. Inoltre come in qualsiasi condizione di accorciamento miofasciale, lo stretching allunga il tessuto muscolare e le fascia delle bande tese migliorando così la flessibilità, e l'elasticità dell'intero tessuto miofasciale: ne consegue un miglioramento della contrattilità del tessuto muscolare e un aumento del ROM articolare del relativo segmento corporeo che a loro volta portano ad una riduzione del dolore miofasciale durante l'esecuzione dei movimenti e ad un miglioramento della funzione motoria dell'organismo. Affinché tutti questi effetti benefici si verifichino gli esercizi di stretching devono essere programmati ed eseguiti con criterio e costanza nel breve, medio o lungo periodo a seconda dello stato di accorciamento e degenerazione dei tessuti miofasciali, tenendo in considerazione che anche nel caso della MPS, l'allungamento del tessuto miofasciale deve avvenire al di sotto della soglia del dolore e che lo stretching agisce positivamente sul muscolo sia in acuto che in cronico ⁽²⁾.

In merito agli effetti diretti sui trigger points miofasciali indotti dallo stretching, Javid Majlesi e Halil Unalan hanno affermato in loro articolo pubblicato nel 2010 ⁽¹⁶⁾ che lo stretching è una terapia essenziale per le sindromi del dolore miofasciale poiché inibisce parzialmente i TrPs e contribuisce a rimuoverli agendo sul rilascio dei sarcomeri contratti dei TrPs stessi: i 2 ricercatori hanno ipotizzato che alla base dell'inibizione del punto trigger per mezzo dello stretching vi è lo stiramento dei sarcomeri contratti del TrP che è provocato dalla riorganizzazione della struttura delle fibre muscolari indotta dallo stimolo meccanico di allungamento. Un ulteriore meccanismo attraverso cui lo stretching inibisce parzialmente i TrPs e contribuisce a rimuoverli è stata descritta da Maria Jose Guzman Pavon e colleghi nella loro revisione sistematica e meta-analisi della letteratura riguardo gli effetti dell'esercizio fisico sulla sindrome del dolore miofasciale ⁽¹²⁾: lo stiramento delle fibre muscolari rigide e accorciate che avviene per mezzo degli esercizi di stretching aumenta l'irrorazione sanguigna della banda miofasciale tesa con conseguente riduzione

dell'accumulo di fattori pro-infiammatori (interleuchine IL1, IL6 e IL8, TNF, PCR e l'INF- α) e cataboliti a livello del TrP e aumento della circolazione di fattori anti-infiammatori (interleuchina 10 e IGF-1), di ossigeno e nutrienti a livello degli stesso. La riduzione della condizione di ipossia e carenza energetica del punto trigger e l'aumento della quantità di sostanze anti-infiammatorie a livello dello stesso che ne derivano, distendono i sarcomeri contratti del TrP, riducono lo stato di infiammazione del punto trigger e ripristinano in parte la corretta fisiologia contrattile delle fibre muscolari del TrP. Questi cambiamenti portano alla parziale inibizione del TrP e all'innalzamento della sua soglia di irritazione: ne consegue inevitabilmente un aumento della soglia del dolore alla pressione del punto trigger. Inoltre è stato dimostrato da vari studi che lo stretching diminuisce l'intensità del dolore miofasciale locale e riferito indotto dai trigger points: il meccanismo fisiologico con cui ciò avviene è ipotetico ma è stato ben descritto da Zhuang Xiaoqiang e colleghi in un loro lavoro di revisione della letteratura riguardante l'eziologia, la diagnosi e il trattamento dei TrPs miofasciali ⁽¹⁷⁾. Secondo gli autori lo stimolo meccanico di allungamento indotto dallo stretching sulle fibre muscolari accorciate e rigide innesca la distensione e il distanziamento tra di loro dei sarcomeri dei TrPs: oltre ad aumentare l'afflusso di sangue alla banda miofasciale tesa, tali movimenti stimolano il sistema nervoso a rilasciare fattori ipoalgescici (oppioidi, catecolamine e endorfine) nel tessuto miofasciale e a inibire il rilascio di fattori iperalgesici (bradichinina BK, prostaglandine e istamina) nello stesso. L'aumento della circolazione sanguigna locale favorisce la distribuzione dei fattori ipoalgescici in tutto muscolo affetto dalla MPS e facilita la rimozione dei fattori iperalgesici e delle sostanze sensibilizzanti che si sono accumulate nella banda tesa, in particolare nei TrPs: i fattori ipoalgescici desensibilizzano le terminazioni nervose periferiche del muscolo disfunzionale attraverso la parziale inibizione dei nocicettori presenti nei tessuti miofasciali. Si verifica così una riduzione dello stato di irritazione dei TrPs che, unitamente alla desensibilizzazione del nervo periferico che assiste il muscolo affetto dalla MPS e i muscoli ad esso adiacenti, porta ad una diminuzione dell'intensità del dolore miofasciale locale e riferito indotto dai TrPs stessi e ad un innalzamento della soglia di dolore alla pressione dei medesimi punti trigger.

Ad oggi non è chiaro quale tipologia di stretching sia la più efficace nel trattare la MPS anche se Simons DG e colleghi affermano, nel loro libro -Dolore e disfunzione miofasciali. Manuale per i trigger points- ⁽²⁾, che tutti i metodi di stretching che allungano delicatamente

un muscolo e ne aumentano il range di movimento indolore sono efficaci: infatti secondo gli autori allungamenti rapidi, forti o "che rimbalzano" devono essere evitati poiché provocano dolore, contrazione protettiva e spasmo dei muscoli già di per sé retratti e rigidi, irritando e attivando così ulteriormente i TrPs. Dunque le tecniche di allungamento muscolare dinamiche, quali lo stretching dinamico e lo stretching balistico dovrebbero essere evitati in presenza di trigger points. Invece sono sempre di più gli studi che riportano una certa superiorità terapeutica dello stretching isometrico rispetto alle altre tipologie di allungamento muscolo-connettivale in ambito di trattamento della MPS. Il motivo di tale superiorità sembra essere riconducibile al fatto che la contrazione isometrica del tessuto muscolare accorciato e rigido che precede e/o segue l'allungamento dello stesso, attiva maggiormente le fibre muscolari inibite della banda miofasciale tesa migliorando così la loro funzione contrattile e la loro sensibilità allo stimolo meccanico di allungamento: ne consegue che i sarcomeri contratti di tutte le fibre muscolari della banda tesa (dunque anche quelli dei TrPs presenti al suo interno) vanno incontro ad un maggiore allungamento e distanziamento tra di loro permettendo così una migliore riorganizzazione strutturale delle fibre stesse che a sua volta porta ad una maggiore allungamento del tessuto muscolare, ad una maggiore riduzione del tono muscolare e ad un maggior aumento del flusso ematico a livello dei tessuti miofasciali. Questi miglioramenti ovviamente portano al miglioramento della funzionalità del muscolo affetto dalla MPS e all'inibizione dei TrPs presenti in esso ⁽¹⁸⁾.

Per quanto riguarda la modalità di somministrazione dello stretching, i dati presenti in letteratura indicano che lo stretching non deve essere eseguito durante le fasi acute della MPS poiché l'allungamento dei tessuti miofasciali in tali momenti potrebbe irritare ulteriormente i TrPs già di per sé molto attivi con conseguente aumento della gravità dei sintomi e della disfunzione motoria. Attualmente non è conosciuto il meccanismo fisiologico attraverso cui lo stretching provoca l'irritazione dei TrPs se eseguito durante le fasi acute della MPS. In un articolo incentrato sui meccanismi fisiopatologici della MPS e sulle modalità di trattamento della stessa, James Friction ⁽¹⁹⁾ ha ipotizzato che durante la fase acuta della MPS lo stimolo meccanico di allungamento indotto dallo stretching sul tessuto miofasciale rigido e retratto, altera ulteriormente la disposizione spaziale degli elementi strutturali e contrattili delle fibre muscolari che formano il punto trigger, anziché correggerla: tali movimenti strutturali aberranti compromettono ancora di più la fisiologia

neuromuscolare delle fibre accorciate e rigide aumentando così lo stato di infiammazione della banda tesa con conseguente ulteriore irritazione del trigger point.

3.1.2 STRETCHING E TERAPIA CLINICA PER IL TRATTAMENTO DEI TRIGGER POINTS

In letteratura sono presenti diversi studi sperimentali validi che hanno confrontato gli effetti curativi dello stretching sulla sindrome del dolore miofasciale con quelli delle terapie cliniche al fine di qualificare e quantificare l'efficacia terapeutica di un determinato metodo di stretching rispetto ad uno specifico tipo di trattamento clinico della MPS. Gli esiti della maggior parte di tali studi, tra i quali ad esempio quello condotto da Luis Ceballos Laita e colleghi ⁽²⁰⁾ sul confronto tra dry needling e self-stretching in ambito di trattamento dell'osteoartrite all'anca associata a trigger points miofasciali, indicano che, rispetto allo stretching, la terapia clinica è superiore nel curare i TrPs e i sintomi ad essi associati anche se da sola non è comunque in grado né di risolvere completamente la condizione di sovraccarico muscolare né di ripristinare appieno la funzionalità dei tessuti miofasciali danneggiati: l'entità di tale superiorità si è dimostrata abbastanza variabile per via delle peculiarità di ogni studio quali la tipologia di trattamento clinico e di esercizio fisico messi a confronto, le caratteristiche dei protocolli di trattamento, il livello di gravità della MPS, la presenza o meno di una condizione di comorbilità, il livello di condizionamento fisico dei soggetti dello studio, il sesso e le caratteristiche antropometriche dei soggetti dello studio, le modalità di misurazione degli outcome clinici e le condizioni ambientali in cui vengono somministrati i protocolli di trattamento e misurati gli outcome clinici.

Come tutti gli altri tipi di attività fisica, lo stretching da solo non è in grado di inibire completamente e rimuovere i trigger points e di conseguenza non è in grado di risolvere la sindrome del dolore miofasciale. È necessario dunque abbinare lo stretching ad un altro tipo di terapia in grado di agire selettivamente sui punti trigger al fine di creare un trattamento bimodale capace di agire in maniera più efficace su TrPs, cause, conseguenze e sintomi della MPS, rispetto a quanto sia in grado di fare il solo stretching: in quest'ottica vari studi sperimentali validi presenti in letteratura, tra i quali ad esempio quello condotto da Athanasios Trampas e colleghi ⁽²¹⁾ sull'efficacia terapeutica del binomio rilascio compressivo dei TrPs – PNF in ambito di trattamento della MPS, riportano che lo stretching

e le terapie cliniche dei TrPs agiscono in modo sinergico e complementare sull'intero quadro clinico, costituendo dunque un binomio particolarmente efficace per la cura della MPS. Non è chiaro quale sia la combinazione terapia clinica – stretching più efficace nel curare la MPS per via del fatto che a parità di trattamento la risposta dell'organismo ad esso è condizionata da fattori legati al quadro clinico e da fattori intrinseci al soggetto che possono variare da paziente a paziente: ad ogni modo la letteratura ci dice che le combinazioni più utilizzate per curare la MPS sono la tecnica “spray e allungamento”, il dry needling associato allo stretching attivo e rilascio compressivo dei TrPs integrato con il PNF.

Le attuali linee guida per la cura della sindrome del dolore miofasciale, riportate da M. Donnelly e colleghi nel loro libro -Dolore e disfunzione miofasciali. Manuale per i trigger point- ⁽¹⁾, indicano che la migliore terapia è il trattamento multimodale che prevede la combinazione di una o più terapie cliniche della MPS con 2 o più tipi di esercizio fisico e con eventualmente altri tipi di terapia: in questo costrutto terapeutico lo stretching e il rinforzo muscolare esercitano un ruolo prioritario rispetto a qualsiasi altro tipo di attività fisica poiché da un lato agiscono in modo più focalizzato sui trigger points, dall'altro risultano più efficaci nel contrastare eventuali effetti disfunzionali delle terapie cliniche. Indipendentemente dal numero di terapie cliniche e attività fisiche che si decide di combinare tra loro, il migliore trattamento multimodale della MPS è sempre il frutto della collaborazione tra clinico e chinesiologo i quali, in totale accordo tra di loro e con il paziente, selezionano i tipi di terapia clinica e le tipologie di esercizio fisico più opportune da integrare tra di loro sulla base dei rapporti di affinità e repulsione esistenti tra le varie terapie, della complessità del quadro clinico, del livello di condizionamento fisico del paziente, delle caratteristiche intrinseche del soggetto e dello stile di vita del paziente.

3.2 ALLENAMENTO DELLA FORZA E TRIGGER POINTS: EVIDENZE SCIENTIFICHE

La forza muscolare è la capacità motoria che permette di vincere una resistenza o di opporvisi tramite lo sviluppo di tensione da parte della muscolatura. I principali determinanti della forza muscolare sono: la tipologia, il numero, la sezione trasversa e la disposizione delle fibre muscolari; l'angolo di pennazione del muscolo; la modalità di inserzione dei tendini del muscolo; la coordinazione inter- e intramuscolare; il numero di unità motorie

reclutate; la lunghezza delle fibre muscolari prima della contrazione muscolare; i fattori legati allo stiramento muscolare; le caratteristiche cinematiche delle articolazioni. Distinguiamo 4 tipi principali di forza muscolare. La forza massimale è la massima forza possibile che il sistema neuromuscolare è in grado di esprimere con una sola massima contrazione volontaria: la forza massimale può essere statica o dinamica. La forza esplosiva o forza rapida, è la capacità del sistema neuromuscolare di esprimere un certo livello di forza alla massima velocità: la forza esplosiva può essere statica o dinamica. La forza reattiva è la capacità del sistema neuromuscolare di produrre nel minor tempo possibile il massimo impulso di forza concentrica dopo un movimento eccentrico frenante. La forza resistente è la capacità del sistema neuromuscolare di opporsi alla fatica durante carichi di lavoro maggiori del 30% del massimo individuale di forza isometrica: la forza resistente può essere statica o dinamica ⁽¹⁴⁾.

3.2.1 EFFETTI DELL'ALLENAMENTO DELLA FORZA SUI TRIGGER POINTS

Un trigger point miofasciale è un punto iper-irritabile in una banda tesa di un muscolo scheletrico che risulta essere doloroso per compressione, allungamento, sovraccarico o contrazione del tessuto e che è causato da un sovraccarico muscolare acuto o cronico. Una delle possibili cause del sovraccarico muscolare è l'esecuzione da parte di uno o più muscoli di contrazioni eccessive in termini di volume o intensità, cosa che può verificarsi nei gesti motori ripetuti con una frequenza eccessiva o che richiedono una forza elevata: tali azioni motorie caratterizzano varie mansioni lavorative, attività ricreative e prestazioni sportive. Se non adeguatamente trattato, il sovraccarico muscolare provoca rigidità e accorciamento permanente del tessuto miofasciale con conseguente compromissione delle proprietà meccaniche e della funzione contrattile del muscolo: questo quadro disfunzionale favorisce la formazione dei trigger points miofasciali. Quindi i trigger points possono essere provocati da contrazioni muscolari eseguite con una frequenza o una intensità eccessive a cui non fa seguito un adeguato recupero della muscolatura coinvolta, venendosi così a creare una condizione di sovraccarico muscolare. Inoltre se non trattati i trigger points incrementano e perpetuano l'irrigidimento e l'accorciamento del tessuto miofasciale inibendo così ulteriormente la funzione contrattile del muscolo: ne consegue una ulteriore riduzione della

capacità del muscolo di produrre forza che porta ad un aumento del livello di disfunzione motoria del soggetto ⁽¹⁾.

Al pari dello stretching l'allenamento della forza muscolare è considerato un trattamento basilico ma essenziale per la sindrome del dolore miofasciale: basilico perché da solo non è in grado di inibire totalmente e rimuovere i TrPs e di conseguenza di annullare la MPS; essenziale perché agisce in modo importante su vari fattori del quadro clinico della MPS quali ad esempio la condizione di sovraccarico muscolare, il deficit di forza muscolare, il dolore miofasciale e la disfunzione motoria. L'accorciamento e l'irrigidimento dei tessuti miofasciali, unitamente alla formazione dei TrPs nelle bande tese, provocano l'inibizione delle unità motorie di tali tessuti con conseguente riduzione della capacità del muscolo di produrre forza massima, forza esplosiva, forza rapida e forza resistente: ne derivano un abbassamento della soglia di affaticamento del muscolo e un aumento della condizione di sovraccarico dello stesso che nel loro insieme portano all'esacerbazione del dolore miofasciale e a disfunzione motoria. In quest'ottica risulta fondamentale eseguire esercizi di rinforzo muscolare in grado nell'immediato di attivare il maggior numero possibile di unità motorie inibite attraverso il parziale ripristino della corretta attivazione nervosa intramuscolare e l'aumento della circolazione ematica muscolare: l'attivazione delle fibre muscolari inibite per mezzo dell'allenamento della forza rende i tessuti miofasciali più flessibili e consentono al muscolo di produrre più forza in tutte le sue forme. Ne consegue inevitabilmente un aumento della soglia di affaticamento del muscolo che porta alla riduzione della condizione di sovraccarico muscolare la quale a sua volta conduce alla riduzione dello stato di infiammazione dei tessuti miofasciali, alla diminuzione del dolore miofasciale e al parziale ripristino della funzione motoria del soggetto. Nel breve, medio e lungo termine l'allenamento della forza muscolare provoca ipertrofia e iperplasia delle fibre muscolari, il potenziamento dell'attivazione nervosa intramuscolare e intermuscolare, un aumento delle riserve energetiche intramuscolari, un aumento della produzione degli enzimi anaerobici e un incremento della vascolarizzazione muscolare: questi meccanismi nel loro insieme migliorano le proprietà meccaniche, metaboliche, immunologiche, ormonali e contrattili dei tessuti miofasciali rendendo così il muscolo affetto dalla MPS più forte, più resistente alla fatica, più flessibile e meno sensibile agli stimoli infiammatori e nocicettivi. Ne consegue un ulteriore e sostanziale incremento dell'efficienza del muscolo che porta alla ulteriore riduzione della condizione di sovraccarico muscolo che ha provocato la MPS.

Affinché risulti terapeutico nei confronti di un ampio numero di fattori della MPS, l'allenamento della forza muscolare deve essere progettato e programmato, in termini di volume, intensità, recupero, frequenza, densità, metodi, mezzi e contenuti, tenendo in considerazione la complessità del quadro clinico del soggetto (livello di gravità della MPS ed eventuale presenza di una condizione di comorbidità), il livello di condizionamento fisico e disabilità motoria del soggetto, il grado di disfunzione dei muscoli colpiti dalla MPS, lo stile di vita del soggetto e l'eventuale somministrazione di altri tipi di terapia al soggetto ⁽¹⁾. Per quanto riguarda gli effetti diretti sui trigger points miofasciali indotti dall'allenamento della forza, nel loro libro -Travell and Simons' Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual- ⁽²⁾ Simons DG e colleghi hanno affermato che l'allenamento della forza muscolare, se adeguatamente progettato ed eseguito a un ritmo graduale di progressione, è in grado di inibire parzialmente i TrPs contribuendo così alla loro rimozione: quanto affermato da Simons DG e colleghi è stato confermato da diversi studi condotti negli ultimi 15 anni sugli effetti degli esercizi di rinforzo muscolare sui TrPs anche se tutt'ora i meccanismi fisiologici attraverso cui tali esercizi agiscono sui TrPs non sono ancora chiari. Nella loro revisione sistematica e meta-analisi della letteratura riguardo gli effetti dell'esercizio fisico sulla sindrome del dolore miofasciale ⁽¹²⁾ Maria Jose Guzman Pavon e colleghi hanno descritto chiaramente i 2 meccanismi ipotetici più probabili attraverso cui l'allenamento della forza agisce sui TrPs per inattivarli. In primis le contrazioni muscolari richieste dagli esercizi di forza sottopongono i sarcomeri iper-contratti del punto trigger a continue fasi di accorciamento e distensione: in questo modo avviene la distensione dei sarcomeri del TrP. Tale rilascio dei sarcomeri disperde parte della tensione meccanica accumulata nel TrP e riduce il fabbisogno di substrati energetici e di ossigeno del TrP: in questo modo diminuisce lo stato di attivazione del punto trigger e aumenta la sua soglia di irritazione. In secondo luogo le contrazioni muscolari richieste dagli esercizi di forza provoca continui spostamenti delle fibre muscolari all'interno dei tessuti miofasciali rigidi e contratti: tali spostamenti distanziano le fibre muscolari tra di loro favorendo così un aumento della circolazione sanguigna nelle bande miofasciali tese e nei TrPs contenuti in esse. Questo incremento di perfusione ematica favorisce il drenaggio dei fattori pro-infiammatori (interleuchine IL1, IL6 e IL8, TNF, PCR e l'INF- α) e dei cataboliti accumulatisi nei punti trigger e aumenta la circolazione di ossigeno, nutrienti e fattori anti-infiammatori (interleuchina 10 e IGF-1) a livello dello stessi: la riduzione della condizione

di ipossia, di carenza energetica e di infiammazione dei punti trigger che ne deriva distende i sarcomeri contratti del TrP, con conseguente dispersione della tensione meccanica accumulatasi in esso. Il risultato finale è la parziale inibizione dei punti trigger che porta ad all'innalzamento delle soglie di irritazione e di dolore alla pressione dei TrPs e al parziale ripristino della corretta fisiologia contrattile delle fibre muscolari delle bande miofasciali tese.

Come lo stretching, anche l'allenamento della forza è in grado di ridurre l'intensità del dolore miofasciale locale e riferito indotto dai trigger points: il meccanismo fisiologico con cui ciò avviene è ipotetico ed è stato ben descritto da Jay P Shah e Elizabeth A Gilliams ⁽²²⁾ in loro articolo incentrato sui processi biochimici che stanno alla base del dolore miofasciale indotto dai TrPs. Secondo gli autori le contrazioni muscolari richieste dagli esercizi di forza innescano la dislocazione delle fibre muscolari nei tessuti muscolari rigidi e accorciati: muovendosi le fibre muscolari si distendono e si distanziano tra di loro innescando così lo stiramento dei sarcomeri iper-contratti dei TrPs presenti nelle bande miofasciali tese. Oltre a permettere un importante aumento del flusso ematico nelle bande miofasciali e nei relativi TrPs, tali movimenti delle fibre muscolari stimolano il sistema nervoso a rilasciare fattori ipoalgescici (oppioidi, catecolamine e endorfine) nei tessuti miofasciali rigidi e accorciati e a inibire il rilascio di fattori iperalgesici (bradichinina BK, prostaglandine e istamina) negli stessi. L'aumento della circolazione sanguigna locale favorisce la distribuzione dei fattori ipoalgescici in tutto il muscolo affetto dalla MPS e facilita la rimozione dei fattori iperalgesici e delle sostanze sensibilizzanti accumulate nelle bande miofasciali tese, in particolare nei TrPs: i fattori ipoalgescici desensibilizzano le terminazioni nervose periferiche del muscolo disfunzionale attraverso la parziale inibizione dei nocicettori presenti nei tessuti miofasciali. Si verifica così una riduzione dello stato di irritazione dei TrPs che, unitamente alla desensibilizzazione del nervo periferico che assiste il muscolo affetto dalla MPS e i muscoli ad esso adiacenti, porta ad una diminuzione dell'intensità del dolore miofasciale locale e riferito indotto dai TrPs stessi e ad un innalzamento della soglia di dolore alla pressione dei medesimi punti trigger.

Diversi studi mostrano come tutti i metodi di allenamento della forza siano efficaci nel curare la MPS a condizione che non si vada a sovraccaricare ulteriormente il muscolo rigido e accorciato. Ad esempio Chang-Zern Hong ha affermato, in un suo lavoro di sintesi della letteratura inerente il trattamento dei trigger points ⁽²³⁾, che gli esercizi di forza che

richiedono contrazioni muscolari intense o rapide devono essere evitati in presenza di MPS poiché possono accorciare e irrigidire ulteriormente i tessuti miofasciali, affaticare precocemente il muscolo, lesionare i tessuti miofasciali, alterare ulteriormente la circolazione sanguigna del muscolo, irritare ulteriormente i TrPs attivi, attivare i TrPs latenti e portare alla formazione di nuove bande miofasciale tese e/o di nuovi TrPs: ne consegue un ulteriore aumento della condizione di sovraccarico e dello stato di infiammazione e del muscolo. Investigando sull'efficacia terapeutica dell'allenamento della forza nei confronti della MPS, numerosi ricercatori hanno riscontrato che i vari metodi di allenamento della forza focalizzano gran parte della loro azione terapeutica su determinati fattori e dinamiche della MPS. Per esempio Lepley LK e colleghi ⁽²⁴⁾ sostengono che i metodi dinamici negativi sono particolarmente efficaci nel migliorare il controllo neuromuscolare dei soggetti con MPS poiché agiscono in maniera importante sulle alterazioni della morfologia muscolare e del sistema nervoso periferico. Koltyn KF e colleghi ⁽²⁵⁾ invece affermano che i metodi di allenamento statici della forza sono particolarmente efficaci nell'indurre ipoalgesia localizzata nei soggetti con MPS poiché agiscono in maniera importante sui sistemi nocicettivi multi-segmentali. Infine Chang-Zern Hong ⁽²³⁾ sostiene che i metodi dinamici positivi sono particolarmente efficaci nel migliorare la circolazione sanguigna nei muscoli affetti dalla MPS poiché provocano una importante dislocazione delle fibre muscolari rigide e accorciate all'interno dei tessuti muscolari degenerati. Non è facile stabilire se vi è un metodo di allenamento della forza più efficace degli altri nel curare la MPS poiché la scelta di un metodo piuttosto di quell'altro deve avvenire in relazione al livello di irritazione dei TrPs, al grado di degenerazione del muscolo, alla complessità del quadro clinico, al livello di disfunzione motoria e all'eventuale somministrazione di altre terapie: ad esempio nel loro libro "Travell and Simons' Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual." ⁽²⁾ Simons DG e colleghi affermano che gli esercizi di forza che prevedono contrazioni muscolari eccentriche sono particolarmente indicati per i casi di MPS caratterizzati da una importante inibizione muscolare poiché consente al muscolo di esercitare più forza con un dispendio energetico e un consumo di ossigeno minore. Ad ogni modo i dati presenti in letteratura indicano che il tipo di allenamento della forza mediamente più efficace nel trattare la MPS è quello che combina contrazioni muscolari concentriche, eccentriche ed isometriche: questa varietà di stimoli indirizzati alla muscolatura permetterebbe al protocollo di allenamento della forza di agire in maniera efficace su più ampio numero di fattori della

MPS.

Per quanto riguarda la modalità di somministrazione dell'allenamento della forza, la letteratura afferma che gli esercizi di forza non devono essere eseguiti durante le fasi acute della MPS poiché in tali momenti le contrazioni muscolari mirate potrebbero irritare ulteriormente i TrPs già di per sé molto attivi con conseguente aumento della gravità dei sintomi ad essi associati quali infiammazione dei tessuti miofasciali, irrigidimento e accorciamento della fibre muscolari, inibizione muscolare, dolore miofasciale, disturbi neuromuscolari e autonomici e disfunzione motoria. Attualmente non è conosciuto il meccanismo fisiologico attraverso cui l'allenamento della forza provoca l'irritazione dei TrPs se eseguito durante le fasi acute della MPS. In un lavoro di revisione della letteratura inerente alla gestione e al trattamento del dolore miofasciale, Stein e colleghi ⁽¹⁵⁾ hanno ipotizzato che durante la fase acuta della MPS lo stimolo di contrazione indotto dagli esercizi di forza sul tessuto miofasciale rigido e retratto, altera ulteriormente la disposizione spaziale degli elementi strutturali e contrattili delle fibre muscolari che formano il punto trigger, anziché correggerla: tali movimenti strutturali aberranti compromettono ancora di più la fisiologia neuromuscolare delle fibre accorciate e rigide aumentando così lo stato di infiammazione della banda miofasciale tesa con conseguente ulteriore irritazione del trigger point. Sebbene diversi studi scientificamente validi dimostrino che l'allenamento della forza è in grado di inibire parzialmente i TrPs, altri studi altrettanto affidabili, tra i quali ad esempio quello di Enrique Lluch e colleghi ⁽²⁶⁾, hanno riportato vari casi di MPS in cui che gli esercizi di forza, seppur eseguiti con basso carico e lontani dalle fasi acute della patologia, sono stati in grado di attivare i TrPs pur migliorando i sintomi del quadro clinico. Il motivo della variabilità degli effetti indotti dagli esercizi di forza sui TrPs non è chiaro ma è molto probabile che sia di natura soggettiva, ossia che sia legato alle caratteristiche intrinseche del muscolo affetto dalla MPS. Con i soggetti che presentano TrPs facilmente irritabili per mezzo degli esercizi di forza è consigliato sostituire l'allenamento della forza con altre forme di esercizio terapia e/o con altri tipi di trattamento fino a quando i punti trigger raggiungono un livello minore di irritazione o sono stati rimossi.

3.2.2 ALLENAMENTO DELLA FORZA E TERAPIA CLINICA PER IL TRATTAMENTO DEI TRIGGER POINTS

In letteratura non sono presenti molti studi sperimentali validi che hanno confrontato gli effetti curativi dell'allenamento della forza sulla sindrome del dolore miofasciale con quelli delle terapie cliniche al fine di qualificare e quantificare l'efficacia terapeutica di un determinato metodo di allenamento della forza rispetto ad uno specifico tipo di trattamento clinico della MPS. Analizzando alcuni di questi studi M. Donnelly e colleghi ⁽¹⁾ sono arrivati alla conclusione che, rispetto all'allenamento della forza muscolare, la terapia clinica è superiore nel curare i TrPs e sintomi ad essi associati e, di conseguenza la MPS nel suo complesso, anche se da sola non è comunque in grado né di risolvere completamente la condizione di sovraccarico muscolare né di ripristinare appieno la funzionalità dei tessuti miofasciali danneggiati: l'entità di tale superiorità si è dimostrata abbastanza variabile per via delle peculiarità di ogni studio quali la tipologia di trattamento clinico e di esercizio fisico messi a confronto, le caratteristiche dei protocolli di trattamento, il livello di gravità della MPS, la presenza o meno di una condizione di comorbilità, il livello di condizionamento fisico dei soggetti dello studio, il sesso e le caratteristiche antropometriche dei soggetti dello studio, le modalità di misurazione degli outcome clinici e le condizioni ambientali in cui vengono somministrati i protocolli di trattamento e misurati gli outcome clinici.

Come tutti gli altri tipi di attività fisica, l'allenamento della forza muscolare da solo non è in grado di inibire completamente e rimuovere i trigger points e di conseguenza non è in grado di risolvere la sindrome del dolore miofasciale. È necessario dunque abbinare gli esercizi di rinforzo muscolare ad un altro tipo di terapia in grado di agire selettivamente sui punti trigger al fine di creare un trattamento bimodale capace di agire in maniera più efficace su TrPs, cause, conseguenze e sintomi della MPS, rispetto a quanto sia in grado di fare il solo allenamento della forza: in quest'ottica alcuni studi presenti in letteratura, tra i quali ad esempio quello condotto da José L. Arias-Buría e colleghi ⁽²⁷⁾ sull'efficacia del binomio dry needling – metodo di allenamento dinamico misto della forza in ambito di trattamento dei TrPs, riportano che gli esercizi di rinforzo muscolare e le terapie cliniche dei TrPs agiscono in modo sinergico e complementare sull'intero quadro clinico, costituendo dunque un binomio particolarmente efficace per la cura della MPS. Non è chiaro quale sia la combinazione terapia clinica – metodo di allenamento della forza più efficace nel curare la MPS per via del fatto che a parità di trattamento la risposta dell'organismo ad esso è

condizionata da fattori legati al quadro clinico e da fattori intrinseci al soggetto che possono variare da paziente a paziente: ad ogni modo la letteratura ci dice che la combinazione più utilizzata fino ad ora per curare la MPS è quella che integra il dry needling con i metodi di allenamento dinamici misti della forza.

Le attuali linee guida per la cura della sindrome del dolore miofasciale, riportate da M. Donnelly e colleghi nel loro libro -Dolore e disfunzione miofasciali. Manuale per i trigger point- ⁽¹⁾, indicano che la migliore terapia è il trattamento multimodale che prevede la combinazione di una o più terapie cliniche della MPS con 2 o più tipi di esercizio fisico e con eventualmente altri tipi di terapia: in questo costrutto terapeutico lo stretching e il rinforzo muscolare esercitano un ruolo prioritario rispetto a qualsiasi altro tipo di attività fisica poiché da un lato agiscono in modo più focalizzato sui trigger points, dall'altro risultano più efficaci nel contrastare eventuali effetti disfunzionali delle terapie cliniche. Indipendentemente dal numero di terapie cliniche e attività fisiche che si decide di combinare tra loro, il migliore trattamento multimodale della MPS è sempre il frutto della collaborazione tra clinico e chinesologo i quali, in totale accordo tra di loro e con il paziente, selezionano i tipi di terapia clinica e le tipologie di esercizio fisico più opportune da integrare tra di loro sulla base dei rapporti di affinità e repulsione esistenti tra le varie terapie, della complessità del quadro clinico, del livello di condizionamento fisico del paziente, delle caratteristiche intrinseche del soggetto e dello stile di vita del paziente.

3.3 ALLENAMENTO DELLA RESISTENZA AEROBICA E TRIGGER POINTS: EVIDENZE SCIENTIFICHE

In generale per resistenza si intende la capacità psicofisica di opporsi all'affaticamento. In particolare la resistenza psichica è la capacità del soggetto di resistere il più a lungo possibile a uno stimolo che lo indurrebbe a interrompere uno sforzo, mentre per resistenza fisica si intende la capacità dell'intero organismo o di una o più parti di esso di resistere alla fatica. La resistenza aerobica è la capacità di opporsi all'affaticamento indotto dal sistema aerobico durante sforzi fisici prolungati di bassa o media intensità: negli sforzi aerobici il metabolismo aerobico rappresenta la principale via di produzione energetica pertanto l'ottimizzazione del trasporto e dell'utilizzo di ossigeno per ossidare i substrati energetici comporta un minor affaticamento neuromuscolare ⁽¹⁴⁾.

3.3.1 EFFETTI DELL'ALLENAMENTO DELLA RESISTENZA AEROBICA SUI TRIGGER POINTS

Un trigger point miofasciale è un punto iper-irritabile in una banda tesa di un muscolo scheletrico che risulta essere doloroso per compressione, allungamento, sovraccarico o contrazione del tessuto e che è causato da un sovraccarico muscolare acuto o cronico. Una delle possibili cause del sovraccarico muscolare è l'esecuzione da parte di uno o più muscoli di contrazioni eccessive in termini di volume, cosa che può verificarsi nei gesti motori prolungati o ripetuti in modo ciclico per lunghi periodi tempo: tali gesti motori caratterizzano gli sport aerobici, le attività ricreative di resistenza aerobica e varie mansioni lavorative che prevedono l'esecuzione di grandi volumi di azioni motorie. Se non adeguatamente trattato, il sovraccarico muscolare provoca rigidità e accorciamento permanente del tessuto miofasciale con conseguente compromissione delle proprietà meccaniche, metaboliche e contrattili del muscolo: questo quadro disfunzionale favorisce la formazione delle adesioni miofasciali e dei trigger points miofasciali. Quindi i trigger points possono essere provocati da azioni eseguite ininterrottamente per lunghi periodi di tempo o eseguite con una frequenza o densità eccessiva, a cui non fa seguito un adeguato recupero della muscolatura coinvolta, venendosi così a creare una condizione di sovraccarico muscolare. Inoltre se non trattati i trigger points incrementano e perpetuano l'irrigidimento e la retrazione miofasciale inibendo così ulteriormente la funzione contrattile del muscolo: ne consegue una minore capacità del muscolo di produrre forza in tutte le sue forme e di gestire l'affaticamento indotto dagli sforzi aerobici ⁽¹⁾.

Attualmente non è molto chiaro quale sia l'entità dell'efficacia terapeutica dell'allenamento della resistenza aerobica sulla sindrome del dolore miofasciale poiché fino ad oggi si è indagato veramente poco sulla relazione tra allenamento aerobico e TrPs. Nel loro manuale -Dolore e disfunzione miofasciali. Manuale per i trigger point- Joseph M Donnelly e colleghi ⁽¹⁾ affermano che, rispetto allo stretching e all'allenamento della forza, l'allenamento aerobico non è essenziale per il trattamento della MPS poiché la sua azione terapeutica sui TrPs è perlopiù sovrapponibile ma meno specifica rispetto a quella degli altri 2 tipi di attività fisica: gli autori consigliano ugualmente ai soggetti con MPS di eseguire regolarmente attività aerobica poiché essa induce effetti benefici importanti sulla condizione di sovraccarico muscolare, sul dolore miofasciale e in generale sul livello di condizionamento fisico del soggetto. Quanto affermato da Joseph M Donnelly e colleghi è supportato dalla

maggior parte degli studiosi e ricercatori che hanno indagato sui benefici terapeutici indotti dall'esercizio aerobico sulla MPS. Gli effetti immediati dell'allenamento della resistenza aerobica sulla condizione di sovraccarico muscolare che causa la MPS sono riconducibili alle contrazioni muscolari ripetute e prolungate richieste da questo tipo di esercizio fisico: infatti l'aumento della circolazione ematica a livello dei tessuti miofasciali rigidi e accorciati e il parziale ripristino della corretta attivazione nervosa intramuscolare riducono la condizione di ipossia e carenza energetica delle bande miofasciali tese, rendono i tessuti miofasciali più flessibili e attivano il maggior numero di unità motorie inibite del muscolo disfunzionale. Il muscolo affetto dalla MPS aumenta così la sua capacità di esprimere forza in tutte le sue forme: ne consegue inevitabilmente un aumento della soglia di affaticamento del muscolo che porta alla riduzione della condizione di sovraccarico muscolare la quale a sua volta conduce alla riduzione dello stato di infiammazione dei tessuti miofasciali, alla diminuzione del dolore miofasciale e al parziale ripristino della funzione motoria del soggetto. Nel breve, medio e lungo termine l'allenamento della resistenza aerobica aumenta in maniera importante la vascolarizzazione muscolare, migliora la capacità del sangue di trasportare ossigeno ai muscoli, incrementa le riserve energetiche intramuscolari, aumenta il numero e le dimensioni dei mitocondri delle fibre muscolari, incrementa l'attività enzimatica aerobica, migliora i processi ossidativi del muscolo e aumenta in modo importante il rilascio di fattori ipoalgescici e anti-infiammatori a livello locale e sistemico. Questi meccanismi nel loro insieme migliorano le proprietà meccaniche, metaboliche, immunologiche, ormonali e contrattili dei tessuti miofasciali rendendo così il muscolo affetto dalla MPS più capace di produrre forza e di mantenerla pressoché invariata per periodi di tempo relativamente lunghi, più resistente alla fatica, più flessibile e meno sensibile agli stimoli infiammatori e nocicettivi. Ne consegue un ulteriore e sostanziale incremento dell'efficienza del muscolo che porta alla ulteriore riduzione della condizione di sovraccarico muscolo che ha innescato la MPS. Affinché risulti terapeutico nei confronti di un ampio numero di fattori della MPS, tra i quali appunto la condizione di sovraccarico, l'allenamento della resistenza aerobica deve essere progettato e programmato, in termini di volume, intensità, recupero, frequenza, densità, metodi, mezzi e contenuti, tenendo in considerazione la complessità del quadro clinico del soggetto (livello di gravità della MPS ed eventuale presenza di una condizione di comorbidità), il livello di condizionamento fisico e disabilità motoria del soggetto, il grado

di disfunzione dei muscoli colpiti dalla MPS, lo stile di vita del soggetto e l'eventuale somministrazione di altri tipi di terapia al soggetto ⁽¹⁾.

È stato dimostrato che l'allenamento della resistenza aerobica è in grado di inibire parzialmente i TrPs, seppure in misura minore rispetto allo stretching e all'allenamento della forza muscolare: il motivo che sta alla base della minor efficacia terapeutica dell'esercizio aerobico non è ancora stato dimostrato ma è molto probabile che consista nel fatto che l'attività aerobica agendo in maniera per lo più diffusa sul muscolo non è in grado di concentrare la sua azione terapeutica sui TrPs tanto quanto sono in grado di fare gli esercizi di stretching e di rinforzo muscolare. Nella loro revisione sistematica e meta-analisi della letteratura riguardo gli effetti dell'esercizio fisico sulla sindrome del dolore miofasciale Maria Jose Guzman Pavon e colleghi ⁽¹²⁾ hanno descritto i 2 meccanismi ipotetici più probabili attraverso cui l'allenamento della resistenza aerobica agisce sui TrPs per inattivarli. Innanzitutto le ripetute e/o durature contrazioni muscolari richieste dagli esercizi aerobici sottopongono i sarcomeri iper-contratti del punto trigger a continui movimenti di accorciamento e distensione: in questo modo avviene la parziale distensione dei sarcomeri del TrP. Tale rilascio dei sarcomeri disperde parte della tensione meccanica accumulata nel TrP e riduce il fabbisogno di substrati energetici e di ossigeno del TrP: in questo modo diminuisce lo stato di attivazione del punto trigger e aumentano le sue soglie di irritazione e di dolore alla pressione. In secondo luogo le ripetute e/o prolungate contrazioni muscolari richieste dall'attività aerobica provoca continui spostamenti delle fibre muscolari all'interno dei tessuti miofasciali rigidi e contratti: tali spostamenti distanziano le fibre muscolari tra di loro favorendo così un aumento della circolazione sanguigna nelle bande miofasciali tese e nei TrPs contenuti in esse. Questo incremento di perfusione ematica favorisce il drenaggio dei fattori pro-infiammatori (interleuchine IL1, IL6 e IL8, TNF, PCR e l'INF- α) e dei cataboliti accumulatisi nei punti trigger e aumenta la circolazione di ossigeno, nutrienti e fattori anti-infiammatori (interleuchina 10 e IGF-1) a livello dello stesso: la riduzione della condizione di ipossia, di carenza energetica e di infiammazione del punto trigger che ne deriva distende i sarcomeri contratti del TrP, con conseguente dispersione della tensione meccanica accumulatasi in esso. Il risultato finale è la parziale inibizione del punto trigger che porta ad all'innalzamento delle soglie di irritazione e di dolore alla pressione del TrP e al parziale ripristino della corretta fisiologia contrattile delle fibre muscolari della banda tesa. Al contrario è stato dimostrato che l'allenamento della resistenza aerobica è il tipo di

esercizio fisico che più di tutti è in grado di ridurre il dolore miofasciale locale e riferito indotto dai TrPs: il meccanismo fisiologico con cui avviene ciò è ipotetico e per lo più simile al meccanismo attraverso cui l'allenamento della forza riduce il dolore miofasciale indotto da TrPs ed è stato ben illustrato da Koltyn KF e colleghi ⁽²⁵⁾ in un loro studio incentrato sui meccanismi che stanno alla base della ipoalgesia indotta dall'esercizio fisico. Secondo gli autori le ripetute e/o durature contrazioni muscolari richieste dagli esercizi aerobici innescano la dislocazione delle fibre muscolari nei tessuti muscolari rigidi e accorciati del muscolo affetto dalla MPS: muovendosi le fibre muscolari si distendono e si distanziano tra di loro innescando così lo stiramento dei sarcomeri iper-contratti dei TrPs presenti nelle bande miofasciali tese. Oltre a permettere un importante aumento del flusso ematico nelle bande miofasciali e nei relativi TrPs, tali movimenti delle fibre muscolari stimolano il sistema nervoso a rilasciare fattori ipoalgesici (oppioidi, catecolamine e endorfine) nei tessuti miofasciali rigidi e accorciati e a inibire il rilascio di fattori iperalgesici (bradichinina BK, prostaglandine e istamina) negli stessi. L'aumento della circolazione sanguigna locale favorisce la distribuzione dei fattori ipoalgesici in tutto il muscolo affetto dalla MPS e facilita la rimozione dei fattori iperalgesici e delle sostanze sensibilizzanti accumulate nelle bande miofasciali tese, in particolare nei TrPs: i fattori ipoalgesici desensibilizzano le terminazioni nervose periferiche del muscolo disfunzionale attraverso la parziale inibizione dei nocicettori presenti nei tessuti miofasciali. Si verifica così una riduzione dello stato di irritazione del TrPs che, unitamente alla desensibilizzazione del nervo periferico che assiste il muscolo affetto dalla MPS e i muscoli ad esso adiacenti, porta ad una diminuzione dell'intensità del dolore miofasciale locale e differito indotto dai TrPs stessi e ad un innalzamento della soglia di dolore alla pressione dei medesimi punti trigger. I meccanismi fisiologici alla base della netta superiorità dell'attività aerobica rispetto a qualsiasi altra tipologia di esercizio fisico nel indurre ipoalgesia locale e sistemica nei soggetti sani e patologici (indipendentemente dal tipo di patologia considerato) sono per lo più conosciuti e sono riconducibili alla capacità dell'esercizio aerobico di agire in modo importante sul sistema cardiorespiratorio, sul sistema nervoso e sul metabolismo muscolare ⁽²⁸⁾.

Nella loro revisione sistematica e metanalisi della letteratura riguardante gli effetti dell'esercizio aerobico sui TrPs, Sara Ahmed e colleghi ⁽²⁹⁾ affermano che tutti i metodi di allenamento della resistenza aerobica sono validi nel curare la MPS, a condizione che non vadano a sovraccaricare ulteriormente il muscolo affetto da TrPs. In particolare Sara Ahmed

e colleghi consigliano di eseguire attività aerobiche a bassa/media intensità nell'immediato post fase acuta della MPS, quando i TrPs sono ancora facilmente irritabili, per poi passare ad esercizi aerobici di intensità via via sempre maggiore man mano che ci si allontana dalla fase acuta della patologia. Inoltre Sara Ahmed e colleghi affermano che gli esercizi aerobici non devono essere eseguiti durante le fasi acute della MPS poiché in tali momenti le ripetute e prolungate contrazioni muscolari potrebbero irritare ulteriormente i TrPs già di per sé molto attivi con conseguente aumento della gravità dei sintomi ad essi associati quali infiammazione dei tessuti miofasciali, irrigidimento e accorciamento della fibre muscolari, inibizione muscolare, dolore miofasciale, disturbi neuromuscolari e autonomici e disfunzione motoria. Ad oggi non è conosciuto il meccanismo fisiologico attraverso cui l'allenamento della resistenza aerobica provoca l'irritazione dei TrPs se eseguito durante le fasi acute della MPS, anche se Javid Majlesi e colleghi ⁽¹⁶⁾ sostengono che tale meccanismo potrebbe essere per lo più simile a quello ipotizzato da Stein e colleghi ⁽¹⁵⁾ in ambito di allenamento della forza. Secondo Javid Majlesi e colleghi durante la fase acuta della MPS i ripetuti stimoli di contrazione indotti dagli esercizi aerobici sui tessuti miofasciali rigidi e retratti, del muscolo affetto dalla MPS altera ulteriormente la disposizione spaziale degli elementi strutturali e contrattili delle fibre muscolari delle bande miofasciali tese, in particolare quella delle fibre che formano i punti trigger, anziché correggerla: tali movimenti strutturali aberranti compromettono ancora di più la fisiologia neuromuscolare delle fibre accorciate e rigide aumentando così il loro grado di disfunzione: ne consegue un aumento dello stato di infiammazione delle bande miofasciali tese che porta ad una ulteriore irritazione dei trigger points presenti in esse. Attualmente non è chiaro se vi è un metodo di allenamento della resistenza aerobica più efficace degli altri nel curare la MPS per via del fatto della carenza di dati scientifici validi a riguardo e perché comunque la scelta di un metodo piuttosto di quell'altro avviene sempre in relazione al livello di irritazione dei TrPs, al grado di degenerazione del muscolo, alla complessità del quadro clinico, al livello di disfunzione motoria e all'eventuale somministrazione di altre terapie.

3.3.2 ALLENAMENTO DELLA RESISTENZA AEROBICA E TERAPIA CLINICA PER IL TRATTAMENTO DEI TRIGGER POINTS

In letteratura sono veramente pochi gli studi sperimentali che hanno confrontato gli effetti curativi dell'allenamento della resistenza aerobica sulla sindrome del dolore miofasciale con

quelli delle terapie cliniche al fine di qualificare e quantificare l'efficacia terapeutica di un determinato metodo di allenamento della resistenza aerobica rispetto ad uno specifico tipo di trattamento clinico della MPS. La maggior parte di tali studi, tra cui ad esempio quello condotto da Kerstin Luedtke e colleghi ⁽³⁰⁾ sul confronto tra terapia manuale ed esercizio aerobico in ambito di trattamento dell'emicrania associata a trigger points miofasciali, sono arrivati alla conclusione che, rispetto all'attività aerobica, la terapia clinica è superiore nel curare i TrPs e sintomi ad essi associati, anche se da sola non è comunque in grado né di risolvere completamente la condizione di sovraccarico muscolare né di ripristinare appieno la funzionalità dei tessuti miofasciali danneggiati: l'entità di tale superiorità si è dimostrata abbastanza variabile per via delle peculiarità di ogni studio quali la tipologia di trattamento clinico e di esercizio fisico messi a confronto, le caratteristiche dei protocolli di trattamento, il livello di gravità della MPS, la presenza o meno di una condizione di comorbidità, il livello di condizionamento fisico dei soggetti dello studio, il sesso e le caratteristiche antropometriche dei soggetti dello studio, le modalità di misurazione degli outcome clinici e le condizioni ambientali in cui vengono somministrati i protocolli di trattamento e misurati gli outcome clinici.

L'allenamento della resistenza aerobica da solo non è in grado di inibire completamente e rimuovere i trigger points e di conseguenza non è in grado di risolvere la sindrome del dolore miofasciale: anzi, vari studi hanno dimostrato che l'attività aerobica è persino inferiore rispetto a qualsiasi altro tipo di esercizio fisico nel trattare i TrPs. È necessario dunque abbinare gli esercizi di resistenza aerobica ad un altro tipo di terapia in grado di agire selettivamente sui punti trigger al fine di creare un trattamento bimodale capace di agire in maniera più efficace su TrPs, cause, conseguenze e sintomi della MPS, rispetto a quanto sia in grado di fare il solo allenamento aerobico: in quest'ottica i pochi studi presenti in letteratura, tra cui ad esempio quello condotto da Bina Eftekharsadat e colleghi ⁽³¹⁾ sul binomio dry needling – attività aerobica prolungata estensiva in ambito di trattamento dei MTrPs, riportano che gli esercizi aerobici e le terapie cliniche dei TrPs agiscono in modo sinergico e complementare sull'intero quadro clinico, costituendo dunque un binomio particolarmente efficace per la cura della MPS. Non è chiaro quale sia la combinazione terapia clinica – metodo di allenamento della resistenza aerobica più efficace nel curare la MPS per via della carenza di studi che hanno testato tale binomio e per via del fatto che a parità di trattamento la risposta dell'organismo ad esso è condizionata da fattori legati al

quadro clinico e da fattori intrinseci al soggetto che possono variare da paziente a paziente. Le attuali linee guida per la cura della sindrome del dolore miofasciale indicano che la migliore terapia è il trattamento multimodale che prevede la combinazione di una o più terapie cliniche della MPS con 2 o più tipi di esercizio fisico e con eventualmente altri tipi di terapia: in questo costrutto terapeutico lo stretching e il rinforzo muscolare esercitano sempre un ruolo prioritario rispetto all'esercizio aerobico in quanto rispetto a quest'ultimo sono in grado di inibire maggiormente i TrPs contribuendo così in modo significativo alla loro rimozione. Per contro la sua superiorità rispetto a qualsiasi altro tipo di esercizio fisico nel ridurre il dolore miofasciale indotto dai TrPs e la sua capacità di agire in maniera diffusa sull'organismo rendono l'attività aerobica uno strumento terapeutico utile nella risoluzione della MPS, soprattutto nei casi clinici caratterizzati da forte iperalgesia e basso condizionamento fisico: non è quindi un caso che l'allenamento della resistenza aerobica venga spesso scelto come terzo tipo di esercizio fisico da inserire nel trattamento multimodale della MPS, dopo ovviamente lo stretching e l'allenamento della forza muscolare. Indipendentemente dall'inserimento o meno dell'attività aerobica nel trattamento multifattoriale della MPS, il migliore trattamento multimodale della MPS è il frutto della collaborazione tra clinico e chinesiologo, i quali in accordo tra di loro e con il paziente selezionano i tipi di terapia clinica e le tipologie di esercizio fisico più opportune da integrare tra di loro sulla base dei rapporti di affinità e repulsione esistenti tra le varie terapie, della complessità del quadro clinico, del livello di condizionamento fisico del paziente, delle caratteristiche intrinseche del soggetto e dello stile di vita del paziente ⁽¹⁾.

4. DISCUSSIONE

In questo elaborato ho deciso di indagare sugli effetti che l'esercizio fisico induce sui trigger points miofasciali con l'intento di fare chiarezza sull'efficacia terapeutica dell'attività fisica nei confronti della sindrome del dolore miofasciale visto che si tratta di un argomento il cui interesse e la cui attività di ricerca sono piuttosto recenti. L'azione di revisione della letteratura è stata incentrata esclusivamente su 3 tipi di esercizio fisico, quali l'allenamento della flessibilità, l'allenamento della forza muscolare e l'allenamento della resistenza aerobica, per via della modesta, o comunque sufficiente, attività di ricerca che è stata

condotta fino ad ora sulla relazione tra questi 3 tipi di attività fisica e la MPS. Per contro ho deciso di escludere dall'attività di analisi tutte le altre tipologie di attività fisica (quali l'allenamento dell'equilibrio, gli esercizi di coordinazione, l'allenamento della rapidità, gli esercizi posturali e la rieducazione neuromotoria) data la carenza o addirittura mancanza di studi in merito alla relazione tra questi tipi di esercizio fisico e la MPS che non mi ha permesso di arrivare a delle conclusioni valide e univoche.

Lo stretching rappresenta il principale metodo di allenamento della flessibilità perciò non ce da stupirsi se la maggior parte degli studi condotti sugli effetti dell'allenamento della flessibilità sui TrPs si è servita degli esercizi di allungamento muscolo-connettivale per innescare dei cambiamenti nel quadro clinico della MPS. Inoltre lo stretching è in assoluto il tipo di esercizio fisico su cui è stata effettuata più attività di ricerca scientifica in ambito di trattamento dei TrPs: nonostante questo il numero di studi che indagano sulla relazione tra stretching e MPS è modesto e la maggior parte di essi sono stati condotti negli ultimi 15 anni. Tali studi hanno dimostrato che lo stretching è un trattamento basilico ma essenziale per la sindrome del dolore miofasciale: basilico perché da solo non è in grado di inibire totalmente e rimuovere i TrPs e di conseguenza di annullare la MPS; essenziale perché agisce in modo importante su vari fattori del quadro disfunzionale quali su tutti la condizione di sovraccarico muscolare che causa la MPS e il deficit di flessibilità miofasciale indotto dall'irrigidimento e accorciamento permanente del muscolo. La riduzione della condizione di sovraccarico muscolare e l'aumento della flessibilità muscolare indotti dallo stretching a loro volta riducono lo stato di infiammazione dei tessuti miofasciali, migliorano il rom articolare e migliorano la funzione contrattile del muscolo: nel loro insieme questi effetti positivi secondari portano ad una riduzione del dolore miofasciale locale e diffuso e alla riduzione della disfunzione motoria ^(1,2,14,15).

I meccanismi fisiologici attraverso cui lo stretching inibisce parzialmente i TrPs non sono ancora conosciuti pertanto le varie teorie formulate a riguardo nel corso degli anni non sono state ancora verificate oppure sono state verificate solo in minima parte: tuttavia oggi giorno le ipotesi più accettate da ricercatori e studiosi su come lo stretching sia in grado di inibire in parte i TrPs sono sostanzialmente 2. In primis l'allungamento dei tessuti miofasciali per mezzo degli esercizi di stretching provoca la riorganizzazione della struttura cellulare delle fibre muscolari della banda miofasciale tesa che ha sua volta innesca lo stiramento dei

sarcomeri contratti del TrP. In secundis lo stiramento delle fibre muscolari rigide e accorciate del muscolo affetto dalla MPS che avviene per mezzo degli esercizi di stretching aumenta l'irrorazione sanguigna delle bande miofasciali tese e stimola il rilascio di fattori anti-infiammatori e ipo-algesici in tutto il muscolo: ne consegue una riduzione della circolazione di fattori pro-infiammatori e iper-algesici e un aumento della circolazione di ossigeno, nutrienti e fattori anti-infiammatori e ipo-algesici a livello dei TrPs. Gli studi più recenti condotti sui meccanismi fisiologici attraverso cui lo stretching agisce direttamente sui TrPs hanno dimostrato che diversi processi biologici di queste 2 ipotesi accadano realmente e ciò indica che l'attività di ricerca su tale ambito è nella giusta strada: a parer mio è fondamentale ora aumentare la quantità e la qualità della ricerca scientifica sulla relazione tra lo stretching e la MPS, non solo per verificare completamente le 2 teorie sopracitate ma anche per scoprire ulteriori meccanismi fisiologici attraverso cui lo stretching inibisce parzialmente i TrPs (1,12,16,17).

Ad oggi non è chiaro quale sia il metodo di stretching più efficace per curare la MPS anche se sono sempre di più gli studi che riportano una certa superiorità terapeutica dello stretching isometrico rispetto a qualsiasi altro metodo di allungamento musco-connettivale nell'inibire i TrPs. Il motivo della superiorità terapeutica dello stretching isometrico sembra essere riconducibile al fatto che la contrazione isometrica del muscolo che precede e/o segue l'allungamento dello stesso, attiva maggiormente le fibre muscolari inibite della banda miofasciale tesa migliorando così la loro vascolarizzazione e la loro sensibilità allo stimolo meccanico di allungamento: ne consegue che durante le fasi di allungamento muscolare i tessuti rigidi e contratti della banda miofasciale tesa vanno incontro ad una migliore riorganizzazione strutturale che porta ad una maggiore inibizione dei TrPs. Tra tutte le teorie che provano a spiegare dal punto di vista fisiologico la superiorità dello stretching isometrico nell'inibire i TrPs, questa è la più accettata da ricercatori e studiosi in quanto è la più connessa alle principali ipotesi di azione dello stretching sui TrPs ma soprattutto in quanto è la più verosimile: infatti che la contrazione isometrica attivi le unità motorie inibite migliorando così la loro vascolarizzazione e la loro sensibilità agli stimoli è una cosa risaputa e dimostrata indipendentemente o meno dalla presenza o meno della MPS, mentre il fatto che la migliore funzionalità dei tessuti miofasciali indotta dalle contrazioni isometriche amplifichi la capacità dello stretching vero e proprio di riorganizzare le fibre muscolari tese

e accorciate della banda miofasciale tesa è un meccanismo che non è ancora stato verificato scientificamente e di conseguenza sul quale l'attività di ricerca dovrà contrarsi in futuro ^(1,18).

Ad oggi il numero di studi riguardanti la relazione tra allenamento della forza e sindrome del dolore miofasciale è assai minore rispetto al numero di studi che hanno indagato sulla relazione tra stretching e MPS, questo perché l'attività di ricerca scientifica condotta sugli effetti degli esercizi di rinforzo muscolare sui TrPs è più recente rispetto a quella condotta sugli effetti dello stretching sui punti trigger: infatti l'interesse della comunità medico-scientifica sugli effetti terapeutici dell'allenamento della forza è aumentato in modo esponenziale al diffondersi di un approccio più funzionale e multifattoriale alla patologia, mentre lo stretching, soprattutto quello segmentale, era utilizzato in ambito clinico per curare i disordini muscolo-scheletrici già da molto tempo. Ad ogni modo la quantità di studi presente in letteratura inerente alla relazione tra esercizi di rinforzo muscolare e MPS è stata sufficiente per dimostrare che, al pari dello stretching, l'allenamento della forza muscolare è un trattamento basilico ma essenziale per la sindrome del dolore miofasciale: basilico perché da solo non è in grado di inibire totalmente e rimuovere i TrPs e di conseguenza di annullare la MPS; essenziale perché agisce in modo importante su vari fattori del quadro clinico della MPS quali su tutti il deficit di forza muscolare e la disfunzione motoria. Nell'immediato l'attivazione delle fibre muscolari inibite del muscolo affetto dalla MPS per mezzo dell'allenamento della forza rende i tessuti miofasciali più flessibili ed elastici e permette al muscolo di produrre più forza. Nel breve, medio e lungo termine il miglioramento delle caratteristiche strutturali, della funzione contrattile e delle proprietà meccaniche, metaboliche, immunologiche e ormonali dei tessuti miofasciali per mezzo dell'allenamento della forza rende il muscolo affetto dalla MPS più forte, più resistente alla fatica e meno sensibile agli stimoli infiammatori e nocicettivi. Nel loro insieme questi effetti positivi portano ad una riduzione della condizione di sovraccarico muscolare, ad un aumento della soglia di affaticamento del muscolo, ad una riduzione del dolore miofasciale e ad un aumento dell'efficienza contrattile e complessiva del muscolo: il risultato finale è un sostanziale annullamento della disfunzione motoria provocata dalla MPS ^(1,14).

I meccanismi fisiologici attraverso cui gli esercizi di rinforzo muscolare inibiscono parzialmente i TrPs non sono ancora conosciuti pertanto le varie teorie formulate a riguardo nel corso degli anni non sono state ancora verificate: tuttavia oggigiorno le ipotesi più

accettate da ricercatori e studiosi su come l'allenamento della forza muscolare sia in grado di inibire in parte i TrPs sono sostanzialmente 2. In primo luogo le contrazioni muscolari indotte da gli esercizi di forza provocano lo stiramento dei sarcomeri iper-contratti dei TrPs: ne consegue una riduzione dello stato di attivazione dei punti trigger. In secondo luogo i continui spostamenti delle fibre muscolari all'interno delle bande miofasciali tese indotti dalle contrazioni muscolari richieste dagli esercizi di forza aumenta la circolazione sanguigna nei tessuti miofasciali rigidi e contratti e stimola il rilascio di fattori anti-infiammatori e ipo-algesici in tutto il muscolo disfunzionale: si verifica così il drenaggio dei fattori pro-infiammatori e iper-algesici a livello dei TrPs e un aumento della circolazione di ossigeno, nutrienti e fattori anti-infiammatori e ipo-algesici a livello degli stessi. La recente formulazione di queste 2 ipotesi e la presenza di una scarsa quantità di studi atti a verificare e migliorare tale ipotesi spiegano il motivo per cui gran parte dei meccanismi fisiologici ipotizzati nelle 2 teorie non sono stati ancora verificati: è necessario dunque a parer mio intensificare in modo esponenziale l'attività di ricerca scientifica sui cambiamenti fisiologici e biochimici che si verificano all'interno del trigger point come risposta allo stimolo meccanico indotto dalla contrazione muscolare richiesta dall'esercizio di rinforzo muscolare, ambito di cui sa ancora veramente poco per via della difficoltà di fare sperimentazioni in vivo e i vitro sulla muscolatura affetta da TrPs (2,12,22).

L'allenamento della forza è il tipo di esercizio fisico che produce la più grande variabilità di effetti sui trigger points: se è vero infatti che di tutti gli studi validi condotti sulla relazione tra esercizio di rinforzo muscolare e MPS la maggior parte ha riportato che l'allenamento della forza è stato in grado di inibire parzialmente i TrPs, una minor parte ha riscontrato che gli esercizi di rinforzo muscolare sono stati in grado di attivare i punti trigger nonostante fossero stati eseguiti con un bassa carico e lontano dalle fasi acute della MPS e nonostante avessero migliorato vari fattori del quadro clinico. I motivi per cui l'allenamento della forza è in grado di indurre effetti completamente opposti sui TrPs nonostante vengano rispettate le relative linee guida di esecuzione non sono conosciuti ma gran parte dei ricercatori e autori ritengono che siano legati alle caratteristiche intrinseche del muscolo disfunzionale e alle caratteristiche metodologiche, contenutistiche e temporali e ambientali del protocollo di allenamento utilizzato. Ritengo che per riuscire a fare chiarezza sui meccanismi fisiologici che portano l'allenamento della forza ad indurre con facilità effetti variabili sui TrPs non è sufficiente intensificare l'attività di ricerca in questo specifico ambito ma è necessario anche

standardizzare tra di loro gli studi scientifici in termini di caratteristiche intrinseche dei soggetti sperimentali, complessità del quadro clinico della MPS, livello di condizionamento fisico dei soggetti, caratteristiche metodologiche, contenutistiche, strumentali, temporali e ambientali del protocollo di allenamento della forza utilizzato, parametri biologici misurati, metodologie e strumenti di misurazione adottati: in questo modo è possibile sia ridurre le variabili che possono alterare la risposta dei TrPs agli esercizi di rinforzo muscolare sia limitare la distorsione dell'entità dei dati misurati rispetto al loro valore reale ^(1,15,26).

I pochi studi che hanno confrontato gli effetti indotti dall'esercizio aerobico sui TrPs con quelli indotti dallo stretching o dagli esercizi di rinforzo muscolare hanno riportato una minore efficacia dell'allenamento della resistenza aerobica nell'inibire i TrPs rispetto agli altri 2 tipi di attività fisica: secondo gli autori degli studi il motivo di tale inferiorità è legato al fatto che per sua natura l'esercizio aerobico innesca effetti positivi per lo più in modo sistemico e in modo diffuso sul muscolo mentre non è molto efficace nell'agire in modo circoscritto, come ad esempio a livello di un punto trigger. Di sicuro sono necessari nuovi studi, possibilmente ancora più diversificati tra di loro in termini di caratteristiche dei soggetti sperimentali e di caratteristiche dei protocolli di allenamento della resistenza aerobica utilizzati, per quantificare in modo più definito il grado di efficacia dell'esercizio aerobico nell'inibire i TrPs. Anche se è meno efficace nell'inibire i TrPs rispetto ad altri tipi di attività fisica, l'allenamento della resistenza aerobica agisce in modo importante su un ampio numero di fattori della MPS, quali su tutti il dolore miofasciale e la disfunzione muscolare. Nell'immediato le ripetute contrazioni muscolari indotte dall'esercizio aerobico attivano le unità motorie inibite delle bande miofasciali tese, aumentano la circolazione sanguigna nell'intero muscolo e stimolano in modo importante il rilascio di fattori ipo-algesici e anti-infiammatori a livello muscolare e a livello sistemico. Nel breve, medio e lungo termine le ripetute contrazioni indotte dall'esercizio aerobico stimolano ulteriormente il rilascio di fattori ipo-algesici e anti-infiammatori a livello muscolare e a livello sistemico e migliorano le proprietà vascolari, meccaniche, metaboliche, immunologiche, ormonali e contrattili del muscolo. Nel loro insieme tutti questi effetti positivi portano ad una sostanziale riduzione del dolore miofasciale locale e riferito, ad una riduzione della condizione di sovraccarico muscolare, ad un aumento della soglia di affaticamento del muscolo e ad un

aumento dell'efficienza contrattile e complessiva del muscolo: il risultato finale è una importante riduzione della disfunzione motoria provocata dalla MPS ^(1,14).

I meccanismi fisiologici attraverso cui l'esercizio aerobico inibisce parzialmente i TrPs non sono ancora conosciuti pertanto le varie teorie formulate a riguardo nel corso degli anni non sono state ancora verificate oppure sono state verificate solo in minima parte: tuttavia oggi giorno le ipotesi più accettate da ricercatori e studiosi su come l'allenamento della resistenza aerobica sia in grado di inibire in parte i TrPs sono sostanzialmente 2. In primis le ripetute contrazioni muscolari indotte da gli esercizi di forza provocano lo stiramento dei sarcomeri iper-contratti dei TrPs: ne consegue una riduzione dello stato di attivazione dei punti trigger. In secundis i continui spostamenti delle fibre muscolari all'interno delle bande miofasciali tese indotti dalle ripetute contrazioni muscolari richieste dagli esercizi aerobici aumenta la circolazione sanguigna nei tessuti miofasciali rigidi e contratti e stimola il rilascio di fattori anti-infiammatori e ipo-algesici in tutto il muscolo disfunzionale: si verifica così un importante drenaggio dei fattori pro-infiammatori e iper-algesici a livello dei TrPs e un sostanziale aumento della circolazione di ossigeno, nutrienti e fattori anti-infiammatori e ipo-algesici a livello degli stessi. Tra i tre tipi di attività fisica analizzati in questo elaborato, il numero di studi condotti sull'allenamento della resistenza aerobica in ambito di trattamento dei MPS è il più esiguo, molto probabilmente perché la sua minore efficacia nell'inibire i TrPs rispetto allo stretching e all'allenamento della forza spinge ricercatori e studiosi a concentrare gran parte dell'attività di ricerca su quest'ultimi: dunque non deve affatto stupire il fatto che la quasi totalità dei meccanismi fisiologici delle 2 ipotesi sopracitate non sono stati ancora identificati o verificati. Gli studi più recenti hanno riscontrato che l'allenamento della forza e l'all'allenamento della resistenza aerobica condividono determinati meccanismi fisiologici attraverso cui inibiscono i TrPs, questo perché entrambi i tipi di esercizio fisico innescano la cascata di eventi biochimici e bioelettrici a livello dei punti trigger per mezzo dello stimolo di contrazione muscolare: in questo senso incrementare l'attività di ricerca sugli effetti indotti dall'esercizio aerobico sulla MPS non è utile solamente ad individuare i meccanismi fisiologici attraverso tale tipo di attività fisica inibisce parzialmente i TrPs ma può anche aiutare a comprendere come gli esercizi di forza agiscono sui quart'ultimi. Lo stesso discorso valido all'inverso ^(12,25,28,29).

5. CONCLUSIONI

L'attività fisica ha un potente effetto preventivo nei confronti dei trigger points miofasciali e ricopre un ruolo importante nel trattamento delle sindromi del dolore miofasciale. L'allenamento della flessibilità, l'allenamento della forza e l'allenamento della resistenza aerobica da soli non sono in grado di inibire completamente e rimuovere i TrPs ma sono estremamente efficaci nel trattare sia i sintomi della MPS, quali il dolore miofasciale, l'irrigidimento e accorciamento muscolare, la debolezza muscolare e i disturbi autonomici, che gli effetti della MPS, quali la disfunzione neuromuscolare, la perdita della funzione motoria e il peggioramento della qualità della vita. Se abbinati ad una terapia clinica della MPS in grado di inattivare completamente e rimuovere i TrPs, lo stretching, l'allenamento della forza e l'esercizio aerobico contribuiscono ad inibire completamente i punti trigger, facilitano la loro rimozione e rendono enormemente più efficace il trattamento dei sintomi, dei disordini muscoloscheletrici e delle disfunzioni neuromuscolari associate: infatti la terapia clinica e l'esercizio terapia agiscono in modo complementare e sinergico sul quadro clinico della MPS, risultando in una amplificazione degli effetti terapeutici di entrambi i trattamenti. Secondo le linee guida attuali la migliore terapia della MPS è un programma di trattamento multi-modale che prevede la combinazione di una o più tecniche cliniche di inattivazione completa e rimozione dei TrPs con 2 o più tipi di esercizi fisico (quali in primis lo stretching e l'allenamento della forza muscolare) e con eventualmente altri tipi di terapia (quali ad esempio il training autogeno). Ad oggi non sono chiari i meccanismi fisiologici con cui i vari tipi di esercizio fisico inibiscono i TrPs e integrano i loro effetti terapeutici con quelli dei trattamenti clinici dei punti triggers: per verificare tutte le ipotesi formulate a riguardo fino ad ora, per svilupparle ulteriormente, per crearne di nuove e per fare luce sui meccanismi biochimici e bioelettrici attraverso cui l'attività fisica agisce positivamente sui TrPs, non è sufficiente solo intensificare l'attività di ricerca scientifica riguardo gli effetti terapeutici delle varie tipologie di esercizio fisico sulla sindrome del dolore miofasciale ma è necessario anche aumentarne la qualità metodologica e strumentale.

BIBLIOGRAFIA

- 1) M. Donnelly, C. Fernandez de las Penas, M. Finnegan, J.L. Freeman. Dolore e disfunzione miofasciali. Manuale per i trigger point. Piccin Nuova Libreria; 2020.
- 2) Simons DG, Travell JG, Simons LS. Travell and Simons' Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual. Vol 1. 2nd ed. Baltimore, MD: Williams & Wilkins; 1999.
- 3) Lucas KR, Polus PA, Rich J. Latent myofascial trigger points: their effect on muscle activation and movement efficiency. *J Bodyw Mov Ther.* 2004; 8:160-166.
- 4) Yu SH, Kim HJ. Electrophysiological characteristics according to activity level of myofascial trigger points. *J Phys Ther Sci.* 2015; 27(9):12841-2843.
- 5) Yassin M, Talebian S, Ebrahimi Takamjani I, et al. The effects of arm movement on reaction time in patients with latent and active upper trapezius myofascial trigger point. *Med J Islam Repub Iran.* 2015; 29:295.
- 6) Florencio LL, Ferracini GN, Chaves TC, et al. Active trigger points in the cervical musculature determine the altered activation of superficial neck and extensor muscles in women with migraine. *Clin J Pain.* 2017; 33(3):238-245.
- 7) Ge HY, Monterde S, Graven-Nielsen T, Arendt-Nielsen L. Latent myofascial trigger points are associated with an increased intramuscular electromyographic activity during synergistic muscle activation. *J Pain.* 2014; 15(2):181-187.
- 8) Lucas KR, Rich PA, Polus BI. Muscle activation patterns in the scapular positioning muscles during loaded scapular plane elevation: the effects of Latent Myofascial Trigger Points. *Clin Biomech.* 2010; 25(8):765-770.
- 9) Bohlooli N, Ahmadi A, Maroufi N, Sarrafzadeh J, Jaberzadeh S. Differential activation of scapular muscles, during arm elevation, with and without trigger points. *J Bodyw Mov Ther.* 2016; 20(1):26-34.
- 10) Page P, Frank C, Lardner R. Assessment and Treatment of Muscle Imbalance. The Janda Approach. Champaign, IL: Human Kinetics. 2010; 22:65-70.
- 11) Kendall FP, McCreary EK. Muscles: Testing and Function, with Posture and Pain. 5th ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins. 2005; pp.30-68.
- 12) María José Guzmán-Pavón, Iván Cervero-Redondo, Vicente Martínez-Vizcaíno, Rubén Fernández-Rodríguez, Sara Reina-Gutierrez, Celia Álvarez-Bueno. Effect of Physical Exercise Programs on Myofascial Trigger Points-Related Dysfunctions: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pain Medicine.* 2020; 21(11):2986-2996.
- 13) Yu Zhou, Jiao Lu, Lin Liu, Hao-Wei Wang. Is Exercise Rehabilitation an Effective Adjuvant to Clinical Treatment for Myofascial Trigger Points? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Pain Research;* 2023.
- 14) Jurgen Weineck. L'allenamento ottimale. 2ª edizione italiana. Calzetti Mariucci Editori; 2009.
- 15) Joanne Borg-Stein, David G. Simons. Myofascial pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation.* Volume 83. 2002; S40-S47
- 16) Javid Majlesi, Halil Unalan. Effect of treatment on trigger points. *Curr Pain Headache Rep.* 2010; 14:353-360.

- 17) Zhuang Xiaoqiang, Tan Shusheng, Huang Qiangmin. Understanding of myofascial trigger points. *Chin Med J*. 2014; 127(24):4271.
- 18) Dheeraj Lamba, Satish Pant. Effect of post isometric relaxation on pain intensity, functional disability and cervical range of motion in myofascial pain of upper trapezius. *Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy*. Vol. 5, No. 1. 2011.
- 19) James Friction. Myofascial pain mechanism to management. *Oral Maxillofacial Surg Clin N Am*; 2016.
- 20) Luis Ceballos-Laita, Sandra Jiménez-Del-Barrio, Javier Marín-Zurdo, Alejandro Moreno-Calvo, Javier Marín-Boné, María Isabel Albarova-Corral, Elena Estébanez-de-Miguel. Comparison of dry needling and self-stretching in muscle extensibility, pain, stiffness, and physical function in hip osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Complementary Therapies in Clinical Practice*. Volume 49; 2022.
- 21) Athanasios Trampas, Athanasios Kitsios, Evangelos Sykaras, Stamatios Symeonidis, Lazaros Lazarou. Clinical massage and modified Proprioceptive Neuromuscular Facilitation stretching in males with latent myofascial trigger points. *Physical Therapy in Sport*. 2010; 11:91-98.
- 22) Jay P Shah, Elizabeth A Gilliams. Uncovering the biochemical milieu of myofascial trigger points using in vivo microdialysis: an application of muscle pain concepts to myofascial pain syndrome. *J Bodyw Mov Ther*. 2008; 12(4):371-384.
- 23) Chang-Zern Hong. Treatment of Myofascial Pain Syndrome. *Current Pain and Headache Reports*. 2006; 10:345-349.
- 24) Lepley LK, Lepley AS, Onate JA, Grooms DR. Eccentric exercise to enhance neuromuscular control. *Sports Health*. 2017; 9(4):333-340.
- 25) Koltyn KF, Brellenthin AG, Cook DB, Sehgal N, Hillard C. Mechanisms of exercise-induced hypoalgesia. *Psychiatry* 2018; 22:33-8.
- 26) Enrique Lluch, Maria Dolores Arguisuelas, Pablo S. Coloma, Francisco Palma, Alejandro Rey, Deborah Falla. Effects of deep cervical flexor training on pressure pain thresholds over myofascial trigger points in patients with chronic neck pain. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. Volume 36. 2013; pp 604-611.
- 27) José L Arias-Buría, César Fernández-de-Las-Peñas, María Palacios-Ceña, Shane L Koppenhaver, Jaime Salom-Moreno. Exercises and dry needling for subacromial pain syndrome: a randomized parallel-group trial. *The Journal of Pain*. Vol 18. 2017; pp 11-18.
- 28) David Rice, Jo Nijs, Eva Kosek, Timothy Wideman, Monika Hasenbring, Kelly Koltyn, Thomas Graven Nielsen, Andrea Polli. Exercise-Induced Hypoalgesia in pain-free and chronic pain populations: state of the art and future directions.
- 29) Sara Ahmed, Shereen Khattab, Chris Haddad, Jessica Babineau, Andrea Furlan, Dinesh Kumbhare. Effect of aerobic exercise in the treatment of myofascial pain: a systematic review. *Journal of Exercise Rehabilitation* 2018; 14(6):902-910.
- 30) Kerstin Luedtke, Wiebke Starke, Karolin von Korn, Tibor Maximilian Szikszay, Annika Schwarz and Arne May. Neck treatment compared to aerobic exercise in migraine: a preference based clinical trial. *Cephalalgia Reports*. Volume 3; 2020.

- 31) Bina Eftekharsadat, Elmira Porjafar, Fariba Eslamian, Seyed Kazem Shakouri, Hamid Reza Fadavi Seyed Ahmad Raeissadat, Arash Babaei-Ghazani. Combination of Exercise and Acupuncture Versus Acupuncture Alone for Treatment of Myofascial Pain Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*. 2018; 11(5):315-322.
- 32) Dimitrios E Lytras, Evaggelos, Sykaras, Kosmas I Christoulas, Ioannis S Myrogiannis, Eleftherios Kellis. Effects of Exercise and an Integrated Neuromuscular Inhibition Technique Program in the Management of Chronic Mechanical Neck Pain: A Randomized Controlled Trial. *J Manipulative Physiol Ther*. 2020; 43(2):100-113.