

**LAÍS VIANA SILVEIRA
LUIZA SANTOS DE OLIVEIRA**

MECANISMOS DE TRANSMISSÃO DE FORÇAS MIOFASCIASIS:
revisão de literatura

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG
2017

LAÍS VIANA SILVEIRA
LUIZA SANTOS DE OLIVEIRA

MECANISMOS DE TRANSMISSÃO DE FORÇAS MIOFASCIASIS:

revisão de literatura

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Prof.^a Dra. Juliana de Melo Ocarino.

Belo Horizonte
Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional/UFMG
2017

RESUMO

A fásia é o componente do tecido conjuntivo que abrange o corpo humano de forma contínua, formando uma matriz tridimensional de caráter viscoelástico, conferindo a este a propriedade de flexibilidade e estabilidade. O presente trabalho buscou revisar as propriedades estruturais da fásia, as características individuais dos tecidos envolvidos na rede miofascial, e as vias de transmissão de força intramuscular, intermuscular e extramuscular. Neste contexto, o objetivo da revisão é trazer conceitos e estruturas pouco mencionados na literatura atual, juntamente com estudos recentes evidenciando a relevância clínica do conhecimento das fásia e estruturas adjacentes. Para tanto, livros de anatomia e literatura mais antiga foram pesquisados no intuito de suprir o que a literatura contemporânea negligencia. Diante dos achados na literatura, reafirma-se a relevância do tema para o profissional de fisioterapia, destacando a aplicabilidade funcional e clínica exercida pelo mecanismo de transmissão de força miofascial.

Palavras-chave: Fásia. Tecido Conectivo. Transmissão de Força Miofascial.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	A Fáscia	4
1.2	Os envoltórios	5
1.2.1	Endomísio	5
1.2.2	Perimísio	6
1.2.3	Epimísio	7
2	DESENVOLVIMENTO	8
2.1	Conexões Fasciais: fáscias como estruturas de conexão e continuidade tecidual	8
2.1.1	Ombro e axila	9
2.1.2	Braço e Cotovelo	9
2.1.3	Mão	9
2.1.4	Região glútea	9
2.1.5	Coxa e joelho	10
2.1.6	Perna e pé	10
2.1.7	Abdome	11
2.1.8	Pelve	11
2.1.9	Região Dorsal	12
2.2	Linhas de conexão fascial	12
2.2.1	Linha Superficial Posterior (LSP)	12
2.2.2	Linha Superficial Anterior (LSA)	13
2.2.3	Linha Lateral (LL)	13
2.2.4	Linha Espiral (LE)	14
2.2.5	Linhas do membro superior (LMS)	14
2.2.6	Linhas Funcionais (LF)	15
2.3	Mecanismos de transmissão de força miofascial	15
2.3.1	Transmissão intramuscular	16
2.3.2	Transmissão intermuscular	16
2.3.3	Transmissão extramuscular	17
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

A literatura atual fornece informações sobre a importância do tecido conjuntivo, localizado em todo sistema músculo esquelético, considerando-o como uma estrutura algumas vezes capaz de distribuir forças contráteis, podendo ser absorvidas entre os músculos e ossos durante o movimento. Esta transmissão de forças miofasciais complementa a apresentação clássica em que a força é gerada dentro das fibras musculares e, em seguida, diretamente transmitida em série, através do tendão, para o esqueleto (MAAS; SANDERCOCK, 2010).

Dentro deste aspecto integrativo, os mecanismos de transmissão de força miofascial ganham importância no cenário biomecânico, uma vez que englobam as propriedades isoladas da fáscia e sua interação com a função muscular, apontado, assim, efeitos importantes não só para o movimento humano, mas também para as variáveis funcionais e posturais com as quais o fisioterapeuta defronta na prática clínica (HUIJING, 2003).

Busca-se nesta revisão determinar as relações entre os componentes participantes desta intrínseca rede. As propriedades da fáscia, as características dos tecidos envolvidos e de transmissão de força terão seus papéis revisados, evidenciando a complexa conexão muscular com o tecido conjuntivo denso do sistema locomotor.

Além disso, através do conceito trazido por Myers (2003), em que uma conexão miofascial é a constituição inseparável do tecido muscular e conjuntivo, busca-se revisar estudos a fim de expandir a visão do terapeuta, considerando como os mecanismos de distribuição de forças miofasciais podem influenciar no desempenho funcional e possíveis padrões compensatórios. Foca-se, assim, em uma verdadeira anatomia conectada, uma vez que compreender as conexões anatômicas dentro dos meridianos miofasciais, facilitará a detecção e interpretação de impactos posturais (MYERS, 2003).

1.1 A Fáscia

A fáscia é o componente do tecido conjuntivo que abrange o corpo humano de forma contínua, formando uma matriz tridimensional (FASCIA RESEARCH CONGRESS, 2007) de caráter viscoelástico, apresentando em sua rede uma variedade de fibras que conferem ao tecido conjuntivo a propriedade de flexibilidade e estabilidade (MYERS, 2003). Nesse sentido, destaca-se também a característica de plasticidade da fáscia, capaz de alterar sua consistência sob pressão, e a característica de maleabilidade que confere a esta a capacidade de reestabelecer sua elasticidade sob manipulação (STECCO, 2004).

A mudança postural no espaço é dependente de sustentação. Os seres vivos estão em constante movimento, o que marca a necessidade de estabilidade. Para completo entendimento de tais características, a compreensão as propriedades das fáscias e dos tecidos fasciais torna-se indispensável (MYERS; EARLS, 2010).

Devido a esse caráter de suporte estrutural dado pelos elementos contráteis da matriz viscoelástica contínua (epimísio, endomísio e perimísio), dá-se então ao tecido miofascial o papel modulador ativo na geração de forças (KLINGER; VELDERS, 2014), além de reforçar seu papel protetor, formando uma rede de segurança em eventos traumáticos miotendíneos (MAAS; SANDERCOCK, 2010).

Vale ressaltar ainda que, nesse sentido de mobilidade e estabilidade, estruturas intimamente ligadas sofrem respostas quando uma está hipermóvel em relação a outra, o que demanda de compensação muscular ou fascial para manutenção de função, como uma restrição ao movimento, ocasionando muitas vezes uma tensão mecânica local. A resolução de situações desse aspecto se dá justamente por meio de adaptações na rede miofascial (MYERS e EARLS, 2010).

Sabe-se que o torque profundo e sustentado modifica permanentemente a fáscia, oferecendo aos tecidos muscular e neural tempo de readaptação mecânica. Em contrapartida, mudanças locais refletem globalmente, uma vez que toda tensão gerada é distribuída ao todo. Nesse sentido, destaca-se a característica de

tensegriedade, que fundamenta o equilíbrio entre forças de tensão e a integridade da estrutura que repousa nessa rede tensional (MYERS e EARLS, 2010).

Por fim, destacam-se ainda outros aspectos da transmissão de força miofascial. Estudos apontam a capacidade de transferência de tensão de um músculo a estruturas distantes não conectadas diretamente (CARVALHAIS, 2013), observam que 30% a 40% da força gerada numa contração muscular é transmitida não diretamente ao tendão de alavanca óssea, mas para fora do tecido conectivo (HUIJING *et al.*, 2003, 2005, 2007), e apontam ainda estudos que observam que é possível que 75% do total da força de uma miofibrila desinserida de origem ou inserção pode ainda ser transferida ao restante do músculo, devido às conexões de fibras colágenas dispostas em paralelo (RUA, 1983).

1.2 Os envoltórios

Ao se considerar as estreitas ligações entre a membrana celular e o tecido conjuntivo através de proteínas e variados elementos, observa-se a formação de uma lâmina intimamente conectada ao endomísio e miofibrilas do citoesqueleto, (PATEL e LIEBER, 1997) sendo assim precursora de caminhos de transmissão de forças miofasciais em cada local abrangido, considerando a organização de suas camadas e orientações das fibras de colágeno. Portanto, a seguir serão especificados estes elementos transmissores de força muscular e suas outras funções - muitas vezes restringidas ao papel de contenção.

1.2.1 Endomísio

O endomísio se caracteriza como a parte mais fina do tecido conjuntivo intramuscular, formado por fibras colágenas tipo III, IV, V e não obstante, por uma parcela pequena de colágeno tipo I, estando também em contato íntimo com o sarcolema (membrana celular do músculo) e então, com todas as fibras musculares individuais. Representa a 0.47 a 1.2% do peso seco da massa de cada músculo (PURSLOW, 2010; TROTTER e PURSLOW, 1992; PASSERIEUX *et al.*, 2006; JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2013).

Assume um formato distorcido-ondulado em sua lâmina conectiva com as fibras musculares, com áreas e tamanhos variados podendo ser dispostos em fascículos longitudinais ou oblíquos, já que há variação de comprimento das fibras dentro do ventre muscular. Uma vez conectados, assume-se uma estrutura conectiva interna devido à presença de proteínas como distrofina e integrina, que transpassam o sarcolema e, assim, as forças geradas pela fibra muscular são então transmitidas ao endomísio (PURSLOW, 2010; SHARAFI e BLEMKER, 2011).

Vale ressaltar que, devido essa variação do formato das fibras de colágeno endomisiais e de angulações formadas com o eixo da fibra muscular, durante uma contração muscular, além da transmissão de forças miofasciais, há uma capacidade de adaptação a mudanças por parte do endomísio (PURSLOW, 1989). As fibras que por ventura não forem recrutadas, tornam-se pela ação do endomísio, uma lâmina de transmissão de força lateral (TROTTER, 1990).

1.2.2 Perimísio

O perimísio se caracteriza pelas suas três camadas reconhecíveis de colágeno, sendo: superficial, intermediária e profunda (contato íntimo com o endomísio) que dividem o ventre muscular e dão dimensões variadas a ele. É formado por uma menor quantidade de fibras elásticas e por fibras colágenas tipo I, III, IV, V, VI e XII. Dentro delas, destaca-se a resistência ao estiramento dada pelas fibras de colágeno tipo I, dando uma porcentagem importante na transmissão de forças geradas no músculo para a alavanca óssea, característica reforçada pela presença do colágeno XII, que interage com proteoglicanos e eleva a capacidade do primeiro. Representa a 0.43 a 4.6% do peso seco da massa de cada músculo. (PETIBOIS *et al.*, 2006; KUROSE *et al.*, 2006; PURSLOW, 2010).

Em relação ao endomísio, as fibras de colágeno do perimísio têm um diâmetro aumentado em até dez vezes em suas variadas camadas reconhecíveis. (PURSLOW, 1989).

Ao retratar a direção das fibras de colágeno, é necessário considerar que há influência muscular, por exemplo, mediante a um alongamento passivo de

determinado músculo, o perimísio adota uma característica linear, favorecendo uma resistência passiva da fibra muscular que vai além do comprimento fisiológico, como ocorre no endomísio, questionando-se assim, que a estrutura organizada desta parte do tecido conectivo intramuscular é na verdade eficaz para transmissão miofascial do sistema locomotor (TROTTER e PURSLOW, 1992; PASSERIEUX *et al.*, 2006 ; PURSLOW, 2010).

Portanto, durante o alongamento, as características de viscoelasticidade do tecido conectivo perimisial permitem que haja alteração estrutural dos fascículos musculares em repouso e dando uma certa independência aos mesmos durante a contração (KJAER, 2004; PASSERIEUX *et al.*, 2007).

1.2.3 Epimísio

O epimísio se caracteriza como a parte mais externa do tecido conjuntivo intramuscular, envolvendo todo o ventre muscular e delimitando seu volume com uma lâmina formada por fibras colágenas de diâmetro espesso, podendo chegar a 30 mm em mamíferos. (SAKAMOTO, 1996; GAO *et al.*, 2008). Estas fibras dispõem-se em camadas sobrepostas e formato ondulado. Observa-se que em músculos fusiformes, há resistência ao alongamento passivo dentro do limite fisiológico de deformação, e já em músculos penados, o colágeno do epimísio forma uma lâmina com um papel de aponeurose ou até mesmo um tendão superficial, conectada ao tecido conjuntivo do sistema locomotor (PURSLOW, 2010).

Ao entrar em contato duas faces epimisiais de músculos adjacentes, observa-se concomitantemente que esta mesma camada de tecido conectivo envolve nervos e vasos, favorecendo deslizamentos e preservando a autonomia para adaptações aos movimentos de ambas as estruturas (SAKAMOTO, 1996). Além disso, é importante que as fibras colágenas mantenham-se em um estado de tensão equilibrado, geralmente elevado, permitindo que a pressão interna muscular esteja constante mesmo diante variações do volume do ventre (VAN LEEUWEN e SPOOR, 1992).

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Conexões Fasciais: fásCIAS como estruturas de conexão e continuidade tecidual

As fásCIAS estão distribuídas por diversas direções e sentidos no sistema musculoesquelético e funcionam como uma teia capaz de interligar todos os músculos (MYERS, 2003). Distribuídas de maneira a envolver as diferentes camadas de um único músculo, as fásCIAS favorecem então, condições estruturais necessárias para que todos os músculos desempenhem suas funções.

Para tanto, as lâminas de tecido conjuntivo formadas percorrem linhas ~~cardinais~~ abarcando as extremidades caudal ou distal, formando os meridianos miofascias. A maioria dos movimentos são distribuídos ao longo destas linhas, desde tensões a compensações (MYERS, 2003).

A aplicabilidade clínica do conhecimento anatômico de tais meridianos, se faz presente, como por exemplo, uma alternativa de intervenção em casos de encurtamentos importantes de cadeia posterior, envolvendo músculos isquiotibiais, componentes importantes da linha superficial posterior (MYERS, 2009), e dessa forma, pensando na continuidade da referida linha, um maior alongamento pode ser ganho se uma liberação também se direcionar aos músculos da perna (MYERS e EARLS, 2010).

Apesar de ser praticamente continuada, a fásCIA recebe denominações distintas, a partir de sua localização corpórea, como por exemplo, fásCIA da cabeça, pescoço, tronco e fásCIA dos membros, podendo também estar relacionada às estruturas adjacentes: fásCIA subcutânea, dos músculos, visceral, parietal e extraserosalis, situada entre parietal e visceral (STECCO, 2007; GARDNER, 1971). Dito isso, seguem discriminadas conexões teciduais de principais fásCIAS do corpo humano:

2.1.1 Ombro e axila

A fáscia peitoral liga-se à clavícula e ao esterno, revestindo o músculo peitoral maior, se direcionando ífero-lateralmente até o músculo latíssimo do dorso. No intervalo entre os músculos destacados, auxiliando na estabilidade da concavidade da axila, a fáscia axilar é mais espessa e é continuada pela fáscia clavipeitoral. Esta por sua vez envolve o músculo subclávio, fixando-se na clavícula, medialmente alcança a primeira costela e lateralmente estende-se ao processo coracóide onde se funde à fáscia do bíceps e coracobraquial (GARDNER, 1971).

2.1.2 Braço e Cotovelo

A fáscia braquial recebe expansões dos tendões dos músculos deltoide e peitoral maior, espessando-se até o tríceps. Tal fáscia emite septos intermusculares, envelopando os músculos bíceps, coracobraquial, bíceps braquial, braquioradial, e o extensor longo do carpo que delimitam um compartimento da fáscia anterior e o tríceps delimita um compartimento posterior (GARDNER, 1971).

2.1.3 Mão

A fáscia da mão orienta e limita a movimentação dos tendões, comparando-se a uma polia, impedindo também qualquer influência sobre a pele. Na região dorsal, encontra-se a fáscia profunda, constituída por uma camada supratendínea, continuação proximal da fáscia do antebraço inserida também nos ossos cárpicos e segundo e quinto metacarpos. Abaixo desta, encontra-se a camada infratendínea, mais forte e profunda aos tendões, selando esse compartimento. A fáscia ventral do antebraço apresenta-se distalmente, formando a aponeurose palmar e, sobre os dedos, as bainhas fibrosas inseridas nos tendões (GARDNER, 1971).

2.1.4 Região glútea

A fáscia da região glútea envolve glúteo máximo e glúteo médio por meio de uma lâmina aponeurótica forte, alcançando também o músculo tensor da fáscia lata. Em sua camada mais profunda se une à capsula da articulação do quadril e músculo

retofemoral. Superiormente adere-se à crista ilíaca, alcança o trato iliotibial e ligamento sacrotuberal. Atinge também pontos mais distais através da fáscia lata (GARDNER, 1971; MORRIS, 1953).

2.1.5 Coxa e joelho

A fáscia da coxa (fáscia lata) fixa-se na crista ilíaca, região sacrococcígea, ligamentos inguinal e sacrotuberal. Auxilia na formação do retináculo medial e lateral da patela. A partir do espessamento da fáscia lata, septos intermusculares subdividem a massa muscular da coxa em grupos funcionais: o septo intermuscular lateral separa os músculos extensores anteriormente e flexores posteriormente, e o septo intermuscular medial separa o vasto medial dos adutores. Destaca-se ainda a fáscia subsartorial, que como o próprio nome sugere, localiza-se profundamente ao músculo sartório, ligando o músculo vasto medial aos adutores magno e longo (GARDNER, 1971).

2.1.6 Perna e pé

A fáscia da perna é uma continuidade da fáscia da coxa, na qual compartilham pontos comuns de inserção, côndilos da tíbia e cabeça da fíbula. É fixa à borda anterior da tíbia, circundando-a até atingir sua borda medial. Tendões dos músculos bíceps femoral, semitendíneo, grácil e sartório somam-se à esta. Na perna, destacam-se também septos intermusculares: anterior (delimitando estruturas extensoras), lateral (abarcando estruturas próximas à fíbula) e posterior (delimitando estruturas flexoras) (GARDNER, 1971).

O compartimento posterior é delimitado pela fáscia transversa profunda da perna, que transpassa a borda medial da tíbia até a borda posterior da fíbula. As fáscias dos compartimentos anterior e lateral são espessas e densas, o que auxilia no controle do aumento de volume muscular durante o exercício, e por consequência favorece o fluxo sanguíneo (GARDNER, 1971).

No pé a fáscia é continuada da perna, sendo dorsalmente mais fina, embainhando os tendões dos extensores e fundindo-se lateralmente à fáscia plantar, que por sua vez destaca-se como aponeurose plantar (GARDNER, 1971).

A aponeurose plantar possuiu uma região central, sendo a mais forte, contendo fibras tendíneas que se originam na tuberosidade do calcâneo e se expandem por toda região plantar, além de região medial e lateral, mais fracas e delgadas. Divide-se em cinco faixas que partem da origem da fáscia e se direcionam um para cada artelho (GARDNER, 1971; MORRIS, 1953).

2.1.7 Abdome

Na região abdominal, muitas fâscias dão origem a músculos importantes, tais como, obliquo interno que tem sua origem da fáscia tóraco-lombar e algumas fibras musculares que emergem da fáscia ilíaca, o músculo transverso do abdome da fáscia ilíaca e fáscia tóraco-lombar (GARDNER, 1971).

A face interna no músculo transverso no abdome, envolta pela fáscia transversal, que reveste internamente a parede abdominal, forma uma camada que serve também como epimísio, o que leva muitas vezes tal fáscia ser considerada como parte do tecido conectivo extraperitoneal (GARDNER, 1971).

A fáscia transversal separa ainda, abaixo da linha arqueada, o músculo reto femoral do tecido conectivo. Tal fáscia é continua com a fáscia tóraco-lombar, até ultrapassar o músculo quadrado lombar e prosseguir como fáscia do psoas e depois como fáscia ilíaca que recobre o músculo ilíaco (GARDNER, 1971).

2.1.8 Pelve

A fáscia da pelve subdivide-se em fáscia parietal e fáscia visceral, na qual a primeira recobre internamente as paredes abdominais pélvicas, constituindo uma parte do assoalho pélvico, e a outra assume o papel de envoltório dos órgãos pélvicos e bainha para os vasos, situando-se entre o peritônio e a fáscia parietal (GARDNER, 1971).

2.1.9 Região Dorsal

Inserindo-se nos processos espinhosos, ligamento supraespinhoso e ligamento nugal, destaca-se a fáscia dorsal que recobre os músculos do dorso, incluindo os músculos superficiais. Vale destacar que na região do pescoço a fáscia é denominada de nugal e em todo seu restante é reconhecida como fáscia tóraco-lombar. Devido à expansão tendínea dos músculos latíssimo do dorso e serrátil pósterio-inferior, é possível notar um aspecto brilhante bem característico desta fáscia (GARDNER, 1971).

Outros autores buscaram formas para evidenciar o papel das fáscias como estruturas de conexão e continuidade tecidual. Myers (2003), dentro deste contexto, utiliza linhas de conexão fascial para exemplificar o funcionamento das possíveis vias de transmissão de força ao longo do sistema musculoesquelético. Abaixo são apresentadas as principais linhas/vias de conexão fascial:

2.2 Linhas de conexão fascial

2.2.1 Linha Superficial Posterior (LSP)

A linha superficial posterior (LSP) conecta a superfície posterior do corpo, passando pela superfície plantar das falanges dos dedos dos pés, calcâneo, côndilos femorais, tuberosidade isquiática, sacro, crista occipital e arco superciliar. Somam-se a essa linha as respectivas rotas miofascias: a fáscia plantar e flexores do dedo mínimo do pé, gastrocnêmio e tendão do calcâneo, tendões dos isquiossurais, ligamento sacrotuberoso, fáscia sacrolombar e eretores da espinha e finalmente, aponeurose epicrânica e fáscia do couro cabeludo (MYERS, 2003).

A LSP apresenta importante função de se contrapor ao padrão flexor do corpo, uma vez que apoia o mesmo em extensão completa, principalmente quando em postura ortostática. No entanto, essa tendência extensora não se aplica à flexão de joelho e flexão plantar. Desse modo, quando o joelho é flexionado, a miofáscia da coxa e a miofáscia da perna funcionam separadamente, não restringindo o movimento do membro. Em contrapartida, quando o joelho está em extensão, tais miofascias se

comportam como uma só, proporcionando aos tendões e ligamentos do joelho, ligados à LSP, manutenção do alinhamento entre fêmur e tíbia durante a postura de pé (MYERS, 2003).

2.2.2 Linha Superficial Anterior (LSA)

A linha Superficial Anterior (LSA) conecta a superfície anterior do corpo, passando pela superfície dorsal das falanges dos pés, tuberosidade da tíbia, patela, tubérculo púbico e espinha íliaca antero-inferior, 5ª costela, manúbrio do esterno e processo mastoide. A LSA conta com as rotas miofasciais dos extensores longo e curto dos dedos, tibial anterior e compartimento anterior da perna, tendão subpatelar, reto femoral e quadríceps, reto abdominal, esternocleidomastóideo e por fim, fáscia do couro cabeludo. A função postural da LSA consiste em equilibrar a ação da LSP, destacando-se a inter-relação entre ambas, uma apresentando característica de resistência e a outra uma característica de co-contração. A LSA contribui também como uma faixa contínua elástica para as estruturas do corpo que se estendem à frente da linha de gravidade. Acrescenta-se a função de extensão dos joelhos e flexão do corpo (MYERS, 2003).

2.2.3 Linha Lateral (LL)

A linha lateral (LL) transpassa as laterais do corpo, especificamente pelas bases do 1º e 5º metatarsais, cabeça da fíbula, côndilo lateral da tíbia, crista íliaca, EIAS e EIPS, costelas, 1ª e 2ª costelas, crista occipital e processo mastoide. A esta linha estão associadas às seguintes rotas miofasciais: músculos fibulares e compartimento lateral da perna, ligamento anterior da cabeça da fíbula, trato iliotibial e músculos abdutores, glúteo máximo, oblíquos externos e internos do abdome, intercostais internos e externos, e também, esplênio da cabeça e esternocleidomastóideo. A LL apresenta função estabilizadora bilateralmente da região ventral e dorsal, além de ser uma ponte entre várias linhas superficiais. Esta contribui ainda para flexão lateral do tronco e uma contraposição ajustável para rotação do mesmo. Um exemplo é a junção feita pela LL com a lateral e parte medial do pé (MYERS, 2003).

2.2.4 Linha Espiral (LE)

A linha espiral (LE) transpassa o corpo em formato espiral descendo do crânio e voltando a este. Passa pela crista occipital, sacro, tuberosidade isquiática, cabeça da fíbula, base do 1º metatarsal, côndilo lateral da tíbia, crista ilíaca e EIAS, costelas, margem medial da escápula, cervicais inferiores e torácicas superiores, crista occipital e processo mastóideo e atlas, possuindo as seguintes rotas miofasciais: aponeurose toracolombar e eretor da espinha, ligamento sacrotuberal, bíceps femoral, fibular longo, tibial anterior, tensor da fáscia lata e trato iliotibial, oblíquo interno do abdome, fáscia do abdome e linha Alba, oblíquo externo do abdome, serrátil anterior, rombóides maior e menor, esplênio da cabeça e do pescoço. Esta linha apresenta a função postural de criar uma dupla espiral de estabilização e equilíbrio global no corpo, tanto que, em qualquer situação contrária a essa função, a LE se prontifica a produzir, aplicar compensações e dar manutenção às curvas, deslocamentos laterais e também às rotações do corpo. Um exemplo é a conexão miofascial muito resistente estabelecida com o músculo serrátil anterior, em que este se origina profundamente da escápula dando sequência às nove primeiras costelas, criando uma continuidade evidente com os romboides, especulando a existência um músculo de continuidade, o rombo-serrátil (MYERS, 2003).

2.2.5 Linhas do membro superior (LMS)

Já as linhas do membro superior (LMS) transpassam o esqueleto axial para os chamados quatro lados do braço e da mão. São eles: polegar, dedo mínimo, palma e dorso da mão. As miofáscias abrangidas pelas LMS se destacam por interligarem-se articuladamente representando sua característica de mobilidade em contraste aos graus de liberdade diminuídos dos membros inferiores, representando, então, característica de estabilidade. Uma vez que há tantos graus de liberdade para o membro superior, é necessário que haja também linhas de estabilização e controle mais complacentes, que para tanto, se dividem ainda em linhas profundas e superficiais anteriores e posteriores do braço. As LMS estão relacionadas à ação de dez níveis de articulações, trabalhando em trações e relaxamentos tornando possível a execução das atividades cotidianas do membro superior, principalmente o

alcance e a manipulação, além da estabilização do corpo. Vale ainda destacar que a LMS encontra-se interligada em especial com as linhas: LE, LL e Linha Funcional (MYERS, 2003).

2.2.6 Linhas Funcionais (LF)

As linhas funcionais (LF) apresentam-se como uma extensão das linhas do braço direcionadas do tronco para pelve e membro inferior contralateral, além de um complemento apendicular da LE devido aos comportamentos helicoidais em transmissão de tensionamentos. Sua ativação se dá principalmente em atividades físicas em que há necessidade de contrabalancear e estabilizar a relação do complexo apendicular com seu complemento contralateral, não sendo assim considerada relevante para função de manter a postura ereta em movimento - entretanto, importante para postura ereta em repouso. A característica marcante de aproximar, por exemplo, durante um arremesso ou chute, ombro ao quadril oposto, destaca a proximidade com as outras linhas como a LE, distorcendo a postura de forma global tanto anterior quanto posteriormente. Portanto, a LF contribui para a precisão dos movimentos, além de força extra por meio da transferência de energia pelas suas linhas de um lado ao outro (MYERS, 2003).

Sabe-se que as fáscias estão funcionalmente integradas, distribuídas pelo corpo através das referidas linhas de transmissão. Carvalhais *et al.*, (2013) explora as conexões da fáscia toracolombar (FTL) com a musculatura do latíssimo do dorso (LD) e glúteo máximo (GMax) e as transmissões de força miofasciais entre estas estruturas adjacentes, sendo um exemplo das possíveis ações da linha espiral e linhas funcionais, uma vez que a contração do LD ou GMax *in situ* gera um deslocamento considerável na FTL contralateral, explicitando as conexões teciduais como uma unidade funcional. Nesse sentido, o que se observa é que a tensão e o movimento são passíveis de transmissão por meio de tais linhas (MYERS, 2003).

2.3 Mecanismos de transmissão de força miofascial

Uma via de transmissão de força tradicionalmente estudada é a via músculo tendínea: ação contrátil do músculo que se estende para o tendão em uma

transmissão miotendínea e gera torque sobre as articulações (TURRINA, 2012). Contudo, outras vias de transmissão de força têm sido propostas. O objetivo dessa seção será revisar as vias de transmissão de força intramuscular, intermuscular e extramuscular.

2.3.1 Transmissão intramuscular

Huijing (2003) postula que, ao ser aplicada uma força sobre o endomísio, ela será transmitida por três diferentes caminhos até o tendão: (1) transmissão fasciotendínea na direção longitudinal, por continuidade a redes de fibras tendíneas de colágeno adjacentes. A força é direcionada, portanto, para a aponeurose intramuscular ou para o próprio tendão. (2) transmissão na direção transversal, por cisalhamento do tecido conectivo fascicular. Aqui, a força é direcionada da fibra à endomísios adjacentes. (3) transmissão em direção cruzada, também por cisalhamento, porém entre endomísio e lâminas basais adjacentes das miofibrilas. Portanto, a força é direcionada para sarcômeros ativos e passivos circundantes. Dentro desse contexto, observa-se que, *in vivo*, a via intramuscular está envolvida, em forças ativas e passivas ao redor das fibras musculares, permitindo o envolvimento de possíveis fibras descontínuas aos tendões de extremidades adjacentes, e, não obstante, a participação direta para a força muscular (HUIJING, BAAN e REBEL, 1998).

Tal transmissão, pelo fato de não ter fibras conectadas diretamente ao tendão, se dá em comprimentos de sarcômero médios mais baixos, favorecendo uma melhor distribuição destes comprimentos, que ajudam na funcionalidade, como por exemplo, o aumento do comprimento ótimo muscular, redução do comprimento de folga ativa, fator que contribui para a melhora da ADM ativa conjunta, ou seja, aumentando a força de comprimentos mais baixos, amenizando o ponto negativo de acabar reduzindo a força no comprimento ideal (HUIJING, 1999).

2.3.2 Transmissão intermuscular

À transferência de força da matriz extracelular para as adjacências entre dois músculos através de ligações contínuas de tecido conjuntivo, dá-se o nome de

transmissão de força miofascial intermuscular (YUCESLOY *et al.*, 2003). Estas conexões colagenosas apresentam característica de rigidez, e dependendo desta, as forças transmitidas de um músculo vizinho a outro serão integradas, de modo a criar uma rede de suplementação de forças entre sinergistas. Purslow (2002) reafirma que, devido às forças de tensionamento atuantes nesta rede formada, cria-se um padrão não aderente devido ao cisalhamento e a própria rigidez do endomísio, que varia em função da orientação de suas fibrilas de colágeno.

A partir destas características de rigidez, Yucesoy (2003) exemplifica estas diferenças de deformação específicas mostradas através de sarcômeros parcialmente mais encurtados nas extremidades proximais (0,7%), e mais alongados distalmente (22%), considerando-se a face medial. Já na face lateral, essa diferença se dá através das extremidades proximais das fibras encurtadas a 14% e mais alongadas distalmente, em até 51%.

Não obstante, outra característica da transmissão de forças intermusculares destaca e reconfigura a distribuição dos comprimentos de sarcômeros em série, aumentando-os, uma vez que as forças externas são aplicadas nas fibras musculares geralmente entre a área intermediária e suas extremidades (Huijing, 2003). Neste mesmo estudo, Yucesoy (2003), destaca a influência no potencial de geração de força das conexões inter e extramusculares, sendo que quando comparadas separadamente, a transmissão de forma intermuscular exerce influência superior. À exemplo, o autor cita a força exercida no tendão do músculo extensor longo dos dedos, gerada a partir de sarcômeros do complexo tibial anterior e extensor longo do hálux. Sugere-se, portanto que o tendão de um sinergista adjacente é o local no qual será gerada a força transmitida para dentro dos sarcômeros de determinado músculo.

2.3.3 Transmissão extramuscular

Considerando a continuidade entre tecidos conjuntivos intra e extramusculares, este último abrangendo fáscias e feixes de vasos sanguíneos e nervos em sua composição, a transmissão de forças entre estas estruturas é apresentada como a transmissão de força miofascial extramuscular (HUIJING, 2003). Observa-se que

diferenças entre estas forças são encontradas entre ligações proximais e distais dos músculos, provavelmente advindas de ligações remanescentes de tecido conjuntivo extramuscular em suas configurações - já que não estão isoladas dos tecidos adjacentes, e a rigidez entre elas (HUIJING e BAAN, 2001).

Yucesoy *et al.*, (2003) complementa o conceito da transferência de forças entre a matriz extracelular muscular e estruturas não-musculares adjacentes ao postular que as forças intermusculares e extramusculares elevam-se em função do comprimento muscular. O autor ainda destaca que a força intermuscular apresenta um valor mais elevado em comparação a extramuscular, fato que justifica as diferenças descritas entre as distribuições de comprimento do sarcômero em suas faces laterais e mediais. Estando o músculo adjacente mais alongado em sua região distal, as conexões intermusculares aprimoram a distribuição de tensão no tecido circundante que abrange ambas as forças.

Apesar de limitada a investigação experimental a respeito dos efeitos funcionais da transmissão de força extramuscular e, não ser possível mensurar o comprimento específico dos sarcômeros dentro do músculo, acredita-se que esta força é a responsável por impedir que os próprios sarcômeros ativos e passivos venham ser encurtados desproporcionalmente dentro das fibras musculares, constituindo então, um potente limitante dentro destes compartimentos (HUIJING, 2003).

Exemplos destas conexões extramusculares podem ser representados por dois músculos sinergistas acoplados lado a lado, em que observa-se suas matrizes extracelulares conectadas elasticamente em toda a extensão dos nós de sua interface. À elevada distribuição de tensionamento e de deformação nos segmentos dos fascículos musculares, atribui-se uma característica direta da carga extramuscular. Já na transmissão direta de carga adicional intermuscular, observa-se mesmo dentro deste largo comprimento muscular, características de encurtamento e alongamento (HUIJING, 2003).

Carvalhais *et al.* (2013) cita outro exemplo possível através da transmissão de força entre os músculos grande dorsal (GD) e glúteo máximo por meio da fáscia tóracolombar, uma vez que a orientação oblíqua das fibras musculares destas

estruturas, sugeriam uma transmissão de forças extramusculares entre esses músculos. Os resultados deste estudo comprovaram que o tensionamento passivo no GD alterou a posição de repouso do quadril contralateral, corroborando a importância da posição relativa como um determinante para transmissão da força miofascial, juntamente com grau de rigidez entre as conexões, já citado anteriormente (HUIJING, 2003).

Mesmo com poucas referências atuais na literatura para transmissão de forças miofasciais, especificamente em humanos e sua influência funcional, releva-se também outras importantes pesquisas que as exemplificam, principalmente, as transmissões de forças inter e extramusculares ao demonstrarem as interações mecânicas e estruturais entre músculos sinergistas, como sóleo e gastrocnêmio. Este, ao ter seu comprimento alterado por meio da realização de extensão passiva de joelho, levou diretamente a deformações e mudanças de força do sóleo (HUIJING, 2011; MAGNUSSON, 2010).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento das fásCIAS como estruturas de conexão e continuidade tecidual, permite ao fisioterapeuta reconhecer a influência funcional exercida pelos diferentes mecanismos de transmissão de forças miofasciais. Características de rigidez muscular, comprimento dos sarcômeros, dos tecidos conectivos, capacidade de distribuição de força extra miotendínea, entre outras, podem ser direcionadas às demandas funcionais do dia-a-dia do paciente. (HUIJING, 2011; MAGNUSSON, 2010).

Além disso, é de extrema importância o conhecimento das linhas de conexão fascial propriamente ditas, bem como seus percursos e funções específicas, uma vez que dão ao fisioterapeuta a capacidade de raciocínio sobre as adaptações teciduais aos movimentos, relações de equilíbrio e de dominância muscular em suas múltiplas cadeias. Desta forma, pode-se atuar a fim de reduzir as compensações geradas e suas consequentes adaptações teciduais desorganizadas, alongadas ou encurtadas - que serão descritas a seguir, e, não obstante, ADM articular em condição funcional e livre de dor.

Diferenças de forças geradas no mesmo músculo, entre músculos ou entre um músculo e estruturas adjacentes, se dão pela diferença de rigidez entre as regiões proximais e distais musculares, determinadas por partes mais alongadas e outras mais encurtadas, culminando numa distribuição de tensão distintas em variáveis comprimentos de sarcômeros (HUIJING, 2003; YUCESDY, 2003).

Uma implicação clínica para estes mecanismos de transmissão de carga direta de força, principalmente extramusculares, se dão sobre a importância do trabalho do fisioterapeuta na avaliação de cada estrutura muscular em suas posições relativas e seus comprimentos ótimos, corrigindo padrões de baixa ou alta rigidez muscular para uma distribuição adequada na relação comprimento x tensão (CARVALHAIS *et al.*, 2013).

Considerando-se que diferenças de comprimento muscular refletem diretamente na geração e distribuição de força, uma vez que, interações entre músculos sinergistas

podem modificar a tensão gerada no vizinho e levar a deformações, Yucesoy *et al.*, (2003), traz o exemplo de que estando um músculo mais alongado em alguma de suas porções, facilita-se a distribuição adequada de tensão, conseqüentemente melhorando o padrão do movimento estabelecido e garantindo um menor gasto energético. Estas condições podem ser analisadas e adaptadas às variáveis funcionais e posturais das quais o fisioterapeuta defronta . embora a posição alongada nem sempre seja correlacionada a benefícios posturais, como no exemplo anterior.

Quando se trata da transmissão de forças a nível intramuscular, ao considerarmos as características morfológicas de maior rigidez do tendão, ao se aplicar uma carga muito grande de cisalhamento que exceda a capacidade de resistência dessa estrutura, ela se romperá. Contudo, a via em questão envolve as fibras descontínuas às contínuas, através das estruturas de tecido conjuntivo intramuscular em seu entorno (HUIJING, BAAN e REBEL, 1998).

Esse exemplo reintera a capacidade de transmissão de forças em, aproximadamente, 35% das miofibrilas desinseridas do tendão em uma contração muscular, através do tecido conectivo (HUIJING *et al.*, 2003, 2005, 2007), além de reforçar o papel protetor das fáscias, formando uma rede de segurança em eventos traumáticos miotendíneos (MAAS e SANDERLOCK, 2010).

A partir dos estudos destacados, ressalta-se a importância do presente tema, muitas vezes negligenciado em aprofundamento apesar de seu impacto em muitos aspectos de compreensão no que se refere à função muscular. O domínio de elementos isolados de estrutura corpórea e a compressão de que não estão separados funcionalmente, corrobora a influência positiva de tais conhecimentos na prática clínica, interferindo diretamente na complexidade do movimento humano (Huijing, 2003). Nesse sentido, reafirma-se a relevância do tema para o profissional de fisioterapia, destacando sua aplicabilidade funcional exercida pelo mecanismo de transmissão de força miofascial.

REFERÊNCIAS

- CARVALHAIS V.O.C, OCARINO J.M, ARAÚJO V.L, SOUZA T.R, SILVA P.L.P, FONSECA ST. Myofascial force transmission between the latissimus dorsi and gluteus maximus muscles: an in vivo experiment. **J Biomech**; v.46, n.5, p.1003-7; 2013.
- BOJSEN-MOLLER, J.; SCHWARTZ, S.; KALLIOKOSKI, K.K.; FINNI, T.; MAGNUSSON, S.P. Intermuscular force transmission between human plantarflexor muscles in vivo. **J Appl Physiol**, v. 109, n. 6, p. 1608-1618, Dec. 2010.
- GARDNER, E; GRAY, J.D; O'RAHILLY, RONAN. **Anatomia**: estudo regional do corpo humano. Traduzido da 3ª edição americana. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1971.
- HUIJING, P. A.; BAAN, G.C.; REBEL, G. Non myo-tendinous force transmission in rat extensor digitorum longus muscle. **J. Exp. Biol.** v.201, p.682. 691, 1998.
- HUIJING, P. A. Muscle as a collagen fiber reinforced composite material: force transmission in muscle and whole limbs. **J. Biomech.**, v.32, p.329. 345, 1999.
- HUIJING, P. A., BAAN, G.C. Extramuscular myofascial force transmission within the rat anterior tibial compartment: proximo-distal differences in muscle force. 2001.
- HUIJING, P. A. Muscular force transmission necessitates a multilevel integrative approach to the analysis of function of skeletal muscle. **Exerc. Sport Sci. Rev.**, v. 31, n. 4, p. 167. 175, 2003.
- HUIJING, P.A.; YAMAN, A.; OZTURK, C.; YUCESOY, C.A. Effects of knee joint angle on global and local strains within human triceps surae muscle: MRI analysis indicating in vivo myofascial force transmission between synergistic muscles. **Surg Radiol Anat**, v. Sept. 2011.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- MAAS, H., SANDERCOCK, T.G. Force Transmission between Synergistic Skeletal Muscles through connective Tissue Linkages. 2010.
- MANDALIDIS, D., O'BRIEN, M. Relationship between hand-grip isometric strength and isokinetic moment data of the shoulder stabilizers. **J Bodyw Mov Ther**; v.14, p.19-26; 2010.
- MORRIS, H. **Human Anatomy**: a complete systematic treatise. 11. ed. New York: McGraw Hill, 1953.

MYERS, T., EARLS, J. **Fascial release for structural balance**. Berkeley, CA: North Atlantic Books, 2010.

MYERS, T. **Trilhos Anatômicos**: meridianos miofasciais para terapeutas manuais e do movimento. Tradução de Edson A. Libert. São Paulo: Manole, 2003.

MYROSLAVA, K; BONAR, J. Fascia: a morphological description and classification system based on a literature review. **The Journal of the Canadian Chiropractic Association** [0008-3194], 2012.

PASSERIEUX, E; ROSSIGNOL, R; CHOPARD, A; CARNINO, A; MARINI, J.F et al. Structural organization of the perimysium in bovine skeletal muscle: Junctional plates and associated intracellular subdomains. **J Struct Biol**. 2006.

PASSERIEUX, E; ROSSIGNOL, R; LETELLIER, T; DELAGE, J.P. Physical continuity of the perimysium from myofibers to tendons: involvement in lateral force transmission in skeletal muscle. **J Struct Biol**. 2007.

PETIBOIS, C; GOUSPILLOU, G; WEHBE, K. Analysis of type I and IV collagens by FT-IR spectroscopy and imaging for a molecular investigation of skeletal muscle connective tissue. **Anal Bioanal Chem**. v.386, n.7. 8, p.1961. 1966, 2006.

PURSLOW, P.P., The structure and functional significance of variations in the connective tissue within muscle. **Comp. Biochem. Physiol**. 2002.

SAKAMOTO, H; BROEKELMAN, T; CHERESH, D.A; RAMIREZ, F; ROSENBLOOM, J; MECHAM, R.P. Cell-type specific recognition of RGD- and non-RGD-containing cell binding domains in fibrillin-1. **J Biol Chem**, 1996.

SHARAFI, B; BLEMKER, S.S. A mathematical model of force transmission from intrafascicularly terminating muscle fibers. **Journal of Biomechanics** v.44, p.2031-2039.

STECCO, L. Fascial Manipulation for Musculoskeletal Pain. **Piccin**. p.123-130, 2004.

STECCO, C; GAGEY, O; BELLONI, A. Anatomy of the deep fascia of the upper limb. Second part: study of innervation. **Morphologie**, v.91, n.292, p.38. 43, 2007.

STECCO, C; PORZIONATO, A; LANCEROTTO, L *et al*. Histological study of the deep fascia of the limbs. **J Bodyw Mov Ther**. v.12, n.3, p.225. 230, 2008.

TERMINOLOGIA Anatomica: international anatomical terminology. Federative Committee of Anatomical Terminology (FCAT) Stuttgart. New York, Thieme, p. 1. 292, 1998.

VAN LEEUWEN, J.L; SPOOR, C.W. Modelling mechanically stable muscle architectures. **Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci**. 1992.

YUCESOY, A.C; BART, H.F; KOOPMAN, J.M; GUUS, B.C; HENK, J.G; HUIJING, P.A. Effects of inter- and extramuscular myofascial force transmission on adjacent

synergistic muscles: assessment by experiments and finite-element modeling.
Journal of Biomechanics, Elsevier, 2003.