



Disponível em www.sciencedirect.com

SciVerse ScienceDirect

homepage do periódico: www.elsevier.com/jbmt



CIÊNCIA DA FÁSCIA E APLICAÇÕES CLÍNICAS: EXERCÍCIOS PRÁTICOS PARA TREINO

Princípios de treinamento para tecidos conjuntivos da fáscia: Embasamento científico e sugestões de aplicação prática

Robert Schleip, PhD, MA ^{a,*}, Divo Gitta Müller, HP ^b

^a Grupo de Pesquisa da Fáscia, Divisão da Neurofisiologia, Universidade de Ulm, Albert-Einstein-Allee 11, 89081 Ulm, Alemanha

^b Academia Somática GbR, Munich, Alemanha

Recebido em 11 de abril de 2012; revisado em 16 de junho de 2012; aceito em 18 de junho de 2012.

PALAVRAS-CHAVE

Teia Fascial;
Renovação de colágeno;
Retração elástica;
Reidratação de tecidos;
Alongamento;
Rolo de espuma;
Refinamento
Proprioceptivo

Resumo O treino de esportes convencionais enfatiza o treino adequado das fibras musculares, do condicionamento cardiovascular e/ou da coordenação neuromuscular. Contudo, a maioria das lesões associadas ao excesso de esportes ocorre entre os elementos da extensão da teia facial corporal, os quais são carregados além de suas capacidades. Esta teia de tensão dos tecidos fibrosos incluem folhas densas tais como envelopes musculares, aponeurose, bem como adaptações locais específicas, tais como ligamentos e tendões. Os fibroblastos contínuos mais lentos adaptam a morfologia destes tecidos para aplicação repetida de desafios de estímulos de carga. Os princípios da abordagem direcionada de treino da fáscia são apresentados. Eles incluem a utilização de retração elástica, preparatório do movimento de contragolpe, alongamento lento e dinâmico, bem como práticas de reidratação e refinamento proprioceptivo. Tal treino deve ser realizado uma ou duas vezes por semana para produzir uma teia fascial corporal mais resistente dentro do período de 6 a 24 meses. São apresentados alguns exemplos práticos de exercícios direcionados a fáscia.

©2012 Elsevier Ltda. Todos os direitos reservados.

Introdução

Toda vez que um jogador de futebol está incapacitado de entrar em campo devido a uma dor recorrente no joelho, uma estrela do tênis abandona uma partida por causa de problemas no ombro, ou ainda um atleta que manca ao cruzar a linha de chegada com o tendão de Aquiles rompido, o problema

geralmente não está nem na musculatura e nem no esqueleto. Ao invés disto, o problema está na estrutura do tecido conjuntivo, ligamentos, tendões, cápsulas articulares, etc. que podem ter sido carregados além da sua capacidade (Renström e Johnson, 1985; Hyman e Rodeo, 2000; Counsel e Breidahl, 2010).

A fáscia está sendo descrita como uma teia corporal de tensão que consiste em todos os tecidos conjuntivos colagenosos, fibrosos e macios os quais a estrutura da fibra é predominantemente moldada mais pelo esforço tensional do que pela compressão.

* Contato do autor. Tel.: +49 89 398574; fax: +49 731 501223257.

Endereço de email: robert.schleip@uni-ulm.de (R. Schleip).

Esta teia continua envolve e conecta todos os músculos e órgãos. Os elementos desta teia fibrosa incluem envelopes musculares, cápsulas articulares, septos, tecidos conjuntivos intramusculares, retináculo, aponeurose, bem como locais específicos mais densos, como ligamentos e tendões. Enquanto que em algumas áreas seja possível uma distinção local de diferentes elementos dos tecidos (tais como aponeurose, ligamentos, etc.), muitas áreas como aquelas mais próximas as juntas, consistem em uma transição gradual entre as arquiteturas dos tecidos na qual uma distinção clara aparece frequentemente como arbitrária e enganosa (Schleip *et al.*, 2012b).

Anteriormente, a terminologia anatômica restringia o termo fásia as folhas densas de tecido conjuntivo com aparência de treliça ou aparente arquitetura fibrosa irregular. Por outro lado, a terminologia proposta mais abrangente e original vem de uma série de congressos de pesquisadores que continua a respeitar o uso se referindo a tais tecidos como “fásia apropriada”, mas ao mesmo tempo permite uma orientação perceptiva na qual os outros tecidos conjuntivos fibrosos mencionados acima também são incluídos como uma “teia fascial” de elementos no corpo todo para transmissão da força tensional multiarticular. (Findley *et al.*, 2007; Huijing *et al.*, 2009; Chaitow *et al.*, 2012) (Fig. 1). É importante entender que a arquitetura do local desta teia se adapta ao histórico específico de uma demanda de carga de força anterior (Blechsmidt, 1978; Chaitow, 1988).

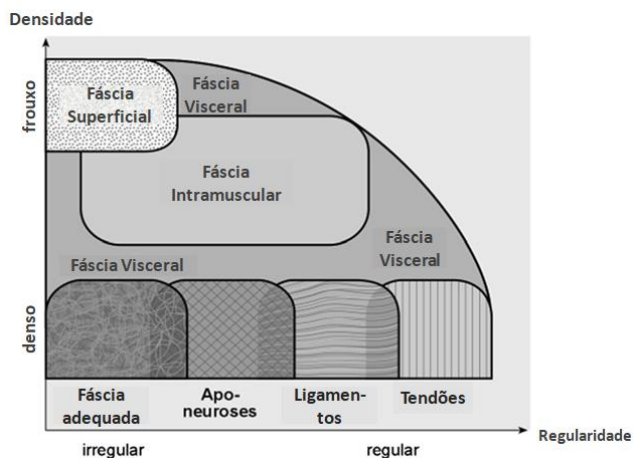


Figura 1 Os diferentes tecidos conjuntivos são considerados aqui como tecidos fasciais. Os tecidos fasciais diferem em termos de sua densidade e alinhamento direcional das fibras de colágeno. Por exemplo, a fásia superficial é caracterizada pela perda de densidade e na sua maioria multidirecional ou alinhamento da fibra irregular; enquanto que nos tendões mais densos ou ligamentos as fibras são na sua maioria unidirecional. Note que a fásia intramuscular – o septo, o perimísio e o endomísio – podem expressar variação de graus de direcionalidade e densidade. O mesmo é verdadeiro – embora em um grau muito maior – para a fásia visceral (inclusive tecidos macios como o omento maior e folhas duras como o pericárdio). Dependendo do histórico de carga local, a fásia apropriada pode expressar uma organização bidirecional ou multidirecional. Como já indicado, há áreas consideravelmente sobrepostas nas quais uma categoria de tecido claro será mais difícil ou enganosa. Não são mostrados aqui os retináculos e as cápsulas articulares, as quais as propriedades locais podem variar entre os ligamentos, aponeurose e fásia apropriada.

Um treino focado nesta teia fascial pode ser de grande importância para os atletas, dançarinos e outros defensores do movimento. Se o corpo fascial de um indivíduo é bem treinado, ou seja, muito elástico e resistente, então pode-se acreditar em uma performance eficaz e ao mesmo tempo que ofereça um alto nível de prevenção de lesões (Kjaer *et al.*, 2009). Até recentemente, a ênfase maior no esporte havia sido com foco na tríade clássica de força muscular, condicionamento cardiovascular e coordenação neuromuscular (Jenkins, 2005). Algumas alternativas de treino de atividades físicas – tais como pilates, yoga, Continuum Movement, e artes marciais – já estão levando em consideração a teia de tecido conjuntivo. Aqui a importância da fásia é frequentemente discutida em específico, embora as ideias novas no campo de pesquisa da fásia não tenham sido especificamente incluídas. Contudo, tem-se sugerido que para se ter uma teia fascial corpórea elástica e resistente a lesões, é necessário traduzir as ideias atuais de um desenvolvimento dinâmico no campo de pesquisa da fásia para programas de treino prático. A intenção é de encorajar terapeutas físicos, treinadores esportivos e outros professores do movimento a incorporar os princípios aqui apresentados e aplica-los em seu contexto específico.

A seguir, apresentamos alguns conceitos biomecânicos e neurofisiológicos básicos para uma abordagem para o treino personalizado da fásia, seguido por sugestões de algumas práticas aplicadas.

Conceitos básicos

Remodelação da fásia

Uma característica reconhecida do tecido conjuntivo é sua impressionante adaptabilidade: quando regularmente é colocada sob uma força fisiológica ainda crescente, o fibroblasto inerente ajusta sua matriz de remodelagem da atividade para que a arquitetura do tecido encontre a demanda. Por exemplo, por meio de nossa locomoção bípede diária a fásia do lado lateral da coxa desenvolve uma firmeza mais evidente do que no lado mediano. Esta diferença na rigidez do tecido é raramente encontrada nos pacientes em cadeira de rodas. Se ao invés, nós tivéssemos a maioria da nossa locomoção com nossas pernas montadas sobre um cavalo, o oposto seria possível, isto é, depois de alguns meses a fásia interna das pernas se tornaria mais forte e desenvolvida (El-Labban *et al.*, 1993).

A variedade na capacidade dos tecidos conjuntivos de colágenos fibrosos faz com que seja possível para estes materiais se adaptarem continuamente as tensões regulares mais desafiadoras, particularmente, em relação a mudanças de comprimento, força e habilidades na viscosidade. Não é só a densidade óssea que muda, por exemplo, como acontece com os astronautas que ficam algum tempo em gravidade zero onde os ossos se tornam porosos (Ingber, 2008); os tecidos da fásia também reagem a seu padrão de carga dominante. Com a ajuda dos fibroblastos, lenta, mas de maneira constante eles reagem à tensão diária, bem como aos treinos específicos, continuamente remodelando a organização das suas teias de colágenos fibrosos (Kjaer *et al.*, 2009). Por exemplo, a cada meio ano as fibras de colágeno são substituídas em um corpo saudável (Neuberger and Slack, 1953). A extrapolação desta dinâmica de renovação exponencial brusca prevê uma substituição esperada de 30% das fibras de colágeno dentro de 6 meses e de 75% em dois anos.

Curiosamente, os tecidos da fásia dos jovens mostram ondulações mais fortes – chamadas de ondas – dentro das fibras de colágeno, fazendo lembrar uma espiral elástica, ao passo que nas pessoas mais velhas as fibras aparecem achatadas (Staubesand *et al.*, 1997). Uma pesquisa confirmou a previsão otimista de que uma carga apropriada de exercícios – se aplicada regularmente – pode estimular uma arquitetura de colágeno mais jovem, que mostre maior organização de fibras onduladas (Wood *et al.*, 1988; Jarniven *et al.*, 2002) e que também expressa um aumento significativo na capacidade de armazenamento da elasticidade (Fig. 2) (Reeves *et al.*, 2006; Witvrouw *et al.*, 2007).

Todavia, cada tipo de exercício de movimento aplicado é importante; um estudo sobre exercícios monitorados com um grupo de mulheres idosas usando contrações de baixa velocidade e baixa carga mostrou apenas um aumento de volume e na força muscular; contudo, falhou em produzir qualquer alteração na capacidade de armazenamento de elasticidade das estruturas colagenosas (Kubo *et al.*, 2003). Ao passo que uma última resposta poderia possivelmente estar também relacionada à diferença de idade. Estudos mais recentes de Arampatzis *et al.*, (2010) confirmaram que para produzir efeitos de adaptação nos tendões humanos, a magnitude da tensão aplicada deveria exceder o volume que ocorre durante as atividades habituais. Estes estudos apontam evidências da existência de um limiar ou ponto de partida na magnitude de tensão aplicada na qual a transdução de estímulos mecânicos influenciam homeostase tensional dos tendões (Arampatzis *et al.*, 2007).

O mecanismo de catapulta: retração elástica dos tecidos da fásia

Os cangurus podem pular mais longe do que o que pode ser explicado pela força de contração dos músculos de suas pernas. Em uma análise, os cientistas descobriram que uma ação similar a de uma espiral está por trás desta capacidade única: o então chamado “mecanismo de catapulta” (Kram and Dawson, 1998). Aqui, os tendões e a fásia das pernas são tensionadas como os

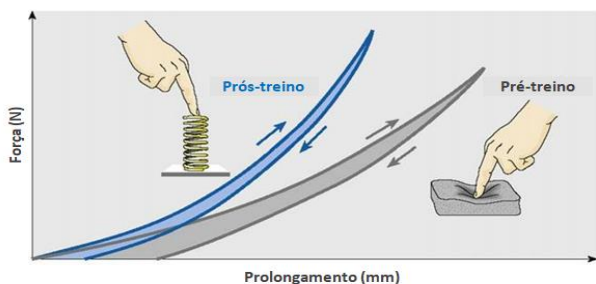


Figura 2 Aumento da capacidade de armazenamento de elasticidade. Um exercício regular oscilante, tal como uma corrida rápida diária, induz a uma alta capacidade de armazenamento nos tecidos tendinosos de ratos, comparado com seus companheiros que não correm. Isto é mostrado em um movimento de retração similar a uma espiral como mostrado à esquerda. A área entre a carga respectiva versus curvas sem carga representa a quantidade de “histerese”: a menor histerese obtida em animais treinados (amarelo) revela sua capacidade de armazenamento do tecido mais “elástico”; ao passo que uma maior histerese de seus companheiros significa mais propriedades de tecidos “viscoelásticos”, também chamados de inércia. Ilustração modificada posteriormente Reeves *et al.*, 2006. (Para todas as interpretações das referências por cores nesta legenda da figura, o leitor é direcionado para versão da internet deste artigo).

elásticos. A liberação desta energia armazenada é o que possibilita os saltos impressionantes. A descoberta, logo após, de que a gazela também utiliza o mesmo mecanismo não foi surpresa. Estes animais também são capazes de saltos e corridas impressionantes, apesar de sua musculatura não ser especialmente poderosa. Muito pelo contrário, as gazelas geralmente são consideradas bem delicadas, tornando seus incríveis saltos ainda mais interessantes usando a espiral confortavelmente.

Um exame de ultrassonografia de alta resolução possibilitou a descoberta de uma orquestração semelhante de carga entre o músculo e a fásia no movimento humano. Surpreendentemente, descobriu-se que a fásia dos humanos tem uma capacidade de armazenamento cinético parecida com as dos cangurus e das gazelas (Sawicki *et al.*, 2009). Não usamos apenas quando pulamos ou corremos, mas também em uma simples caminhada, como uma parte significativa da energia do movimento que vem da mesma espiral descrita acima. Esta nova descoberta leva a uma revisão prática dos princípios já aceitos no campo da ciência dos movimentos.

No passado, supunha-se que no movimento do músculo articular, os músculos esqueléticos envolvidos reduziam e essa energia passava através de tendões passivos, o que resultava no movimento da junta. Esta forma clássica de transferência de energia ainda é verdadeira – de acordo com as medições recentes – para um movimento firme como andar de bicicleta. Aqui as fibras dos músculos mudam ativamente de comprimento, enquanto os tendões e aponeuroses dificilmente crescem. Os elementos da fásia permanecem bastante passivos. Isto é um contraste com o movimento oscilatório com qualidade de espiral elástica, na qual o comprimento das fibras musculares muda um pouco. Aqui, as fibras musculares se contraem quase em nível isométrico (eles temporariamente enrijecem sem nenhuma mudança significativa em seu comprimento) enquanto que a função dos elementos da fásia de uma maneira elástica com movimento similar ao de jogar um iô-iô (Fig. 3). É este alongamento e encurtamento dos elementos da fásia que produzem o movimento atual (Fukunaga *et al.*, 2002; Kawakami *et al.*, 2002).

É interessante que a qualidade do movimento elástico em jovens seja associado ao bidirecionamento típico da organização da treliça das suas fasciais, parecido com a meia fina de uma mulher (Staubesand *et al.*, 1997). Em contra partida, conforme envelhecemos e perdemos nossa flexibilidade em nossa maneira de andar, a arquitetura fascial assume uma organização fibrosa multidirecional e mais desordenada. Os experimentos com animais também mostram que a falta de movimentos promove rapidamente o desenvolvimento ligações cruzadas adicionais aos tecidos fasciais. As fibras perdem sua elasticidade e não deslizam mais uma contra a outra como faziam; ao invés disto, elas ficam presas juntas e criam uma aderência ao tecido, em casos piores, elas se emaranham (Fig. 4) (Jarvinen *et al.*, 2002). O objetivo do treino fascial proposto é, portanto, o de estimular o fibroblasto fascial a repor mais arquitetura de fibras novas com a capacidade de armazenamento da elasticidade semelhante ao da gazela. Isto é feito por meio de movimentos que sobrecarregam os tecidos fasciais de múltiplas extensões variadas enquanto utilizam sua flexibilidade elástica (Fukashiro *et al.*, 2006).

Variação do alongamento para saúde miofascial

Normalmente, métodos de alongamento estáticos lentos são distintos dos alongamentos rápidos e dinâmicos. O alongamento dinâmico pode ser familiar para muitas pessoas, como parte do

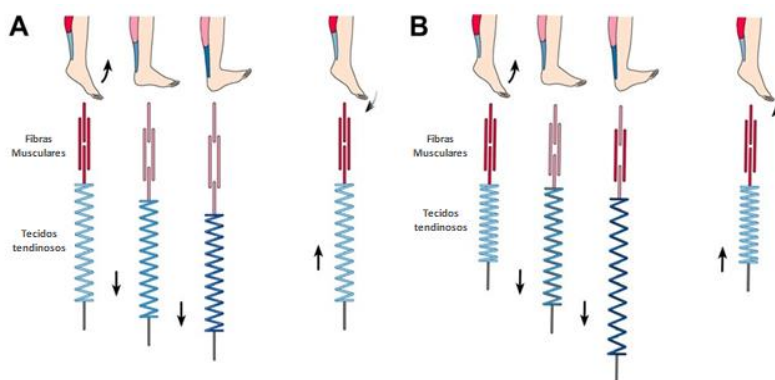


Figura 3 O comprimento dos elementos da fáscia bem como as fibras musculares em um treino convencional muscular (A) e o movimento de oscilação com propriedades de retração elástica (B) mudam. Os elementos do elástico tendinoso (ou fascial) são apresentados acima em espiral e as miofibras como linhas retas. Note que durante o movimento convencional (A) os elementos da fáscia não mudam de comprimento significativamente, enquanto que as fibras musculares claramente mudam de comprimento. Entretanto, durante os movimentos, como pular em um pé só ou apenas pular, as fibras musculares se contraem quase isometricamente ao passo que os elementos da fáscia alongam e encolhem como um iô-iô em espiral elástico. Ilustração adaptada de Kawakami *et al.* (2002).

treino físico no início e no meio do último século. Durante as últimas duas ou três décadas, este “salto” alongado foi suposto também pela maioria dos educadores como sendo menos benéfico, mas o mérito do método foi confirmado em uma pesquisa recente. Todavia, alongar-se imediatamente antes de uma competição pode ser contraproducente, isto significa que o uso regular e em longo prazo desta dinâmica de alongamento pode influenciar positivamente a arquitetura do tecido conjuntivo o qual se torna mais elástico quando aplicado corretamente (Decoster *et al.*, 2005). De fato, quando praticado regularmente, estático, como a dinâmica de alongamento, apresenta uma produção em longo

prazo de melhoria na força, na altura do pulo e na velocidade (Shrier, 2004).

Estilos diferentes de alongamento parecem atingir componentes diferentes do tecido da fáscia. A Fig. 5 ilustra alguns destes tecidos diferentes afetados por esta variação de regime de carga. Os treinos clássicos de peso carrega o músculo até sua variação normal de movimento, deste modo alonga os tecidos fasciais que estão organizados em series com as fibras musculares ativas. Além disso, as fibras transversais que atravessam o envelope muscular são alongadas e também estimuladas. Contudo, não se pode esperar muitos efeitos na fáscia extramuscular, nem nas fibras intramusculares da fáscia que são

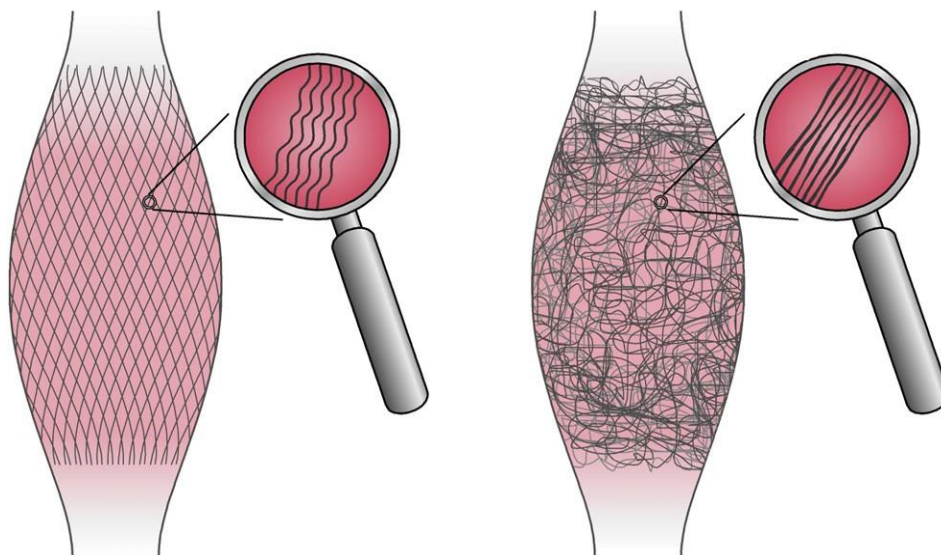


Figura 4 A arquitetura do colágeno responde a carga. A fáscia de uma pessoa jovem (imagem à esquerda) expressa mais frequentemente uma orientação bidirecional clara (treliça) de sua teia de fibras de colágeno. Além disso, as fibras de colágeno individuais mostram a formação de uma forte ondulação. Como já foi evidenciada por estudos em animais, a aplicação de exercícios apropriados podem estimular a alteração estrutural com aumento de formação das ondulações. Por outro lado, a falta de exercícios é apresentada para estimular a teia de fibra multidirecional e a redução da formação das ondulações (imagem à direita).

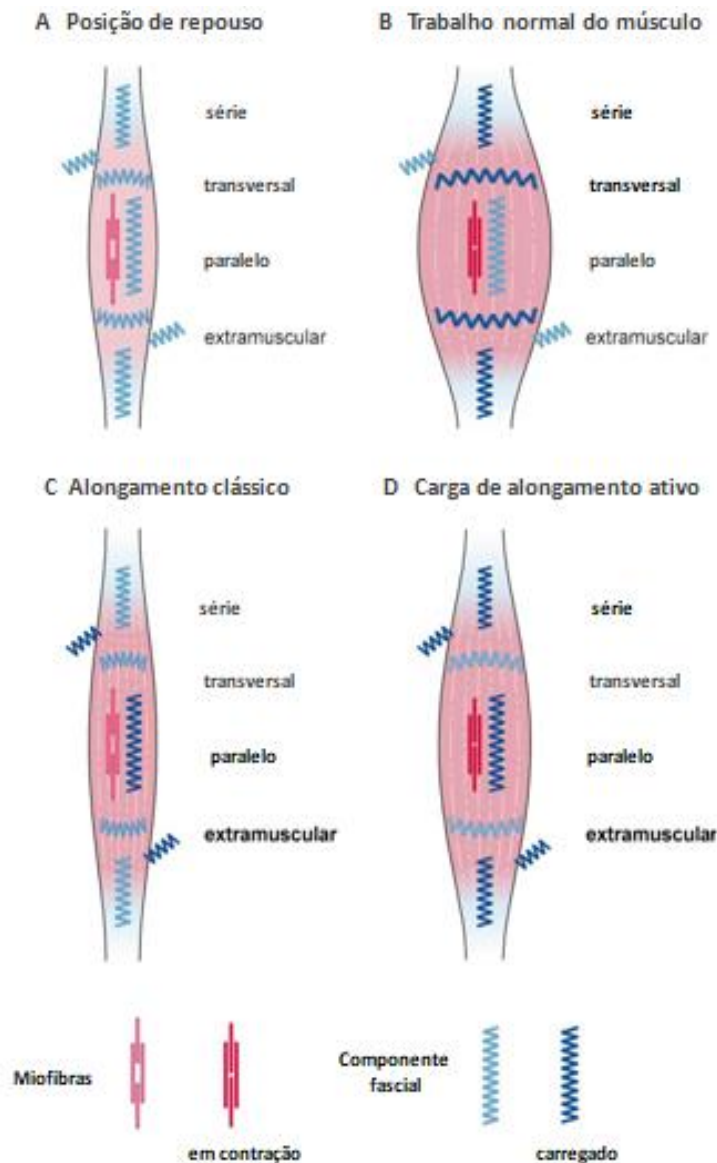


Figura 5 Carga de diferentes componentes da fáscia. A) Posição de repouso: As miofibras estão relaxadas e o músculo está em tamanho normal. Nenhum dos elementos fasciais estão sendo alongados. B) Trabalho normal do músculo: As miofibras estão contraídas e o músculo está em seu tamanho normal de extensão. Os tecidos da fáscia são carregados, os quais se organizam em séries com as miofibras ou transversais a elas. C) Alongamento clássico: As miofibras estão relaxadas e o músculo alongado. Os tecidos fasciais estão sendo alongados, os quais são posicionados paralelamente as miofibras, bem como a conexão extramuscular. Contudo, os tecidos fasciais serialmente organizados com as miofibras não são carregados o suficiente, já que a maioria dos alongamentos seriais naquela organização de força em cadeia é iniciada pelas miofibras relaxadas. D) Carga de alongamento ativo: O músculo está ativo e carregado em seu limite. A maioria dos componentes fasciais está sendo alongada estimulada neste padrão de carga. Note que existem várias misturas e combinações entre os quatro componentes diferentes da fáscia. Isto simplifica a abstração, portanto, servem apenas como orientação básica.

organizadas em paralelo as fibras musculares ativas. (Huijing, 1999).

Por outro lado, a clássica yoga Hatha alonga, na extensão em que as fibras musculares estão relaxadas, mostrará poucos

efeitos sobre aqueles, tecidos da fáscia que estão organizados em série com as fibras musculares. A razão é que as miofibras relaxadas são mais macias do que suas extensões tendinosas serialmente organizadas, elas “engolirão” a maior parte do

do alongamento (Jami, 1992). Contudo, tal lentidão e redução do alongamento promete proporcionar um bom estímulo para os tecidos da fásia, que é dificilmente alcançado pelo treino clássico de musculação, como a fásia extramuscular e a fásia intramuscular direcionada em paralelo para as miofibras.

Finalmente, o padrão da dinâmica muscular na qual o músculo é brevemente ativado na posição do comprimento promete o estímulo mais abrangente dos tecidos da fásia.

De acordo com estudos mais recentes da síntese do colágeno em tendões ciclicamente carregados, o resultado foi que o aumento na produção do colágeno tende a ser totalmente independente do volume de exercícios (repetições); significa que são necessárias apenas algumas repetições para produzir um ótimo efeito (Magnusson *et al.*, 2010). O treino da fásia proposto, portanto, recomenda saltos elásticos leves na variação final dos movimentos disponíveis.

Além disso, recomenda-se a variação entre diferentes estilos de alongamentos, incluindo alongamentos lentos e passivos em ângulos diferentes, assim como, alongamentos mais dinâmicos para promover facilidades na capacidade de viscosidade entre camadas da fásia fisiologicamente distintas e impedir a tendência a uma variação limitada de exercícios que geralmente ocorre ao passar dos anos (Beam *et al.*, 2003). O leitor está cordialmente convidado a rever o excelente estudo de Bertolucci (2011) sobre um alongamento parecido com “tensionamento” em comportamento no reino animal incluindo sua proposta de recomendações práticas de cuidados pessoais com corpo miofascial humano. Enquanto o alongamento dinâmico pode ser feito antes da prática de esportes (McMillian *et al.*, 2006), estudos recentes sugerem que o alongamento lento estático pode estimular efeitos anti-inflamatórios e analgésicos em tecidos em processo inflamatório (Corey *et al.*, 2012).

Hidratação e renovação

É essencial que se perceba que aproximadamente dois terços do volume do tecido fascial é composta por água. Durante a aplicação da carga mecânica – tanto no modo de alongamento quanto via pressão local – uma quantidade significativa de água é empurrada para fora das zonas mais tensionadas, como apertar uma esponja (Schleip *et al.*, 2012a). Quando a liberação ocorre, esta área é novamente preenchida por fluidos que vem dos tecidos circundantes bem como da teia vascular local. Este tecido conjuntivo parecido com uma esponja pode ter falta de hidratação adequada em lugares negligenciados. A aplicação de carga externa ao tecido fascial pode resultar em uma hidratação revigorante de tais lugares no corpo (Chaitow, 2009). Em uma fásia saudável, uma grande porcentagem da água extracelular está em um estado de água confinada (em oposição à partícula de água) onde seu comportamento é caracterizado como um líquido cristalino (Pollack, 2001). Muitas patologias – tais como condições inflamatórias, edemas ou aumento no acúmulo de radicais livres e outros produtos residuais – tendem a permitir uma troca, aumentando a porcentagem da água confinada na substância de base. As indicações recentes de Sommer e Zhu (2008) sugerem que quando o tecido conjuntivo local é espremido como uma esponja e reidratado em seguida, um pouco das áreas contendo partículas de água podem então ser substituídas por moléculas de água confinada que podem levar a constituição de águas mais saudáveis na substância de base.

A fásia como um órgão sensorial

A fásia contém um rico suprimento de nervos sensoriais, incluindo receptores proprioceptivos, receptores multimodais e terminações nervosas nociceptivas. Alguns dos tecidos fasciais, como o retináculo, contém uma inervação sensorial mais rica do que outros. Tais tecidos que foram encontrados contendo suprimento mais rico, parecem ser capazes de detectar uma leve mudança na direção angular em carga mecânica, ao passo que tecidos com menos densidade de inervação, tais como o lacerto fibroso (aponeurose bicipital), parecem ser especializados para mais uma única força de transmissão unidirecional passiva (Stecco *et al.*, 2007, 2008). Quando incluímos os tecidos conjuntivos intramusculares, o periósteo e a fásia superficial como parte da grande teia fascial corporal como destacado acima, a fásia pode ser então vista como um de nossos órgãos sensoriais mais ricos. Certamente, ela é o órgão mais importante por propriocepção (Schleip, 2003).

É interessante notar que durante a última década o clássico “receptor da articulação” – localizado nas cápsulas articulares e ligamentos associados – tem se mostrado ser de menor importância para propriocepção normal, desde que sejam geralmente estimulados ao extremo apenas para as várias articulações e não durante movimentos fisiológicos (Lu *et al.*, 2005; Proske e Gandevia, 2009; Ianuzzi *et al.*, 2011). Por outro lado, as terminações nervosas localizadas nas camadas mais superficiais são melhores situadas, aqui até pequenos movimentos nas juntas angulares levam a um alongamento relativamente distinto ou movimentos viscosos. As descobertas mais recentes indicam que as camadas superficiais da fásia de um corpo são, de fato, muito mais densamente populosas com terminações nervosas sensoriais do que tecidos conjuntivos que são situados mais internamente (Benetazzo *et al.*, 2011; Tesarz *et al.*, 2011). Em especial, a zona de transição entre a fásia profunda e o tecido conjuntivo frouxo subdérmico parece ter maiores inerações sensoriais (Tesarz *et al.* 2011). Isto também parece ser a zona a qual os movimentos deslizantes ou viscosos entre as camadas da fásia parecem ocorrer durante os movimentos extensivos multiarticulares, desde que não haja aderências patológicas apresentadas nesta zona de transição (Goats e Keir, 1991).

Uma relação mutuamente antagonista entre a dor miofascial e a propriocepção está sendo descrita frequentemente. Elas mostram que ou há diminuição significativa da propriocepção localizada na lombar (Taimela *et al.*, 1999) ou há diminuição do limiar da dor quando os nervos proprioceptivos são bloqueados experimentalmente (Lambertz *et al.*, 2006). Além disso, Moseley *et al.* (2008) comprovou que um aumento na propriocepção local pode diminuir significativamente a dor miofascial. É mais provável que a relação mutuamente inibidora entre a dor no tecido macio e a propriocepção fascial seja facilitada por meio de neurônios de ampla dor dinâmica (WDR) no chifre dorsal da medula espinhal (Sandkuehler *et al.*, 1997). É muito interessante que na pesquisa realizada por Moseley *et al.* (2008) também indica que o estímulo de entrada aferente periférica terapêuticamente precisa ser atenciosamente e conscientemente acompanhada pelo paciente para que produza um efeito antinociceptivo em longo prazo.

Princípios do treino

As seguintes diretrizes são aplicações sugeridas com base nestas considerações gerais da biomecânica e da neurofisiologia

Note que devido às limitações básicas da anatomia do corpo humano e a história longa e diversa da exploração dos movimentos humanos, nenhum dos movimentos sugeridos será completamente “novo”. Na verdade, houve a descoberta de que em muitos aspectos das práticas conhecidas dos movimentos – como a ginástica rítmica, dança moderna, polimetria, gyrokinesis, chi running, yoga ou artes marciais, apenas para mencionar alguns – contêm elementos os quais coincidem com as sugestões a seguir. Contudo, estas práticas são inspiradas em uma busca intuitiva pela elegância, pelo prazer e pela beleza, e/ou elas eram frequentemente associadas a conceitos teóricos não relacionados à fáscia. O aspecto diferencial da abordagem proposta, portanto, é desenvolver sugestões de treinos seletivos, nos quais os alvos são especificamente uma ótima renovação da teia fascial (ao invés de, por exemplo, tecidos musculares ou condicionamento cardiovascular) e os quais são diretamente ligados aos conhecimentos específicos destacados acima sobre o rápido crescimento no campo de pesquisa da fáscia.

Preparação para o movimento de contragolpe

O princípio deste movimento é o de utilizar o efeito catapulta do tecido fascial. Antes de realizar o movimento de verdade, inicia-se com um leve pré-tensionamento na direção oposta. Isto se compara com o uso de um arco para atirar uma flecha; assim como o arco tem tensão suficiente para que a flecha atinja o seu alvo, a fáscia se torna ativamente pré-tensionada na direção oposta. No exemplo de exercício chamado de “espada”, o pré-tensionamento é alcançado quando o eixo do corpo está levemente inclinado para trás por um breve instante, ao passo que ao mesmo tempo há um alongamento para cima (Fig. 6). Isto aumenta a tensão na elasticidade da teia do corpo fascial e o resultado permite que o tronco e os braços pulem

para frente e para baixo como uma catapulta, quando o peso muda de direção.

O oposto é verdadeiro para endireitar-se – um vai ativar a capacidade de catapulta da fáscia por meio da pré-tensão da fáscia das costas. Quando balançar para trás e para cima da posição inclinada, os músculos flexores na parte frontal do corpo são brevemente ativados primeiro. Isto, momentaneamente, puxa o corpo ainda mais para frente e para baixo e, ao mesmo tempo, a fáscia na sua parte posterior é carregada com uma grande tensão. A energia cinética que é armazenada no lado posterior da teia fascial é dinamicamente solta via efeito de retração passiva quanto o corpo balança para trás retornando a posição original. Para ter certeza de que o indivíduo não está se apoiando no trabalho muscular dos músculos das costas, mas ao invés disto na dinâmica de ação de retração da fáscia, é necessário ter foco no tempo – muito parecido com quando jogamos um iô-iô ou balançamos um pendulo elástico. É necessário determinar o balanço ideal que aparentemente é quando a ação é percebida como sendo fácil e prazerosa.

O princípio Ninja

Os legendários guerreiros japoneses que tem a reputação de moverem-se silenciosos como os gatos e de não deixarem rastros, inspiraram este princípio. Ao realizar os movimentos de pulos como pular de pé, correr e dançar, é necessário prestar atenção especial para executar o movimento o mais leve e suavemente possível. A mudança na direção é precedida por uma desaceleração gradual do movimento antes da mudança de direção e uma aceleração também gradual em seguida, cada movimento flui do último; qualquer movimento extrínseco ou brusco deve ser evitado (Fig. 7). Isto se soma a percepção de qualidade de movimentos suaves e “elegantes”. Como em uma analogia mais



Figura 6 Exemplo de treino: A espada A) A tensão do arco: Preparação do movimento de contragolpe (pré-alongamento) começa com a dinâmica elástica da espiral na direção anterior e inferior. Pode-se usar qualquer peso. B) Para retornar a posição ereta, a “catapulta da fáscia dorsal” é carregada enquanto o tronco é brevemente balançado dinamicamente para baixo seguido de um balanço para trás e para cima. A atenção da pessoa durante o exercício deve ser voltada ao tempo e calibração do movimento para realizar o movimento mais suave possível.

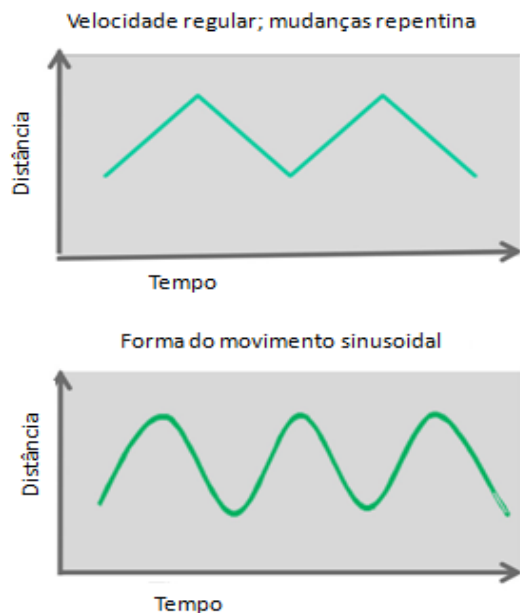


Figura 7 O formato do movimento muda durante a mudança de direção brusca versus elegante. Quando as mudanças de direção (como mover um membro para frente e para trás) ocorrem sem o refinamento proprioceptivo, elas tendem a incluir mudanças repentinas nas quais os tecidos são frequentemente suscetíveis a ferimentos devido aos padrões de carregamento abrupto (acima). Por outro lado, quando os mesmos movimentos são conduzidos por uma busca interna pela elegância, pode-se observar uma mudança no movimento sinusoidal caracterizada por uma desaceleração gradual antes do ponto de retorno e a aceleração gradual subsequente. Neste padrão os tecidos carregados são menos suscetíveis a ferimentos, os movimentos parecem mais graciosos e além de menos barulho (ex. durante movimentos de saltos).

Inspiradora para um paciente personificado, pode-se referir-se a maneira que o gato se move quando se prepara para o pulo. Primeiro o felino envia um impulso condensado para baixo usando as patas para uma aterrissagem acelerada, suave, silenciosa e precisa (Fig. 8).

Para pacientes orientados mais tecnicamente, o desenvolvimento futuro de um acelerômetro com base em dispositivos de resultados pode ser útil. As direções baseadas no princípio ninja mudam e passam a ser caracterizadas por uma forma de movimento mais sinusoidal, ao invés de mudanças de direção bruscas e repentinas em uma pessoa que se move com menos elegância e que tem maior probabilidade de ter ferimentos por sobrecarga de esforço durante os exercícios (Fig. 7).

Uma escada normal torna-se um equipamento de treino quando usada apropriadamente, com passos suaves. A sugestão de fazer "o quanto menos barulho" dá o retorno mais útil – quanto mais se utilizar a espiral fascial, mais quieto e suave será o processo. Claro que estar descalço ou com a planta do pé em contato com o chão será uma grande vantagem para este tipo de "dança na escada".



Figura 8 Exemplo de treino: Balanço elástico contra parede. Imitar os pulos elásticos de uma gazela com movimentos macios são explorados em pé e com apoio da parede. A pré-tensão apropriada no corpo todo irá evitar qualquer queda a "postura de banana". É importante não fazer barulho e evitar qualquer tipo de movimento brusco. A progressão ao aumento da carga pode ocorrer somente com a excelência destas qualidades. Os indivíduos mais fortes podem eventualmente explorar mais, por exemplo, balançar em uma mesa ou parapeito ao invés da parede. A pessoa na foto ainda não deve ter permissão para progredir na carga, pois o pescoço dele e a região dos ombros já mostram uma leve compressão.

Alongamento lento e dinâmico

Ao invés de uma posição estática e sem movimento, é sugerido um movimento mais fluente. Recomenda-se que sejam utilizadas ambas as modalidades de alongamentos rápidos e ligeiros, porém fluidos. Antes de usar quaisquer movimentos rápidos, os tecidos da miofascia devem ser aquecidos, movimentos bruscos e repentinos devem ser evitados.

As cadeias miofasciais são o foco preferido quando é feito um alongamento lento e dinâmico. Ao invés de alongar grupos musculares isoladamente, o objetivo é o de encontrar movimentos corporais que abranja as mais longas cadeias miofasciais possíveis (Myers, 1997). Isso não é feito pela espera passiva, como no alongamento clássico a posição Hatha yoga, ou no alongamento convencional de músculos isolados. São utilizados movimentos multidirecionais, com leve mudança de ângulo; eles podem incluir movimentos laterais ou diagonais bem como variação de movimento em rotação espiral.

Com este método, áreas maiores da teia fascial são simultaneamente envolvidas (Fig. 9).

Para estimular mais serialmente as organizações tendinosas e os tecidos aponeuróticos, são recomendados mais movimentos de alongamento dinâmico com balaço, parecidos com movimentos extensionais fluidos e elegantes da ginástica rítmica. Os mesmos tecidos também podem ser alcançados pela ativação muscular (por exemplo, contra resistência) em uma posição de alongamento, similar a de como um gato, às vezes, puxa suas patas dianteiras em direção ao corpo quando se espreguiça. E por fim, o chamado “mini-saltos” que podem ser usados como exploração leve e divertida na posição de alongamento.

Alongamentos rápidos e dinâmicos podem ser combinados com contramovimento preparatório, como previamente descrito.

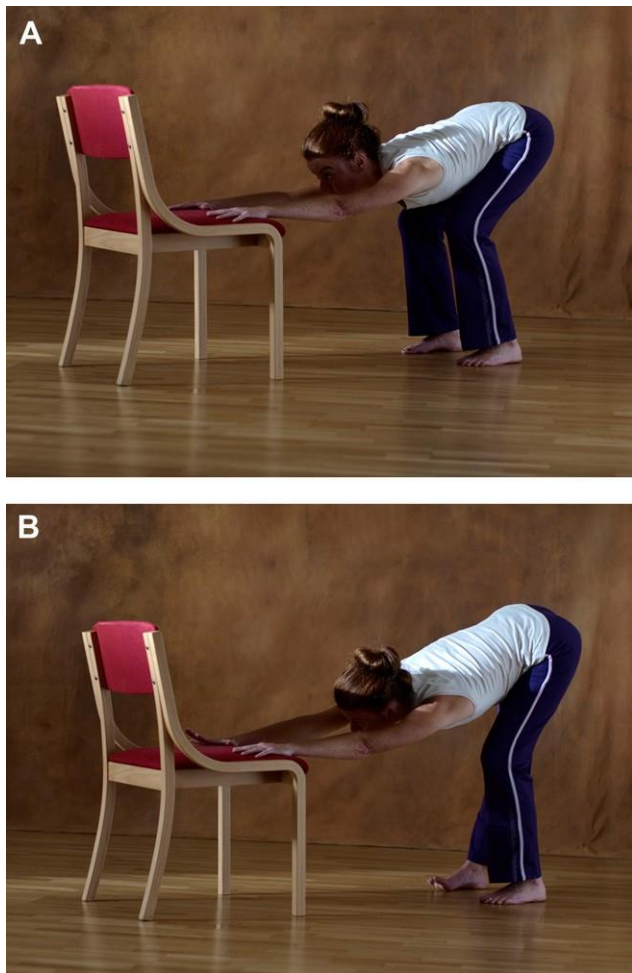


Figura 9 Exemplo de treino: O alongamento do gato. A) É um alongamento lento da parte posterior da cadeia, da ponta dos dedos até os ossos ísquios, do cóccix até o topo da cabeça e até os calcanhares. O movimento vai para direções opostas ao mesmo tempo – pense em um gato esticando o corpo todo. Ao mudar levemente de ângulo, aspectos diferentes da teia das fáscia são focados com movimentos lentos e estáticos. B) O próximo passo é virar e alongar a pélvis ou o peito para um lado (aqui a pélvis está começando a girar para a direita). A intensidade da sensação de comprimento em um lado inteiro do corpo é discreta. Depois, note a sensação do comprimento aumentado.

Por exemplo, quando alongar os flexores dos quadril, pode-se introduzir um breve movimento para trás antes de alongar e esticar dinamicamente para frente.

Refinamento Proprioceptivo

É essencial que a importância da propriocepção da fáscia seja explicada com clareza e repetidamente enfatizada durante o treino. Para que haja motivação devem ser utilizadas as explicações racionais bem como os componentes afetivos límbicos. Como no exemplo do caso de Ian Waterman que é um homem constantemente mencionado na literatura científica. Este homem contraiu uma infecção viral aos 19 anos, a qual resultou na então chamada “neuropatia sensorial” abaixo do pescoço. Nesta patologia rara, os nervos sensoriais periféricos, que fornece informação sobre o movimento corporal ao córtex somato motor, são destruídos ao passo que os nervos motores permanecem completamente intactos. Isto significa que o senhor Waterman podia se mover porem, não podia “sentir” seus movimentos. Depois de algum tempo ele se tornou praticamente inerte. Somente com uma vontade de ferro e anos de prática ele finalmente conseguiu compensar as sensações físicas, a capacidade que já se tem como certa. Ele o fez com controle consciente que primeiramente dependeria do resultado visual. Ele é a única pessoa conhecida com este tipo de doença, o qual foi capaz de ficar sem auxílio, e voltar a andar (Cole, 1995).

A maneira que Waterman se move é parecida com o jeito dos pacientes com dor crônica nas costas. Em lugares públicos, se de repente faltar luz, ele cai no chão desajeitadamente (assista ao documentário da BBC: O homem que perdeu o seu corpo, <http://bbc-horizon-1998-the-man-who-lost-his-7812922.cooga.net>). São possíveis os movimentos flexíveis e de giro somente com óbvias mudanças bruscas de direção.

Se fizer um programa “clássico” com alongamento estático ou ativo, ele pareceria normal. Em relação ao alongamento dinâmico que é a parte do nosso treino fascial, ele claramente não é capaz, pois falta a ele a propriocepção necessária para a coordenação fina.

Coincidentemente, no treino fascial proposto, é encorajado um refinamento perceptivo de movimentos de viscosidade, deslizamento e de tensão na membrana superficial da fáscia. Fazendo isto, é importante limitar a função de filtro da formação reticular que pode notoriamente restringir a transferência cortical das sensações dos movimentos que são repetitivos e que o cerebelo pode prever via antecipação da alimentação direta (Schleip, 2003). Para prevenir tal amortecimento sensorial, a ideia de experiências variadas e criativas se tornou importante. Além disto, os alongamentos lentos e rápidos descritos acima, bem como a utilização de propriedades de retração elástica, a inclusão de elementos de “refinamento fascial” também são recomendados, nas quais são experimentados variações de qualidades dos movimentos, como por exemplo, movimentos extremamente lentos e micro-movimentos muito rápidos que podem até não ser visíveis a um observador, bem como macro-movimentos envolvendo o corpo todo. Para finalizar, pode não ser incomum colocar o corpo em posições não familiares quanto trabalha com a consciência da gravidade, ou possivelmente ao explorar o peso de um parceiro de treino.

Os “micro-movimentos” claramente com amplitude abaixo de uma polegada (~2.5 cm.) podem ser incorporados como descrito no trabalho Continuum Movement de Conrad

(2007). Usando as sensações do alongamento interoceptivo como um guia, é possível que o pós-operatório ou outra adesão da fáscia possa ser parcialmente alargada pela utilização cuidadosa de micro-movimentos quando efetuada próximo a posição de alcance final disponível (Bove and Chapelle, 2012). Além disso, tais movimentos finos e específicos localizados podem ser usados para chamar atenção proprioceptiva e refinamento perceptivo a áreas negligenciadas do corpo, condições estas que foram descritas por Hanna (1998) com o termo “amnésia sensório-motora” (Fig. 10).

Apertando e reidratando a esponja

O uso de rolos de espuma especiais, ou material similar podem ser úteis para estimular a desidratação temporária dos tecidos



Figura 10 Exemplo de treino: Tentáculo de polvo. Visualizando a imagem de um tentáculo do polvo, a quantidade de movimentos extensionais pela perna toda são explorados com movimentos lentos. A propriocepção da tensão fascial é ativada pela mudança criativa na ativação de padrões musculares. Esta função acompanha uma profunda estimulação miofascial que visa alcançar apenas os envelopes fasciais, mas também no septo entre os músculos. Ao passo que evitando qualquer movimento brusco, a ação destes micro-movimentos como tentáculos leva a sensação de força fluindo nas pernas.

localizados como uma esponja, resultando em uma nova hidratação. Contudo, a firmeza do rolo e a aplicação do peso corporal devem ser monitoradas individualmente. Se apropriadamente aplicados e acrescidos de movimentos muito lentos e finamente sincronizados apenas na mudança de direção, o tecido é forçado e os benefícios potenciais podem ser similares aos do tratamento de soltura manual da miofáscia (Chaudhry *et al.*, 2008). Além disso, o estímulo localizado no tecido pode servir para estimular e a sincronização fina possibilita a inibição ou a dessensibilização dos proprioceptores da fáscia nos tecidos mais escondidos (Fig. 11).

Com propósitos motivacionais e explicativos o excelente vídeo de Guimbertau *et al.* (2010) tem sido de grande ajuda para promover um entendimento da plasticidade viscosa e elasticidade adaptável da fáscia com água. O resultado da percepção da arquitetura do líquido da teia fascial provou ser, especialmente, efetiva quando incorporada em um alongamento dinâmico lento e no refinamento fascial.

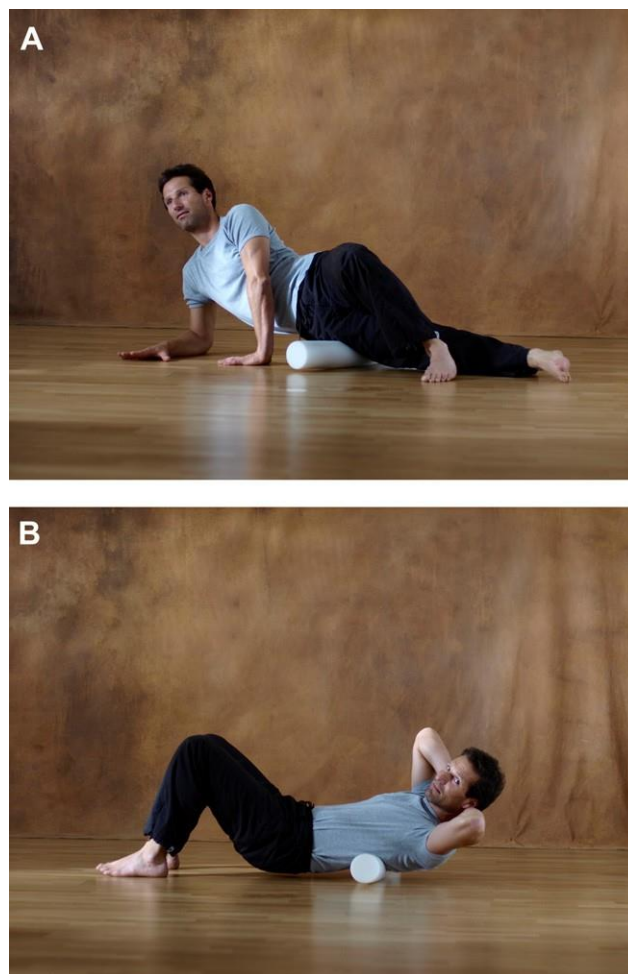


Figura 11 Exemplo de treino: Liberação Fascial. O uso de rolos de espumas específicos podem permitir a aplicação localizada de estímulos dos tecidos com força similar e possibilitar benefícios similares como na liberação manual da miofáscia. Contudo, a rigidez do rolo e a aplicação do peso corporal precisa de ajustes e monitoramento para cada pessoa. Para promover a desidratação do tecido como uma esponja, com subsequente hidratação local, apenas movimentos lentos e mudanças sutis na aplicação da força e vetores são recomendados.

O tempo apropriado da duração das fases de carga e liberação individuais é muito importante. Como parte do treino moderno de corrida, agora é recomendado que seja feitas interrupções frequentes na corrida com intervalos de caminhadas curtas. (Galloway, 2002). Há uma boa razão para isto: sob tensão, o fluido é pressionado para fora dos tecidos fasciais e estes começam a funcionar menos perfeitamente e sua resistência elástica e flexível baixa lentamente. As pausas para caminhadas curtas – com a recomendação de variar entre 1 e 3 minutos – servem para reidratar parcialmente o tecido, como se fosse dada a chance aceitar um fluido nutritivo. Para um corredor iniciante tal pausa para reidratação deve ser a cada 10 minutos, enquanto que corredores mais experientes com uma consciência corporal mais desenvolvida, pode ajustar o tempo e a duração destas pausas perfeitamente com base na presença (ou falta) da viscosidade e na recuperação dinâmica: se o movimento de corrida começa a parecer mais fraco e menos elástico, é sinal de que é hora para uma pausa curta. Da mesma forma, se depois de uma breve pausa caminhando há um notório retorno daquela recuperação do sentimento de gazela, então o período de descanso foi adequado. Para corredores bem treinados e com menor senso de refinamento de propriocepção cinestésica, o uso adicional de equipamento como o acelerômetro (como descrito na primeira seção deste artigo) pode ser um indicador útil para a medição apropriada destas pausas para caminhada.

No treino de ciclismo, onde há esforço mais intenso intercalado com pausas intencionais, pode-se recomendar subsequentemente todas as facetas do treino da fáscia. No treino, a pessoa aprende a prestar atenção às propriedades dinâmicas do seu “corpo fascial” enquanto se exercita, e a ajustar os exercícios com base na sua nova consciência corporal. O resultado do entendimento da dinâmica de renovação fascial, junto ao refinamento da propriocepção deve então transferir a uma “personificação fascial” no dia-a-dia.

Sustentabilidade: o poder de mil passos pequenos

Mais um aspecto importante que precisa ser entendido por quem treina é o conceito de renovação da teia fascial lenta e em longo prazo. A explicação é que, ao contrário do treino de força muscular (no qual grandes ganhos ocorrem e o ápice é rapidamente alcançado, onde apenas pequenos ganhos são possíveis) a fáscia muda mais lentamente e os resultados são mais duradouros. Portanto, é possível trabalhar sem grandes esforços – para que seja consistente e com treinos regulares. Quando treinar a fáscia, a melhora nas primeiras semanas pode ser pequena e menos óbvia externamente. Contudo, a melhora é acumulativa e de efeito duradouro, no qual depois de anos, pode-se esperar resultados de melhora na força e na elasticidade da teia fascial. (Fig. 12) (Kjaer *et al.*, 2009).

A intenção do treino orientado fascial proposto é o de influenciar a renovação da matriz por meio de treinos de atividades no qual pode, depois de 6 -24 meses, resultar em um “corpo revestido como uma seda” mais resistente e imune a ferimentos o qual não é somente forte, mas também permite uma mobilidade mais suave e deslizando nas articulações. Uma nutrição e um estilo de vida apropriados promovem um ambiente para uma matriz anti-inflamatória a presença suficiente para o crescimento de hormônios – tais como são mostradas durante o sono profundo depois de um exercício de desafio muscular e cardiovascular apropriados – são fatores adicionais que influenciam positivamente a reposta na renovação da matriz.

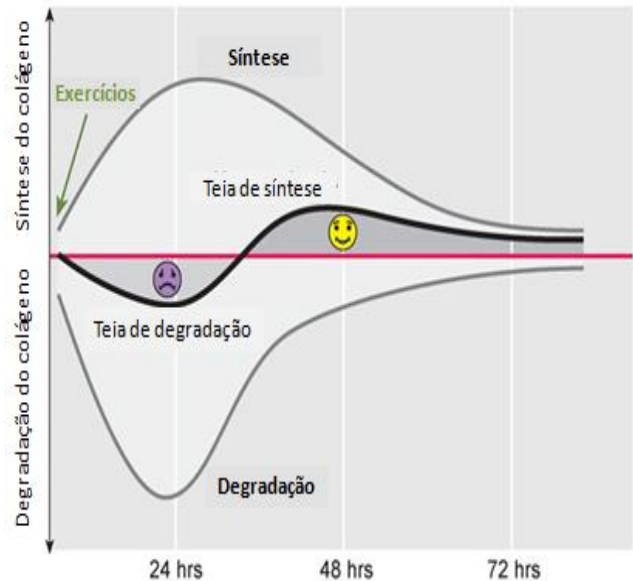


Figura 12 Revezamento de colágeno depois do exercício. A curva mais alta mostra um aumento na síntese do colágeno nos tendões depois do exercício. Contudo, o estímulo dos fibroblastos também aumenta a degradação do colágeno. Curiosamente, durante os primeiros 1-2 dias depois do exercício, a degradação do colágeno sobrecarrega a síntese do colágeno; ao passo que em seguida, esta situação é revertida. Para aumentar a força do tendão, o treino da fáscia proposto, portanto, sugere um estímulo apropriado do tecido apenas 1-2 vezes por semana. A ilustração foi modificada posteriormente Magnusson *et al.*, 2010.

É sugerido que o treino seja consistente e que apenas alguns minutos de exercícios apropriados sejam executados uma ou duas vezes por semana, sejam suficiente para a remodelação do colágeno. O processo de renovação relatado levará entre 6 meses a 2 anos e produzirá uma matriz de colágeno mais ágil, flexível e resistente. Para os praticantes de yoga ou artes marciais, o foco em objetivos em longo prazo não é novidade. Para uma pessoa que é novata no treino físico, o conhecimento sobre as propriedades da fáscia podem ir longe para convencê-las a treinar seus tecidos conjuntivos.

Claro que estas sugestões do treino direcionado da fáscia não devem substituir o treino de força muscular, treino cardiovascular e exercícios de coordenação; pelo contrário, eles devem ser pensados como um adicional útil a um extenso programa de treino.

Conflitos de interesse

Não houve nenhum conflito de interesses registrados.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao suporte financeiro da Ida P. Rolf Research Foundation e do Vladimir Janda Award pela Medicina Muscular Esquelética.

Referências

Arampatzis, A., Karamanidis, K., Albracht, K., 2007. Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the

- applied cyclic strain magnitude. *The Journal of Experimental Biology* 210, 2743e2753.
- Arampatzis, A., Peper, A., Bierbaum, S., Albracht, K., 2010. Plasticity of human Achilles tendon mechanical and morphological properties in response to cyclic strain. *Journal of Biomechanics* 43, 3073e3079.
- Beam, L., DeLany, J., Haynes, W., Lardner, R., Liebenson, C., Martin, S., Rowland, P., Schleip, R., Sharkey, J., Vaughn, B., Herbert, R., Gabriel, M., 2003. The stretching debate. *Journal of Bodywork & Movement Therapies* 7, 80e98.
- Benetazzo, L., Bizzego, A., De Caro, R., Frigo, G., Guidolin, D., Stecco, C., 2011. 3D reconstruction of the crural and thoracolumbar fasciae. *Surgical and Radiologic Anatomy* 33, 855e862.
- Bertolucci, L.F., 2011. Pandiculation: nature's way of maintaining the functional integrity of the myofascial system? *Journal of Bodywork & Movement Therapies* 5, 268e280.
- Blechs Schmidt, E., 1978. In: Charles, C. (Ed.), *Biokinetics and Biodynamics of Human Differentiation: Principles and Applications*. Thomas Pub Ltd, Springfield, Illinois.
- Bove, G.M., Chappelle, S.L., 2012. Visceral mobilization can lyse and prevent peritoneal adhesions in a rat model. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 16, 76e82.
- Chaitow, L., 1988. *Soft-tissue Manipulation: A Practitioner's Guide to the Diagnosis and Treatment of Soft-tissue Dysfunction and Reflex Activity*. Healing Arts Press, Rochester, Vermont.
- Chaitow, L., 2009. Research in water and fascia. *Micro-tornadoes, hydrogenated diamonds & nanocrystals*. *Massage Today* 09 (6), 1e3.
- Chaitow, L., Findley, T.W., Schleip, R. (Eds.), 2012. *Fascia Research III e Basic Science and Implications for Conventional and Complementary Health Care*. Kiener Press, Munich.
- Chaudhry, H., Schleip, R., Ji, Z., Bukiet, B., Maney, M., Findley, T., 2008. Three-dimensional mathematical model for deformation of human fasciae in manual therapy. *Journal of the American Osteopathic Association* 108, 379e390.
- Cole, J., 1995. *Pride and a Daily Marathon*. MIT Press, London.
- Conrad, E., 2007. *Life on Land*. North Atlantic Books, Berkeley.
- Corey, S.M., Vizzard, M.A., Bouffard, N.A., Badger, G.J., Langevin, H.M., 2012. Stretching of the back improves gait, mechanical sensitivity and connective tissue inflammation in a rodent model. *PLoS One* 7, e29831.
- Counsel, P., Breidahl, W., 2010. Muscle injuries of the lower leg. *Seminars in Musculoskeletal Radiology* 14, 162e175.
- Decoster, L.C., Cleland, J., Altieri, C., Russell, P., 2005. The effects of hamstring stretching on range of motion: a systematic literature review. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 35, 377e387.
- EI-Labban, N.G., Hopper, C., Barber, P., 1993. Ultrastructural finding of vascular degeneration in myositis ossificans circumscripta (fibrodysplasia ossificans). *Journal of Oral Pathology & Medicine* 22, 428e431.
- Findley, T.W., Schleip, R. (Eds.), 2007. *Fascia Research e Basic Science and Implications for Conventional and Complementary Health Care*. Elsevier Urban & Fischer, Munich.
- Fukushiro, S., Hay, D.C., Nagano, A., 2006. Biomechanical behavior of muscle-tendon complex during dynamic human movements. *Journal of Applied Biomechanics* 22, 131e147.
- Fukunaga, T., Kawakami, Y., Kubo, K., Kanehisa, H., 2002. Muscle and tendon interaction during human movements. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 30, 106e110.
- Galloway, J., 2002. *Galloway's Book on Running*. Shelter Publications, Bolinas, CA, USA.
- Goats, G.C., Keir, K.A.I., 1991. Connective tissue massage. *British Journal of Sports Medicine* 25, 131e133.
- Guimberteau, J.C., Delage, J.P., McGrouther, D.A., Wong, J.K., 2010. The microvacuolar system: how connective tissue sliding works. *The Journal of Hand Surgery, European Volume* 35, 614e622.
- Hanna, T., 1998. *Somatics: Reawakening the Mind's Control of Movement, Flexibility, and Health*. Da Capo Press, Cambridge MA, USA.
- Huijing, P.A., 1999. Muscle as a collagen fiber reinforced composite: a review of force transmission in muscle and whole limb. *Journal of Biomechanics* 32, 329e345.
- Huijing, P.A., Findley, T.W., Schleip, R. (Eds.), 2009. *Fascia Research II e Basic Science and Implications for Conventional and Complementary Health Care*. Elsevier Urban & Fischer, Munich.
- Hyman, J., Rodeo, S.A., 2000. Injury and repair of tendons and ligaments. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 11, 267e288.
- Ianuzzi, A., Pickar, J.G., Khalsa, P.S., 2011. Relationships between joint motion and facet joint capsule strain during cat and human lumbar spinal motions. *Journal of Manipulative and Physiological Therapies* 34, 420e431.
- Ingber, D.E., 2008. Tensegrity and mechanotransduction. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 12, 198e200.
- Jami, A., 1992. Golgi tendon organs in mammalian skeletal muscles: functional properties and central actions. *Physiological Reviews* 72, 623e666.
- Jarvinen, T.A., Jozsa, L., Kannus, P., Jarvinen, T.L., Jarvinen, M., 2002. Organization and distribution of intramuscular connective tissue in normal and immobilized skeletal muscles. An immunohistochemical, polarization and scanning electron microscopic study. *Journal of Muscle Research and Cell Motility* 23, 245e254.
- Jenkins, S., 2005. *Sports Science Handbook*. In: *The Essential Guide to Kinesiology, Sport & Exercise Science*, vol. 1. Multi-science Publishing Co. Ltd., Essex, UK.
- Kawakami, Y., Muraoka, T., Ito, S., Kanehisa, H., Fukunaga, T., 2002. In vivo muscle fibre behaviour during countermovement exercise in humans reveals a significant role for tendon elasticity. *Journal of Physiology* 540, 635e646.
- Kjaer, M., Langberg, H., Heinemeier, K., Bayer, M.L., Hansen, M., Holm, L., Doessing, S., Kongsgaard, M., Krogsgaard, M.R., Magnusson, S.P., 2009. From mechanical loading to collagen synthesis, structural changes and function in human tendon. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 19, 500e510.
- Kram, R., Dawson, T.J., 1998. Energetics and bio mechanics of locomotion by red kangaroos (*Macropus rufus*). *Comparative Biochemistry and Physiology B* 120, 41e49.
- Kubo, K., Kanehisa, H., Miyatani, M., Tachi, M., Fukunaga, T., 2003. Effect of low-load resistance training on the tendon properties in middle-aged and elderly women. *Acta Physiologica Scandinavica* 178, 25e32.
- Lambertz, D., Hoheisel, U., Mense, S., 2006. Distribution of synaptic field potentials induced by TTX-resistant skin and muscle afferents in rat spinal segments L4 and L5. *Neuroscience Letters* 409, 14e18.
- Lu, Y., Chen, C., Kallakuri, S., Patwardhan, A., Cavanaugh, J.M., 2005. Neural response of cervical facet joint capsule to stretch: a study of whiplash pain mechanism. *Stapp Car Crash Journal* 49, 49e65.
- Magnusson, S.P., Langberg, H., Kjaer, M., 2010. The pathogenesis of tendinopathy: balancing the response to loading. *Nature Reviews Rheumatology* 6, 262e268.
- McMillian, D., Moore, J.H., Hatler, B.S., Taylor, D.C., 2006. Dynamic vs. static-stretching warm up: the effect on power and agility performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 20, 492e499.
- Moseley, G.L., Zalucki, N.M., Wiech, K., 2008. Tactile discrimination, but not tactile stimulation alone, reduces chronic limb pain. *Pain* 137, 600e608.
- Myers, T.W., 1997. The 'anatomy trains'. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 1, 91e101.

- Neuberger, A., Slack, H., 1953. The metabolism of collagen from liver, bones, skin and tendon in normal rats. *The Biochemical Journal* 53, 47e52.
- Pollack, G.H., 2001. *Cells, Gels and the Engines of Life. A New, Unifying Approach to Cell Function.* Ebner and Sons Publishers, Seattle, Washington.
- Proske, U., Gandevia, S.C., 2009. The kinaesthetic senses. *Journal of Physiology* 587, 4139e4146.
- Reeves, N.D., Narici, M.V., Maganaris, C.N., 2006. Myotendinous plasticity to ageing and resistance exercise in humans. *Experimental Physiology* 91, 483e498.
- Renström, P., Johnson, R.J., 1985. Overuse injuries in sports. A review. *Sports Medicine* 2, 316e333.
- Sandkuehler, J., Chen, J.G., Cheng, G., Randic, M., 1997. Low-frequency stimulation of afferent A-delta-fibers induces long-term depression at primary afferent synapses with substantia gelatinosa neurons in the rat. *The Journal of Neuroscience* 17, 6483e6491.
- Sawicki, G.S., Lewis, C.L., Ferris, D.P., 2009. It pays to have a spring in your step. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 37, 130e138.
- Schleip, R., 2003. Fascial plasticity- a new neurobiological explanation. Part 1. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 7, 11e19.
- Schleip, R., Findley, T.W., Chaitow, L., Huijing, P. (Eds.), 2012a. *Fascia: The Tensional Network of the Human Body. The Science and Clinical Applications in Manual and Movement Therapies.* Churchill Livingstone, Edinburgh.
- Schleip, R., Duerselen, L., Vleeming, A., Naylor, I.L., Lehmann-Horn, F., Zorn, A., Jaeger, H., Klingler, W., 2012b. Strain hardening of fascia: static stretching of dense fibrous connective tissues can induce a temporary stiffness increase accompanied by enhanced matrix hydration. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 16, 94e100.
- Shrier, I., 2004. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature. *Clinical Journal of Sport Medicine* 14, 267e273.
- Sommer, A.P., Zhu, D., 2008. From microtornadoes to facial rejuvenation: implication of interfacial water layers. *Crystal Growth and Design* 8, 3889e3892.
- Staubesand, J., Baumbach, K.U.K., Li, Y., 1997. La structure fine de l'aponévrose jambière. *Phlebologie* 50, 105e113.
- Stecco, C., Gagey, O., Bellonic, A., Pozzuolia, A., Porzionato, A., Macchic, V., Aldegheria, R., De Caroc, R., Delmas, V., 2007. Anatomy of the deep fascia of the upper limb. Second part: study of innervation. *Morphologie* 91, 38e43.
- Stecco, C., Porzionato, A., Lancerotto, L., Stecco, A., Macchi, V., Day, J.A., De Caro, R., 2008. Histological study of the deep fasciae of the limbs. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 12, 225e230.
- Taimela, S., Kankaanpää, M., Luoto, S., 1999. The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position. A controlled study. *Spine* 24, 1322e1327.
- Tesarz, J., Hoheisel, U., Wiedenhofer, B., Mense, S., 2011. Sensory innervation of the thoracolumbar fascia in rats and humans. *Neuroscience* 194, 302e308.
- Witvrouw, E., Mahieu, N., Roosen, P., McNair, P., 2007. The role of stretching in tendon injuries. *British Journal of Sports Medicine* 41, 224e226.
- Wood, T.O., Cooke, P.H., Goodship, A.E., 1988. The effect of exercise and anabolic steroids on the mechanical properties and crimp morphology of the rat tendon. *American Journal of Sports Medicine* 16, 153e158.