

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA E FISIOTERAPIA**

**LUCAS MARTINS RODRIGUES**

**OS EFEITOS DA MOBILIDADE ARTICULAR COMO UM MÉTODO DO  
AQUECIMENTO ATIVO**

UBERLÂNDIA

2020

**LUCAS MARTINS RODRIGUES**

**OS EFEITOS DA MOBILIDADE ARTICULAR COMO UM MÉTODO DO  
AQUECIMENTO ATIVO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para a obtenção da conclusão de graduação em Licenciatura e Bacharelado em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Valdeci Carlos Dionisio.

UBERLÂNDIA

2020

**LUCAS MARTINS RODRIGUES**

**OS EFEITOS DA MOBILIDADE ARTICULAR COMO UM MÉTODO DO  
AQUECIMENTO ATIVO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Educação Física e Fisioterapia da Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para a obtenção da conclusão de graduação em Licenciatura e Bacharelado em Educação Física.

**Uberlândia, 22 de setembro de 2020.**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Orientador: Prof. Dr. Valdeci Carlos Dionisio (FAEFI/UFU)

---

Membro: Prof. Dr. Cristiano Lino Monteiro de Barros (FAEFI/UFU)

---

Membro: Prof. Dr. Frederico Tadeu Deloroso (FAEFI/UFU)

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e oportunidade de estar ao lado de pessoas que me apoiam e que me dão motivação para correr atrás dos meus sonhos.

Ao meu orientador por toda receptividade, disponibilidade, e pelas correções, serei eternamente grato por essa atenção e compreensão, qualidades que levarei como referência durante a minha trajetória profissional.

Agradeço a minha mãe que sempre esteve ao meu lado nas horas difíceis e de cansaço, e ao meu pai por toda contribuição durante os processos escolares e pela motivação em estudar.

Aos meus amigos que me acompanham desde o ensino médio, e a minha namorada pelos conselhos e incentivos diários.

Por fim, um agradecimento especial aos professores Cristiano e Frederico que se disponibilizaram em compor a minha banca, contribuindo de uma maneira enriquecedora para o meu desenvolvimento.

## RESUMO

**Tema:** A prática de movimentos direcionados para desenvolver uma maior mobilidade articular tem se tornado popular no pré-exercício juntamente aos benefícios do aquecimento ativo, a falta dessa capacidade física pode levar há alterações na função muscular e redução nos níveis de amplitude de movimento prejudicando o desempenho esportivo. Há poucos estudos que abordam a mobilidade e como ela se relaciona no pré-exercício, principalmente aos componentes e efeitos fisiológicos no desempenho, o que tem prejudicado o conhecimento teórico sobre o assunto e os estudos para uma boa estruturação de um aquecimento. **Objetivo:** Realizar uma revisão dos componentes fisiológicos básicos e suas adaptações relacionadas à mobilidade articular, e se a estruturação prévia aos esportes juntamente ao aquecimento seria apropriada para um bom desempenho. **Método:** A revisão foi realizada utilizando livros e artigos científicos em periódicos, na qual a busca de dados obtida foi realizada por meio das bases de dados PUBMED, LILACS e SCIELO. A combinação das palavras-chave na língua inglesa: joint, mobility, warm up, stretching, mobilization, e na língua portuguesa: articulação, mobilidade, aquecimento, alongamento e mobilização. **Resultados:** Esta revisão permitiu rever os aspectos fisiológicos e métodos que envolvem a preparação esportiva, já amplamente conhecida, mas também permitiu verificar que a mobilidade é importante para ajudar a melhorar o desempenho. As adaptações intra-articulares e neuromusculotendíneas foram relatadas, incluindo a estruturação da atividade de mobilidade no pré-exercício. **Conclusão:** Desse modo, devido aos benefícios imediatos que a mobilidade articular apresenta, pode ser considerado eficiente ao se associar com os efeitos dos protocolos que um aquecimento ativo promove no pré-exercício, em esportes e meios de treinamento que exigem principalmente de uma maior amplitude de movimento funcional, força e mudanças multidirecionais.

**Palavras-chave:** Mobilidade articular, mobilização, aquecimento, alongamentos.

## ABSTRACT

**Theme:** The practice of directed movements to develop greater joint mobility has become popular in the pre-exercise along with the benefits of active warm-up, the lack of this physical capacity can lead to changes in muscle function and reduced levels of range of motion impairing the sports performance. There are few studies that address mobility and how it relates in pre-exercise, mainly to the components and physiological effects on performance, which has impaired the theoretical knowledge on the subject and the studies for a good structuring of a warm-up. **Objective:** To carry out a review of the basic physiological components and their adaptations related to joint mobility, and whether the structuring prior to sports together with warming up would be appropriate for a good performance. **Method:** The review was carried out using books and scientific articles in journals, in which the search for data obtained was performed through the PUBMED, LILACS and SCIELO databases. The combination of keywords in English: joint, mobility, warm up, stretching, mobilization, and Portuguese: articulação, mobilidade, aquecimento, alongamento and mobilização. **Results:** This review allowed us to review the physiological aspects and methods that involve sports preparation, which are already widely known, but also made it possible to verify that mobility is important to help improve performance. Intra-articular and neuromusculotendinous adaptations have been reported, including structuring mobility activity for pre-exercise. **Conclusion:** Thus, due to the immediate benefits that joint mobility presents, it can be efficient when associated with the effects of the protocols that an active warm-up promotes in the pre-exercise, in sports and training means that require mainly a greater functional range of movement, strength and multidirectional changes.

**Keywords:** Joint mobility, mobilization, warm-up, stretching.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sutura entre os ossos do crânio.....	13
Figura 2 - Elementos associados a uma diartrose (articulação sinovial).....	14
Figura 3 - A relação de estresse e deformação de um ligamento estirado.....	19
Figura 4 - (a) Representação esquemática da contração muscular, (b) fotografia microscópica do encurtamento do sarcômero.....	21
Figura 5 - Vários tipos de terminações nervosas sensoriais somáticas. ....	25
Figura 6 - Adaptação dos diferentes tipos de receptores. ....	26
Figura 7 - Fuso Muscular e sua relação com as fibras musculares extrafusais. ....	29
Figura 8 - Órgão Tendinoso de Golgi.....	30
Figura 9 - Posições estáticas de alongamento para: (a) panturrilha, (b) isquiotibiais, (c) glúteos, e (d) quadríceps.....	42
Figura 10 - Técnica CR do FNP: (1) alongamento passivo do músculo em torno de 10s, (b) resistência ao alongamento do músculo e aplicação de força contra o movimento, (c) alongamento adicional do músculo alvo. ....	44
Figura 11 - Protocolo de alongamento dinâmico: (a) tibial posterior, (b, c) adutores, (d, e) iliopsoas, (f, g) quadríceps, (h, i) isquiotibial, e (j, k) glúteos.....	46
Figura 12 - Representações dos movimentos do FMS: (a) agachamento overhead, (b) degrau de obstáculo, (c) estocada em linha, (d) estabilidade rotativa, (e) elevação ativa da perna reta, (f) estabilidade do tronco (flexão de braços), (g) mobilidade do ombro.....	54
Figura 13 - 1) giros no tornozelo, 2) automobilização do tornozelo com elástico, 3) extensão total do quadril, 4) distração articular do quadril em posição quadrúpede, 5) girar e alcançar, 6) extensão da coluna torácica no rolo de espuma, 7) mobilidade da glenoumeral em decúbito lateral, 8) mobilidade glenoumeral com o bastão.....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM	Amplitude de movimento
ATP	Trifosfato de adenosina
ATPase	Adenosinatrifosfatase
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CR	Contração-relaxamento
CRAC	Contração-relaxamento contração-agonista
FC	Frequência Cardíaca
FMS	<i>Functional Movement Screen</i>
FNP	Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva
OTG	Orgão Tendinoso de Golgi
PA	Potencial de ação
Pcr	Creatina Fosfato
PPA	Potenciação pós-ativação
RV	Resistência Vascular
RVT	Relação velocidade-temperatura
SNC	Sistema Nervoso Central
TC	Temperatura corporal
TM	Temperatura muscular
TN	Temperatura do núcleo
UMT	Unidade músculo-tendínea
VE	Ventilação expirada
Vo <sub>2</sub> máx	Volume de oxigênio máximo



## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
2	<b>MÉTODO</b> .....	11
3	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	12
3.1.	<b>ARTICULAÇÃO</b> .....	12
3.1.1.	Cartilagem articular .....	14
3.1.2.	Fibrocartilagem .....	15
3.1.3.	Cápsula articular.....	16
3.1.4.	Ligamentos.....	16
3.1.5.	Líquido Sinovial.....	17
3.1.6.	Vasos sanguíneos e nervos sensoriais .....	17
3.2	<b>BIOMECÂNICA DOS TECIDOS</b> .....	18
3.3	<b>MÚSCULO: CIRCULAÇÃO E NEUROFISIOLOGIA</b> .....	22
3.4	<b>PROPRIOCEPÇÃO</b> .....	24
3.4.1.	Receptores Articulares.....	27
3.4.2.	Fuso Muscular.....	28
3.4.3.	Órgão tendinoso de Golgi .....	29
3.4.4.	Reflexos .....	30
3.5	<b>SISTEMA CARVIOVASCULAR E CARDIORRESPIRATÓRIO</b> .....	32
3.6	<b>AQUECIMENTO</b> .....	34
3.6.1.	Abordagem geral dos efeitos fisiológicos.....	35
3.7	<b>MÉTODOS DO PRÉ-EXERCÍCIO</b> .....	37
3.7.1	Aquecimento Geral Ativo .....	38
3.7.2.	Alongamentos: Flexibilidade.....	40
3.7.2.1.	Alongamento Estático.....	40
3.7.2.2.	Alongamento de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP).....	42
3.7.2.3.	Alongamento Dinâmico.....	44
3.7.3.	Aquecimento Específico.....	46
3.7.4.	Exercícios Alternativos.....	47
3.8.	<b>MOBILIDADE ARTICULAR</b> .....	49
3.8.1	Conceitos: Mobilidade e Flexibilidade.....	49

3.8.2.	Amplitude de Movimento .....	51
3.8.3	Método de Avaliação: <i>Functional Movement Screen</i> (FMS).....	52
3.8.4.	Exercícios .....	54
3.9.	EFEITOS DE MOBILIDADE ARTICULAR NO PRÉ-EXERCÍCIO.....	56
3.9.1.	Estruturação dos exercícios de mobilidade no pré-exercício .....	59
4	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	61
5	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	63

## 1 INTRODUÇÃO

A busca em iniciar as competições esportivas e os meios de treinamento em um estado preparatório ideal tem se tornado de grande importância no esporte para alcançar um bom desempenho, estando diretamente relacionada às técnicas de aquecimento. Em meio aos procedimentos prévios das atividades, é importante que as articulações, os tecidos conjuntivo e muscular e o sistema neural, estejam prontos para realizar diferentes padrões de movimentos, e a mobilidade articular estando associada à integridade da articulação e a flexibilidade, tem se tornado fundamental nesse processo (KISNER; COLBY, 2016).

A mobilidade é um conceito amplo definido como a habilidade das estruturas do corpo de se moverem ou serem movidas, permitindo que haja amplitude de movimento (ADM) para as atividades funcionais (KISNER; COLBY, 2016). Muitos esportes necessitam dessa capacidade física para garantir o sucesso atlético, e ao desenvolver a mobilidade por meio de exercícios específicos, ocorre uma melhora do funcionamento da cápsula articular, dos tecidos nas articulações e da propriocepção, gerando efeitos que irá contribuir na eficiência dos padrões de movimentos.

A falta dessa capacidade física pode ser ocasionada devido a alguns fatores miogênicos, como desuso, aumento da idade ou problemas de transição nervosa que ocasionam uma hipomobilidade, e podem até alterar as funções musculares (ERSOY U et al, 2018). Além disso, alguns autores defendem que procedimentos de mobilizar a articulação podem levar a melhorias agudas em indivíduos com funções neuromusculoesqueléticas intactas (MAKOFSKY et al, 2007; CRUZ-DIÀZ et al, 2020).

O problema associado à falta da mobilidade no esporte, é que muitas pessoas estão realizando atividades de alto nível, apesar de serem ineficientes em seus movimentos fundamentais. Por consequência, sem saber, esses indivíduos podem estar adicionando aptidão à disfunção, prejudicando o desempenho atlético e até ocasionando lesões em outras articulações, devido à realização de movimentos compensatórios (COOK, 2014). A prática de exercícios de mobilidade articular se tornou popular juntamente aos protocolos de aquecimento, que tem o propósito de elevar a temperatura corporal, mas pouco se sabe sobre como ocorre o desenvolvimento desses efeitos durante os movimentos específicos de mobilidade no pré-exercício.

Cabe aos treinadores à estruturação de um protocolo eficaz para atletas e praticantes saudáveis de esportes e meios de treinamento que envolva técnicas de uma boa mobilidade ao iniciar os exercícios principais. Sendo assim, é necessário conhecer sobre os aspectos fisiológicos que envolvem os fatores que podem melhorar esse desempenho no pré-exercício, já que a falta de fundamento teórico e evidências científicas sobre a mobilidade, tem se tornado um problema para a compreensão desse conceito, e de como seus efeitos ocorrem.

Portanto, o objetivo desse trabalho foi resgatar por meio de uma revisão da literatura os componentes fisiológicos básicos e suas adaptações relacionadas à mobilidade articular, e se a estruturação prévia as modalidades esportivas juntamente a outros protocolos que compõe um aquecimento ativo seria apropriado para um bom desempenho.

## **2 MÉTODO**

Segundo Lakatos e Marconi (2010), a pesquisa bibliográfica tem como finalidade colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto. Em outras palavras, tem a capacidade de emergir ou envolver o pesquisador em uma rede de conhecimentos a respeito dos assuntos relacionados ao tema que será pesquisado, e aprimorar a capacidade de crítica, interpretação, relação e conexão entre assuntos semelhantes.

Este tipo de pesquisa sendo uma narrativa é definido como “uma forma de entender a experiência” em um processo de colaboração entre pesquisador e pesquisado, e tem sempre um objetivo e foco (CLANDININ; CONNELLY, 2011). Observar, juntar as informações, buscando entender as experiências advindas se trata de querer compreender algum fenômeno de forma completa, e pode ser relacionado a um tipo de pesquisa denominada de qualitativa.

O trabalho desenvolvido aqui seguiu os preceitos de um estudo exploratório por meio de uma pesquisa bibliográfica com as seguintes etapas respectivamente apresentadas: seleção de um assunto abordado, leitura exploratória para consultar se a obra é de interesse para o trabalho, leitura seletiva e análise dos artigos seguindo critérios de exclusão e inclusão, seleção e registro das informações dos tópicos envolvidos, análise e interpretação dos resultados obtidos, e discussão sobre as coletas de informações. Foram utilizados livros sobre os assuntos relacionados e localizados principalmente na Biblioteca da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e artigos em periódicos, na qual a busca de dados obtida foi realizada

por meio do: PUBMED, LILACS e SCIELO com as palavras-chaves na língua inglesa: joint, mobility, warm up, stretching, mobilization e na língua portuguesa: articulação, mobilidade, aquecimento, alongamento e mobilização, com diferentes combinações. Quanto aos critérios de inclusão os estudos que foram selecionados são artigos que comparam diferentes métodos de aquecimento nos esportes e nos meios de treinamento, procedimentos de exercícios de mobilizações no pré-exercício, e revisões bibliográficas sobre aquecimento, dentre outros temas relacionados.

### **3 DESENVOLVIMENTO**

#### **3.1 ARTICULAÇÃO**

Para compreender sobre os efeitos fisiológicos básicos que envolvem a mobilidade articular e se os movimentos específicos que vão ser relatados demonstram ser apropriados na fase de aquecimento ativo, é necessário entender sobre: os componentes e sistemas importantes que estão associados na construção de uma maior mobilidade; métodos que já são mais utilizados, incluindo os exercícios específicos de mobilidade articular na preparação de movimento (pré-exercício); e por fim, os possíveis resultados do desempenho subsequente. Como o próprio nome já diz, o movimento de mobilidade articular é realizado na articulação, e com intuito de melhorar o desempenho das amplitudes ao se moverem.

Segundo Neumann (2011, p.28) uma articulação é a junção ou ponto de pivô entre dois ou mais ossos, e para entendermos como a movimentação do corpo ocorre por meio da cinesiologia é necessário ter uma base dos estudos que envolvem as articulações, denominado de artrologia. A classificação funcional das articulações tem relação com o grau de movimento que permitem, e as principais classificações são denominadas de sinartroses e diartroses.

Uma sinartrose (Figura 1) são articulações que possuem pouco ou quase nenhum movimento, e tem como função a ligação firme e a transmissão de força entre os ossos, são altamente compostas por tecido conjuntivo periarticular que reforça a articulação, elas são classificadas em articulações fibrosas e cartilaginosas. A articulação fibrosa geralmente possui alta concentração de colágeno e é estabilizada pelo tecido conjuntivo denso, como as suturas de um crânio, já a articulação cartilaginosa é estabilizada por formas variáveis de fibrocartilagem ou cartilagem hialina, frequentemente combinada a colágeno, são encontradas

na linha média do corpo, como na sínfise púbica, nas articulações entre os corpos da coluna vertebral e na articulação manubrioesternal (NEUMANN, 2011). Alguns autores preferem subdividir essa classificação em articulações também denominadas de anfiartroses para as semimóveis e cartilagosas.

Figura 1 - Sutura entre os ossos do crânio.



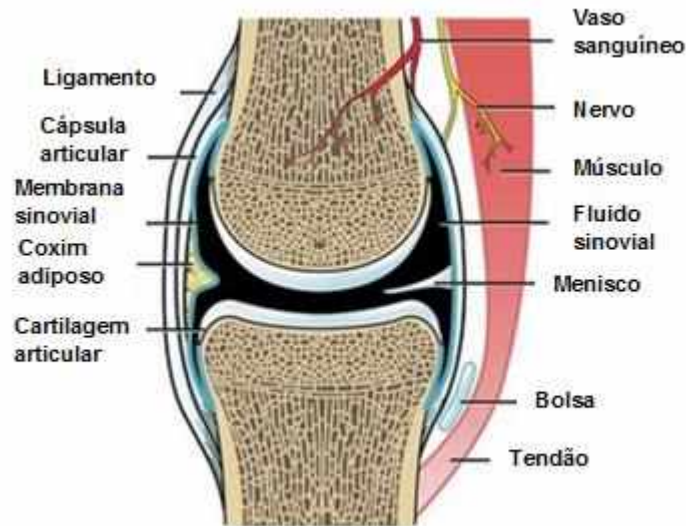
Fonte: TORTORA, G.J.; DERRICKSON, B. Princípios de anatomia e fisiologia. 14 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

A diartrose (Figura 2) é uma articulação que possui maiores movimentos compreendendo a maioria das articulações do sistema musculoesquelético e possui uma cavidade articular ou cavidade sinovial, preenchida por um fluido sinovial de grande importância para a movimentação de uma articulação, devido a isso são conhecidas também como articulações sinoviais (NEUMANN, 2011). Estas articulações são estruturadas para realizar movimento devido às extremidades ósseas irregulares pouco congruentes, que exibem vários elementos que se relacionam entre eles e que devem ser abordados para uma melhor compreensão dos efeitos quando associamos a mobilidade articular.

Esse movimento que ocorre entre as superfícies articulares é denominado de artrocinemática. Muitas superfícies articulares são pelo menos ligeiramente curva sendo uma relativamente convexa e a outra côncava, melhorando seu encaixe, dissipação das forças de contato, e ajudando a realizar três movimentos fundamentais: rolamento, deslizamento e giro (NEUMANN, 2011). Há evidências da utilização de exercícios ativos e passivos relatados nos últimos tópicos que são usualmente aplicados nos centros esportivos para aprimorar esses movimentos, além de procedimentos clínicos de mobilizações já adotados em pacientes. Sendo assim, analisando a articulação, podemos destacar alguns elementos principais que são

estimulados ao aplicar os procedimentos de mobilidade, como: cartilagem articular, fibrocartilagem, cápsula articular, ligamentos, fluido sinovial, vasos sanguíneos e nervos sensoriais.

Figura 2 - Elementos associados a uma diartrose (articulação sinovial).



Fonte: NEUMANN, D.A. Cinesiologia do Aparelho musculoesquelético: Fundamentos para Reabilitação. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

### 3.1.1. Cartilagem articular

A cartilagem é responsável por formar a superfície de suporte de carga das articulações, recobrendo as extremidades dos ossos articulares. Diferente da maioria das cartilagens hialinas encontradas no corpo, a cartilagem articular não possui pericôndrio que é uma camada de tecido conjuntivo denso modelado, ela é composta por um tecido avascular e aneural, formando superfícies ideais para o suporte de cargas. Os condrócitos localizados nas zonas da cartilagem articular são células responsáveis pela síntese da substância fundamental especializada e das proteínas fibrosas, que são materiais biológicos que formam os tecidos conjuntivos periarticulares, componentes que são constantemente removidos e fabricados. Estas células são banhadas e alimentadas por nutrientes contidos no fluido sinovial, e essa nutrição é facilitada quando há uma colocação intermitente de cargas sobre a articulação devido a uma ação e deformação da superfície articular (NEUMANN, 2011).

Os condrócitos são cercados por fibras de colágenos ligadas ao osso subcondral e formam uma rede que aprisiona os grandes complexos de proteoglicanas que são componentes da substância fundamental, dando maior estabilidade ao tecido. Estas grandes quantidades de proteoglicanas, atraem água, proporcionando um elemento único de rigidez à cartilagem articular, essa rigidez irá aumentar a capacidade de suporte de carga apresentada pela cartilagem (NEUMANN, 2011).

A cartilagem articular também distribui e dispersa as forças compressivas ao osso subcondral além de reduzir a fricção entre superfícies articulares, os movimentos articulares que podem ser desenvolvidos por exercícios de mobilidade, podem ser responsáveis por tornar esses efeitos da cartilagem mais eficaz durante a prática, dando mais suporte as cargas durante os movimentos, principalmente se o indivíduo estiver a algum tempo sem se movimentar. Portanto, apesar da cartilagem articular ser capaz de realizar uma manutenção normal e nutrição da matriz, reparar os danos significativos em cartilagens articulares de adultos é ruim, ou quase nulo (STANDRING, 2010).

### **3.1.2. Fibrocartilagem**

A fibrocartilagem tem a função de suportar e estabilizar mecanicamente as articulações na absorção de choques à cartilagem articular, a força tensora dos ligamentos e tendões, dissipando as cargas através de múltiplos planos (NEUMANN, 2011, p.39). É a combinação da cartilagem e do tecido conjuntivo denso, e compõe grande parte da substância dos discos intervertebrais, dos labros, e dos discos localizados na sínfise púbica, na articulação temporomandibular e em algumas articulações, além de ligamentos e tendões próximos às inserções no osso. Assim como a cartilagem articular, a fibrocartilagem não apresenta pericôndrio, não participando de nervos sensitivos a dor ou a propriocepção, e ela uma vez danificada, podem ser parcialmente reparadas nas áreas próximas as periferias vascularizadas, como no terço externo do menisco do joelho e nas lamelas mais externas dos discos intervertebrais (NEUMANN, 2011).



### **3.1.3. Cápsula articular**

Segundo Tortora e Derrickson (2016) a cápsula articular é responsável por envolver a articulação sinovial como uma luva, encerra a cavidade articular e une os ossos integrantes da articulação. A cápsula é composta por uma membrana fibrosa externa e uma membrana sinovial interna, a membrana fibrosa é composta por tecido conjuntivo denso que apoia os ossos, elas permitem movimentos consideráveis enquanto suas membranas com grande resistência a tração ajudam a evitar que os ossos se desloquem na articulação. A membrana sinovial interna também é composta por tecido conjuntivo, porém, de fibras mais elásticas da cápsula, e em muitas articulações sinoviais, a membrana possui acúmulos de tecido adiposo, chamados de corpos adiposos articulares e também apresentam células contidas neste tecido que produzem um fluido sinovial (STANDRING, 2010).

A cápsula articular é uma das estruturas mais importantes nos processos ao desenvolver maiores níveis de mobilidade, sendo que durante o exercício direcionado à articulação os tecidos capsuloligamentares são esticados mecanicamente melhorando a extensibilidade, o desempenho dos mecanorreceptores encapsulados, e a produção do fluido sinovial produzido pela membrana, porém, a eficiência em obter esses efeitos irá depender da maneira que o indivíduo irá aplicar as técnicas para desenvolver essa capacidade.

### **3.1.4. Ligamentos**

Os ligamentos são tecidos conjuntivos existentes entre os ossos que protegem as articulações aos movimentos excessivos. Eles podem se subdividir em ligamentos capsulares e extracapsulares. Os ligamentos capsulares são compostos por uma ampla lâmina de fibras que, quando tracionadas, resistem aos movimentos em dois ou três planos, e são espessamentos da cápsula articular, porém, excluídos da cavidade articular, como o ligamento cruzado anterior e posterior dos joelhos. Os ligamentos extracapsulares podem ser parcial ou completamente separados da cápsula articular, não se incluindo na cápsula como é o caso dos ligamentos colaterais mediais e laterais do joelho, e são orientados para manter o movimento em um ou dois planos (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

### 3.1.5. Líquido Sinovial

Essa substância nomeada pela sua similaridade com a clara de um ovo, de aparência clara ou amarela, é composta pelo ácido hialurônico polímero orgânico constituído de ácido glucurônico e N-acetilglucosamina ( $C_{14}H_{21}NO_{11}$ )<sub>n</sub>, produzido por células semelhantes aos fibroblastos que é considerado um determinante importante das propriedades viscoelásticas e de viscosidade (tixotrópicas - dependentes da taxa de fluxo), a tixotropia se refere à propriedade de um tecido tornar-se mais líquido depois do movimento, e retornar a sua rigidez, em estado de gel com o repouso, estão situados na membrana sinovial e de e líquido intersticial filtrado do plasma sanguíneo (WALSH E.G, 1992).

O líquido sinovial fornece oxigênio e nutrientes para os condrócitos na cartilagem articular e remove dióxido de carbono e resíduos metabólicos. A natureza pegajosa, viscosa, do líquido sinovial o capacita a persistir entre as superfícies de cartilagem durante mais tempo do que a água, que seria espremida para fora rapidamente. A lubrificação por película de líquido é ajudada por curvaturas levemente incongruentes, produzindo um espaço potencial cheio de líquido que se move à medida que a articulação se move, diminuindo sua viscosidade, garantindo maior facilidade do movimento e conseqüentemente uma maior mobilidade, já que o movimento articular realizado durante as atividades tornará mais fluído com o estímulo recebido (STANDRING, 2010; NEUMANN, 2011; TORTORA; DERRICKSON, 2016).

### 3.1.6. Vasos sanguíneos e nervos sensoriais

Muitos componentes da articulação são avasculares, mas alguns vasos sanguíneos com capilares penetram a cápsula articular de forma profunda, entre a camada fibrosa articular e a membrana sinovial, além de penetrar também os ligamentos. O dióxido de carbono e os resíduos passam dos condrócitos da cartilagem articular para o líquido sinovial e logo após para as veias onde são removidos, já o dióxido de carbono e os resíduos de todas as outras estruturas articulares passam diretamente para as veias. Os condrócitos na cartilagem articular de uma articulação sinovial recebem oxigênio e nutrientes do líquido sinovial derivado do sangue; todos os outros tecidos articulares são supridos diretamente por capilares (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

As terminações nervosas contidas na cápsula articular e nos ligamentos são responsáveis por enviar informações de dor, e ao grau de movimento e estiramento da articulação que são conduzidos para a medula espinhal e para o encéfalo para serem processadas (TORTORA; DERRICKSON, 2016). A medula espinhal e o encéfalo respondem enviando impulsos por diferentes nervos para os músculos com objetivo de ajustar os movimentos, essas conexões neurais e os reflexos são responsáveis pela produção de uma maior mobilidade junto às capacidades fisiológicas dos tecidos, e ao iniciar uma atividade principal é interessante que esses movimentos relacionados à atividade estejam ajustados segundo a especificidade da modalidade esportiva que irá ser desempenhada, entender como os tecidos se comportam durante essa prática é o próximo passo.

### **3.2 BIOMECÂNICA DOS TECIDOS**

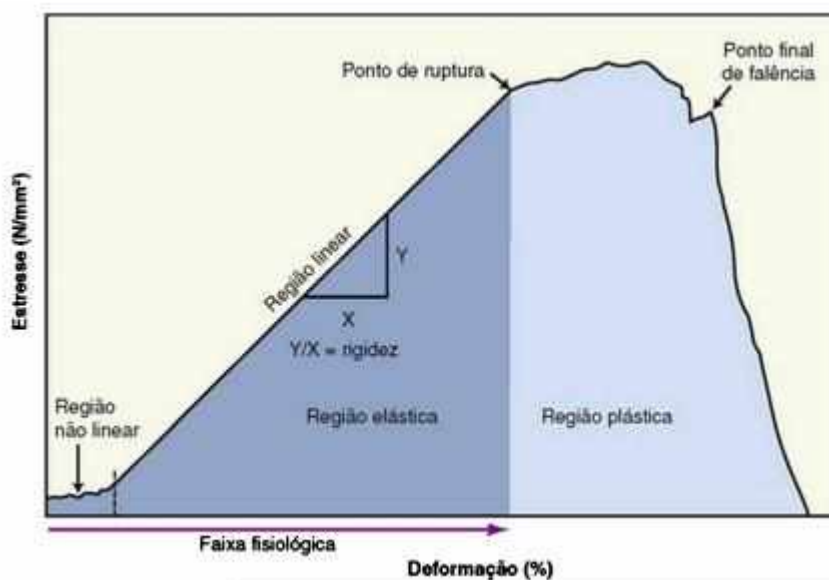
Existem somente quatro tipos de tecidos no nosso corpo: tecido conjuntivo, muscular, nervoso e epitelial. O tecido conjuntivo é responsável por formar a estrutura básica das articulações como vimos acima e também são denominados de tecidos conjuntivos periarticulares, cada estrutura apresenta diferentes proporções, composições, e dispersão desses materiais, que são as proteínas fibrosas, substância fundamental e células. A junção desses materiais propõe funções mecânicas e fisiológicas únicas a essas estruturas, responsáveis por coordenar todo o movimento humano (NEUMANN, 2011). Os tecidos conjuntivo e muscular são fundamentais nas técnicas para desenvolver uma boa mobilidade, além de outras capacidades físicas, por possuírem rápidas adaptações, que é possível analisar mais adiante e que podem ser aproveitadas de maneira eficiente e necessária antes de realizar um exercício físico principal, por meio dos alongamentos, aquecimentos e outros métodos na preparação esportiva.

A capacidade dos tecidos conjuntivos periarticulares de receber e dispersar uma carga pode ser analisadas por meio de gráficos. O tecido em sua fase inicial estendido apresenta uma região elástica, ou zona elástica, que é onde ocorre a capacidade do tecido de após sofrer uma força deformadora de distensão retornar ao seu comprimento original. Até mesmo em um sentido estático, a energia elástica que ocorre durante esse período de distensão e após esse período é liberada, pode trabalhar nas articulações realizando importantes funções de estabilização da articulação. Quando o tecido ultrapassa seu limite fisiológico denominamos de ponto de ruptura, e é onde ocorrem deformações plásticas, já que ocorrem falências

microscópicas tornando o tecido permanentemente deformado por certo período, e diferentemente da energia elástica a energia plástica não se recupera facilmente, e se há uma continuação desse estiramento é possível chegar à falência final, onde a uma separação do tecido e capacidade de suportar qualquer nível de tensão (NEUMANN, 2011).

Os tecidos importantes envolvidos no processo de mobilidade se alteram em função do tempo por meio da curva de estresse e deformação (Figura 3) após os procedimentos dos exercícios, as propriedades são denominadas de viscoelásticas, que é representada em muitos tecidos do sistema musculoesquelético, e a deformação, diferente do que ocorre na deformação plástica é representada como um fenômeno desses tecidos. Essa deformação é reversível e é determinada a uma distensão progressiva apenas em um determinado período. A natureza dos tecidos conjuntivos viscoelásticos também protegem as estruturas das articulações pelo fato de tornarem a cartilagem articular mais rígida em uma corrida, por exemplo, quando há uma taxa de compressão essa rigidez da cartilagem elevada leva a maior proteção do osso em um momento que as forças atuantes nas articulações são maiores, podendo sustentar aos impactos com uma maior facilidade (NEUMANN, 2011).

Figura 3 - A relação de estresse e deformação de um ligamento estirado.



Fonte: NEUMANN, D.A. Cinesiologia do Aparelho musculoesquelético: Fundamentos para Reabilitação. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

Os tecidos viscoelásticos apresentam algumas propriedades, segundo Fung (1984), quando um material é subitamente deformado a deformação é mantida constantemente após um período, a tensão aplicada no material diminui com o tempo (tempo de relaxação), é denominado também de relaxamento por estresse. O “efeito creep” é a contínua deformação do tecido durante a aplicação de uma força constante, e a outra propriedade é a “histerese” que consiste no acúmulo de energia elástica, quando alongamos o tecido viscoelástico parte é convertida em calor, diferente do material completamente elástico (TAYLOR et al, 1990). Além da influência na cartilagem articular a modificação das propriedades viscoelásticas por meio dos alongamentos e procedimentos de mobilidade irá permitir uma maior ADM, que é uma das grandes importâncias das aplicações desses métodos no pré-exercício, permitindo que os praticantes iniciem os movimentos nos exercícios, com uma melhor capacidade de amplitude.

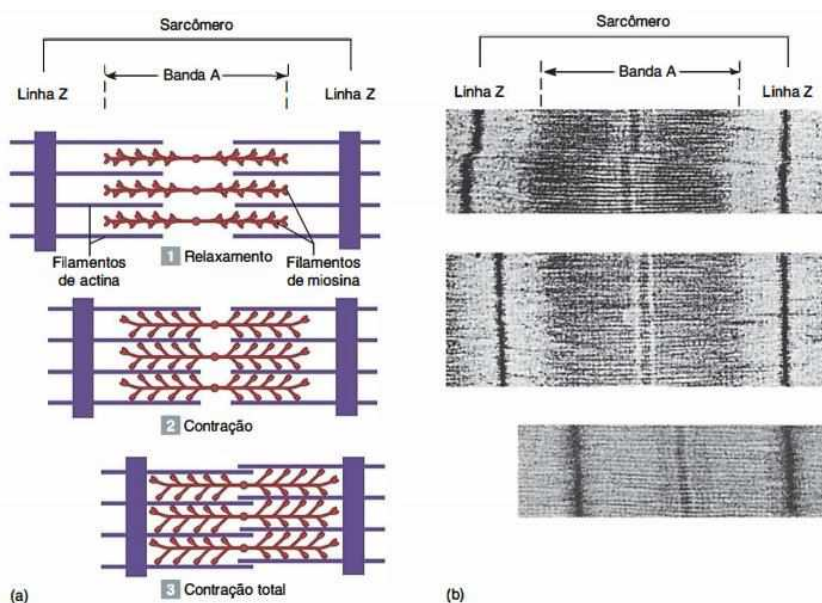
Durante as atividades físicas muitos tecidos irão sustentar o corpo, mas apenas o músculo é capaz de se adaptar as forças externas de maneira aguda e crônica, responsáveis pela estabilização e o movimento das estruturas esqueléticas, eles estão acoplados tanto a mecanismos internos quanto a mecanismos externos. O músculo é composto por fibras musculares, e a unidade de cada fibra é denominada de sarcômero que é o gerador de força do músculo, este tecido possui proteínas contráteis como a actina e miosina, responsáveis pelo encurtamento das fibras, gerando uma força ativa, e proteínas não contráteis, como a titina e a desmina, proteínas estruturais que são responsáveis por gerar um papel importante na transmissão de força, gerando tensão passiva quando estiradas e dando suporte às fibras musculares e nos seus alinhamentos (NEUMANN, 2011).

Além dessas proteínas há o tecido conjuntivo extracelular denominado também de componentes elásticos, formados por colágeno e elastina que dão suporte as proteínas contráteis do músculo e é um dos componentes elásticos paralelos, sendo os componentes em seriados, os tendões e as proteínas estruturais. Os tecidos conjuntivos extracelulares são classificados como proteínas não contráteis, proporcionam suporte estrutural e elasticidade no músculo, e são divididos em três conjuntos principais: o endomísio que cerca cada fibra muscular, o perimísio que agrupa conjuntos de fibras musculares individuais em fascículos, e o epimísio que cerca toda superfície de um ventre muscular e o separa dos demais músculos (NEUMANN, 2011). Uma camada mais externa que vem sendo estudada recentemente é denominada de fásia muscular, que é um tecido conjuntivo espesso e pouco elástico que reveste os músculos, ossos, órgãos, nervos e vasos que se estende da cabeça aos pés em uma

rede tridimensional ininterrupta, com a função de adaptar às forças mecânicas, pois as fibras que constituem esse tecido são ordenadas ou reordenadas no sentido da força atuante sobre elas (FINDLEY, 2009). Há relato de muitos procedimentos denominados de liberação miofascial que são incluídos no pré-exercício ou na recuperação.

As fibras musculares contraem por meio do encurtamento de suas miofibrilas, isso resulta na diminuição da distância entre uma linha Z e outra, para entender os detalhes sobre como ocorre à contração muscular é necessário observar a estrutura microscópica da miofibrila (Figura 4). Observe que as "cabeças" das pontes cruzadas de miosina estão orientadas na direção da molécula de actina, esses filamentos de actina e miosina deslizam uns nos outros durante a contração muscular, em decorrência da ação de numerosas pontes cruzadas que se estendem como "braços" a partir da miosina e se prendem à actina. A ligação da ponte cruzada de miosina à actina resulta em uma orientação de pontes cruzadas, de tal modo que estas conseguem puxar a actina de cada lado e levá-la em direção ao centro. Esse "puxão" da actina sobre a molécula de miosina ocasiona o encurtamento do músculo e gera força muscular, a energia para a contração muscular é obtida da quebra do Trifosfato de adenosina (ATP) pela enzima miosina adenosinatrifosfatase (ATPase) que está localizada na "cabeça" da ponte cruzada de miosina (POWERS, S.K.; HOWLEY E.T, 2014).

Figura 4 - (a) Representação esquemática da contração muscular, (b) fotografia microscópica do encurtamento do sarcômero.



Fonte: POWERS, S.K.; HOWLEY, E.T. Fisiologia do exercício: Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. 8ª ed. Barueri: Manole, 2014.

De modo específico, quando falamos em fibras musculares podemos classificar em duas categorias gerais: (1) fibras de contração lentas, do tipo I; e (2) fibras de contração rápidas, de tipo II. O músculo humano possui apenas um tipo de fibra muscular lenta (tipo I), porém existem duas subcategorias de fibras musculares rápidas tipo II: as fibras do tipo IIa, e as fibras de tipo IIx. Embora alguns músculos sejam compostos predominantemente por fibras rápidas ou por fibras lentas, a maioria dos músculos do corpo contém uma mistura de tipos de fibras lentas e rápidas, e a prevalência de um tipo de fibra está associada à genética, por níveis sanguíneos de hormônios e por hábitos de exercício do indivíduo. Do ponto de vista prático, a composição de fibras dos músculos esqueléticos exerce papel importante no desempenho dos eventos que envolvem potência como é o caso das fibras de contrações rápidas, e um esporte como exemplo é o levantamento de peso olímpico, e em resistência aeróbica de fibras lentas podemos citar como exemplo o ciclismo (POWERS, S.K.; HOWLEY E.T, 2014).

### **3.3 MÚSCULO: CIRCULAÇÃO E NEUROFISIOLOGIA**

Além da capacidade exclusiva de se adaptar as forças externas, segundo Powers e Howley (2016, p.209) o músculo tem uma capacidade de adaptar seu próprio fluxo sanguíneo de forma proporcional às necessidades metabólicas. Na fase de preparação esportiva, ocorre uma autorregulação, ou seja, uma vasodilatação no músculo que irá começar a ser exercitado, regulando assim o fluxo sanguíneo e acarretando modificações, como reduções da tensão de oxigênio, e elevações de tensões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), e das concentrações de óxido nítrico, potássio e adenosina, além de uma diminuição no pH. Essas alterações ocorrem juntas para causar vasodilatação das arteríolas que nutrem o músculo durante o exercício, diminuindo a Resistência Vascular (RV) e aumentando o fluxo, como resultado pode ocorrer um aumento de 15 a 20 vezes do que o repouso, além da vasodilatação combinar como recrutamento dos capilares, já que 10 a 80% dos capilares do músculo em repouso estão abertos, e durante o exercício aumenta deixando quase todos (POWERS, S.K.; HOWLEY E.T, 2014). Isto é regulado pela necessidade metabólica, e pela intensidade do exercício, ou seja, se um número menor de unidades motoras for recrutado, o fluxo sanguíneo será menor para o músculo.

No tecido muscular, paralelamente as fibras musculares podemos localizar artérias e veias que se dividem em arteríolas, capilares e vênulas e circundam dentro e ao redor do endomísio, garantindo um suprimento adequado de sangue oxigenado para o tecido e a

remoção de dióxido. Durante um exercício intenso algumas alterações ocorrem no músculo, como um aumento de cerca de 70 vezes da captação de oxigênio, indo para aproximadamente 11 ml por 100g por minuto, ou um volume de oxigênio máximo ( $Vo_2$ ) muscular total de 3400 ml/min. O leito vascular local conduz grande quantidade de sangue para atender as demandas (POWERS, S.K.; HOWLEY E.T, 2014).

Para ocorrer à preparação esportiva e o exercício intenso, o músculo inicialmente será exercitado de uma forma gradual durante as atividades, e os neurônios motores alfas são responsáveis por gerar esses impulsos elétricos para que isso ocorra, dando procedimento a ativação inicial. O corpo celular desses neurônios está localizado no corpo ventral (anterior) da medula espinhal se conectando as múltiplas fibras musculares e o conjunto de um neurônio e sua família de fibras é denominado de unidade motora. A excitação desses neurônios se origina de muitas fontes, incluindo neurônios corticais descendentes, interneurônios medulares e outros neurônios aferentes sensoriais. Cada uma dessas fontes ativa um neurônio motor alfa, e esse processo envolve a somatória de impulsos concorrentes de inibição e excitação, os íons fluem pela membrana celular e produz um sinal elétrico (potencial de ação) que se propaga pelo axônio do neurônio motor alfa até a placa motora terminal, na junção neuromuscular, elevando as taxas de ativação sequencial ou codificação de taxa, ocorrendo uma contração muscular, e formando um mecanismo do aumento de força (NEUMANN, 2011).

A codificação de taxa ocorre após o recrutamento, à força produzida pelas fibras é modulada pela taxa de produção dos potenciais de ação subsequentes. Quando uma unidade motora é recrutada pela primeira vez tem uma frequência de disparo de cerca de 10 potenciais de ação por segundo (10 Hz), com o aumento da excitação e uma contração forte a taxa pode aumentar a 50 Hz. Uma vez que a contração frequentemente é maior que o intervalo entre os disparos de potenciais, é possível que diversos disparos subsequentes sejam iniciados durante a contração inicial (NEUMANN, 2011).

O recrutamento e as taxas de codificação operam simultaneamente durante o aumento de força muscular e são as duas principais estratégias para ativar neurônios motores. O recrutamento durante uma fase excêntrica tem uma força relativamente maior gerada por cada ponte cruzada conseqüentemente o número de unidades motoras recrutadas é menor para a mesma força durante a fase concêntrica, assim, irá necessitar de um maior número de unidades motoras para a produção da mesma força que a ativação excêntrica. Essas estratégias



e as unidades motoras nos permitem dosar a produção de força com poucas taxas de inervação de fibras musculares por axônio o que se dá por movimentos finos, com poucas unidades sendo recrutadas, ou também, por movimentos grossos, com muitas unidades sendo recrutadas (NEUMANN, 2011).

As articulações influenciam a ativação da unidade motora devido ao fato de estimular mecanicamente por meio do movimento receptores capazes de inibir ou facilitar o tônus muscular por meio de reflexos sensoriais, interferindo na função muscular que o indivíduo irá desempenhar no momento da atividade (WARMERDAM. A, 1999). O exercício de mobilidade é capaz de reverter possíveis processos inibitórios que podem atrapalhar o desempenho dos reflexos, melhorando o desempenho da propriocepção, e assim aumentando a consciência corporal, que é um dos pontos mais importantes quando o assunto se trata de mobilidade articular.

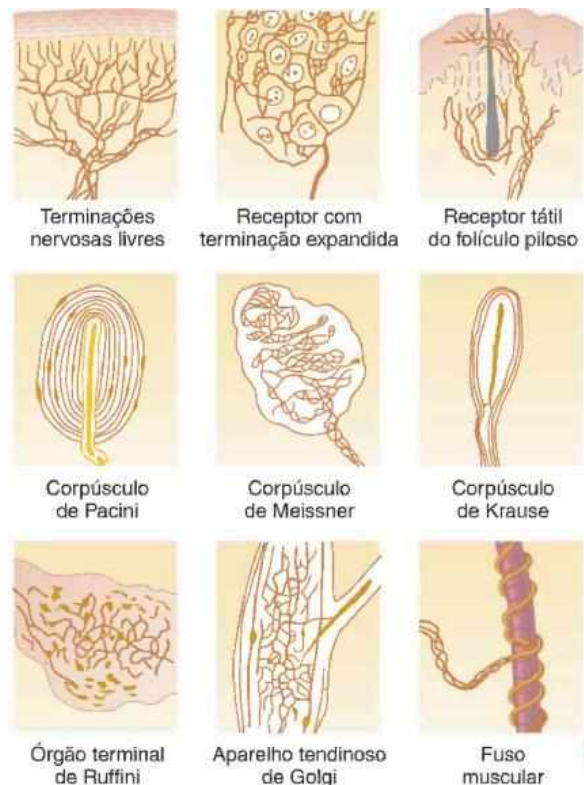
### **3.4 PROPRIOCEPÇÃO**

Segundo Lent (2010) a propriocepção é a nossa capacidade de perceber os movimentos dos membros e do corpo em geral mesmo de olhos fechados, sabendo exatamente em que posições estão às diversas partes do nosso corpo. É claro que utilizamos dos sentidos para que isso ocorra, e os receptores proprioceptivos são eficazes enquanto a isso nas suas conexões do sistema nervoso central (SNC), estão situados nos músculos, tendões e nas cápsulas articulares, e são fibras aferentes que fazem parte de pequenos órgãos sensitivos entre eles os principais denominados de fusos musculares e órgãos tendinosos de Golgi (OTG).

É por meio da propriocepção que verificamos todas as ações motoras realizadas nos movimentos e sua progressão, nos preparando e adaptando para ações subsequentes que vão contribuir para um controle postural dinâmico e estático, provocando um efeito de aprendizado, ou até mesmo tornando os movimentos mais eficientes. O exercício de mobilidade é um dos métodos de treinamento que pode melhorar a capacidade proprioceptiva, porém, a ocorrência de lesões, imobilizações, fadiga muscular, pode diminuir a propriocepção e aumentar as probabilidades de lesões, além de outros fatores como: aumento da idade, do grau de esforço físico e fadiga.

Durante o movimento articular, cargas de deformações são produzidas nos tecidos moles e nas articulações, esses tecidos são inervados por milhares de mecanorreceptores que são fundamentais para a transmissão da deformação mecânica por meio de sinais elétricos para o sistema nervoso central, que recebe a intensidade e a frequência dos impulsos, analisando a posição articular. Hall e Guyton (2011) destacam outros receptores além do OTG e dos fusos musculares, como: terminações nervosas livres, receptores com terminações expandidas, receptores tátil do folículo piloso, corpúsculo de Pacini, corpúsculo de Meissner, corpúsculo de Krause, e órgão terminal de Ruffini, eles são responsáveis por captar esses episódios de movimento, desencadeando vários potenciais de ação ao SNC (Figura 5).

Figura 5 - Vários tipos de terminações nervosas sensoriais somáticas.



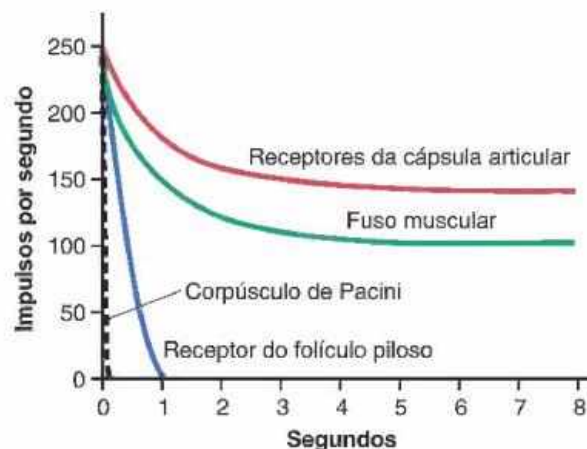
Fonte: HALL, J.E; GUYTON, A.C. Guyton & Hall tratado de fisiologia médica. 12 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

Estes receptores dentre outros podem ser excitados de várias maneiras, como uma deformação mecânica que distende a membrana dos receptores e abre canais iônicos, por meio da aplicação de substâncias químicas, a alteração da temperatura da membrana que altera a permeabilidade da membrana, e pelos efeitos da radiação eletromagnética. Numerosas

classificações foram estabelecidas por vários autores em relação aos mecanorreceptores ao longo dos anos, Freeman e Wyke (1967) classificaram em quatro tipos de terminações nervosas, de acordo com a composição morfológica das células nervosas, determinando arbitrariamente tipos (I a IV) das estruturas encontradas, e suas classificações ainda são as mais utilizadas nos estudos.

Os receptores do tipo I são globulares ou corpúsculos ovóides encapsulados, função de adaptação lenta, denominados terminações de Ruffini, e corpúsculos de Meissner. Os receptores do tipo II são alongados, formato cônico, função de adaptação rápida, denominados corpúsculos de Pacini e corpúsculos de Krause. Os receptores do tipo III são fusiformes, função de adaptação lenta, denominados terminações de Golgi e corpúsculos de Golgi-Mazzoni. Os receptores do tipo IV são terminações relativamente indiferenciadas não corpusculares, compostas por filamentos nervosos amielínicos, divididos em terminações nervosas livres (responsáveis pela dor) e terminações eferentes amielínicas (responsáveis pela inervação vasomotora) (FREEMAN M.A.R; WYKE B, 1967). Uma das características desses receptores é que eles se adaptam, de forma parcial ou completa depois de algum estímulo, e com velocidades diferentes (Figura 6), os receptores de adaptações lentas continuam a transmitir impulsos durante todo tempo enquanto o estímulo estiver presente informando constantemente sobre o estado do corpo, diferente dos receptores de adaptação rápida que são estimulados apenas quando a força do estímulo se altera.

Figura 6 - Adaptação dos diferentes tipos de receptores.



Fonte: HALL, J.E; GUYTON, A.C. Guyton & Hall tratado de fisiologia médica. 12 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

Se a velocidade com que ocorrem algumas alterações nas condições do organismo for conhecida, podem-se prever quais serão essas condições em alguns segundos, ou até mesmo minutos mais tarde. Os receptores localizados nas articulações ou próximos delas ajudam a detectar as velocidades dos movimentos em diferentes partes do corpo, por exemplo, quando alguém está correndo, os receptores de adaptação rápida das articulações permitem ao sistema nervoso prever onde os pés estarão durante frações precisas do próximo segundo. Dessa forma, os sinais motores apropriados poderão ser transmitidos para os músculos das pernas para fazer as correções antecipatórias necessárias na sua posição para que a pessoa não caia (HALL; GUYTON, 2011).

Os sinais sensoriais de movimento, posição, precisam transmitir informações rápidas, principalmente durante a realização de alguma prática esportiva que envolva força rápida, velocidade, e movimentos multidirecionais. As fibras nervosas apresentam diâmetros variando de 0,5 a 20 micrômetros, e quanto maior o diâmetro, maior a velocidade de condução que varia entre 0,5 e 120 m/s, alguns receptores mais rápidos dos tipos I, II e III variam em torno de 30 a 120 m/s, já as fibras amielínicas conduzem os impulsos de velocidade mais baixa e geralmente estão relacionadas à dor prolongada (HALL; GUYTON, 2011). É necessário entender mais sobre os receptores já que são fundamentais, e são estimulados por meio da aplicação de exercícios de mobilidade, ocorrendo à distensão mecânica, uma das formas citadas para excitar os receptores.

#### **3.4.1. Receptores Articulares**

Os corpúsculos de Pacini (tipo II) são caracterizados como receptores de movimento, são localizados nas camadas mais profundas da cápsula articular fibrosa e na borda do tecido sinovial, reagem rapidamente e informam sobre as rápidas deformações que ocorrem, mas não podem ser usados para transmitir sinal contínuo já que são estimulados apenas quando a força do estímulo se altera, e a pressão súbita aplicada excita esse receptor por alguns milissegundos, esses receptores são considerados fásicos sendo sensíveis a estímulos vibratórios rápidos. Os corpúsculos de Meissner (tipo I) são semelhantes em forma e função, porém, são localizados na borda da derme com a epiderme e são sensíveis a estímulos vibratórios lentos (tônicos) (LENT, 2010; HALL; GUYTON, 2011).

Os receptores de Ruffini (tipo I) são corpúsculos de adaptações lentas, situados na camada externa da cápsula e diferente dos receptores acima são tônicos e não são sensíveis a estímulos vibratórios, porém, respondem a pequenos limiares de tensão em todas as posições articulares (LENT, 2010). Estes receptores são estáticos e dinâmicos e quando os exercícios para melhorar a mobilidade são aplicados causando maior tensão na cápsula articular sua frequência de disparo é aumentada proporcionalmente ao grau de alteração na cápsula, preparando a articulação e os movimentos para desenvolver uma melhor direção e inibir a atividade de alguns músculos que não vão ser necessários em um movimento específico.

Os corpúsculos de Golgi-Mazzoni (tipo III) também possuem uma adaptação lenta são localizados na superfície interna da cápsula articular, nos ligamentos e são sensíveis a cápsula em um plano perpendicular respondendo a altas cargas na articulação (FREEMAN M.A.R; WYKE B, 1967). As terminações livres (tipo IV) são as mais simples, pois são pequenas arborizações terminais na fibra sensorial, presentes em toda pele e quase todos tecidos do organismo, incluindo a cápsula e vasos sanguíneos, são tônicos e responsáveis pelas sensações de dores, temperatura, e propriocepção (LENT, 2010).

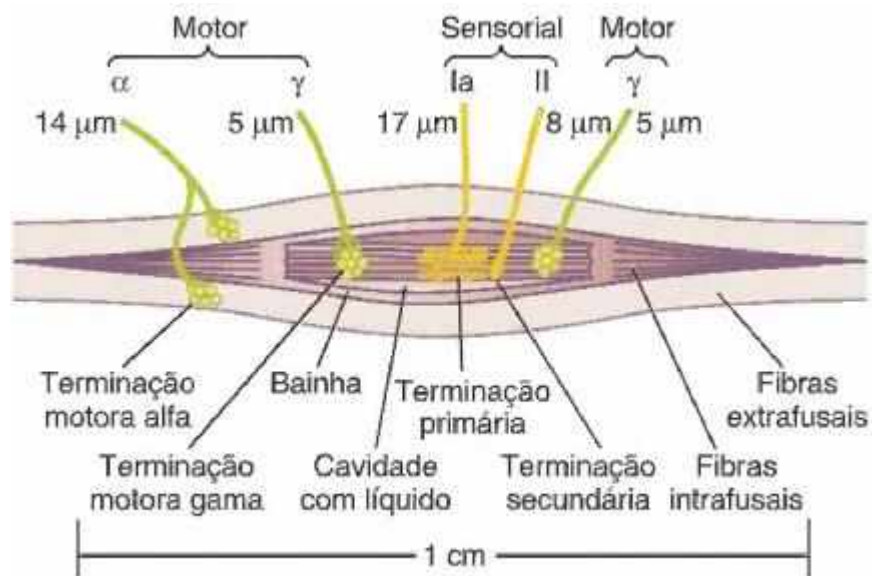
### **3.4.2. Fusos Musculares**

Os fusos musculares (Figura 7) estão cobertos por uma bainha de tecido conjuntivo, contêm tipos especializados de fibras musculares denominadas fibras intrafusais inervadas por motoneurônios gama, e estão localizados em paralelo as fibras musculares comuns ou fibras extrafusais inervadas por motoneurônios alfa, duas fibras aferentes sensoriais e uma fibra eferente controlam os fusos. Os fusos detectam as variações de comprimento pelo aumento e diminuição de amplitude e pela aplicação de um peso, as fibras intrafusais e extrafusais são estiradas causando uma tensão mecânica aferente IA que inerva o fuso, disparando potenciais de ação que são conduzidos a medula, os neurônios motores alfa transmitem um impulso nervoso reflexo para o músculo, causando uma contração, ou encurtamento do músculo estirado.

Outros neurônios inibem a ativação dos músculos antagonistas do músculo estirado de modo que eles não interfiram no encurtamento reflexo desejado do músculo agonista caso não ocorra uma contração solidária das fibras intrafusais, o encurtamento como um todo resultará

em um “bambeamento” dos fusos musculares, em consequência nos desaparecimentos desses potenciais, é conhecido como “período silente”, porém, essa situação problema pode ser contornada pelos fusimotores beta que ativam as fibras extrafusais e intrafusais e fazem com que elas se contraem solidariamente (LENT, 2010).

Figura 7 - Fuso Muscular e sua relação com as fibras musculares extrafusais.

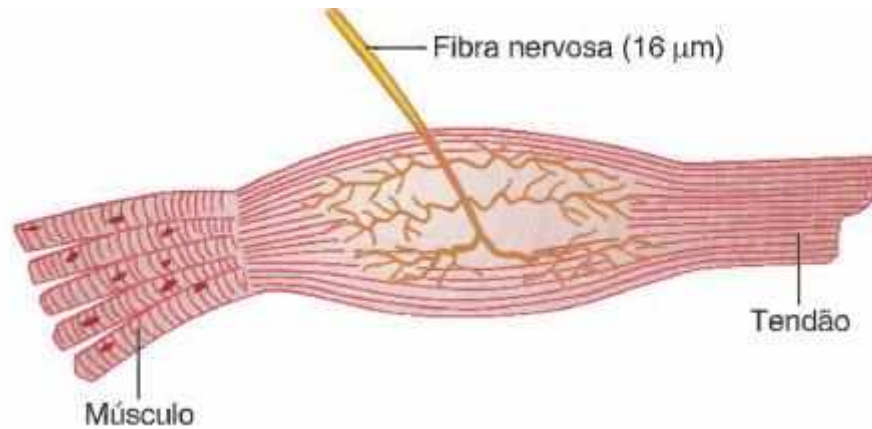


Fonte: HALL, J.E; GUYTON, A.C. Guyton & Hall tratado de fisiologia médica. 12 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

### 3.4.3. Órgão tendinoso de Golgi

O órgão tendinoso de Golgi (Figura 8) apresenta várias diferenças quando comparados aos proprioceptores dos fusos musculares, por exemplo: se conectam as fibras extrafusais nos tendões, próximo a inserção do tendão com o músculo, são encapsulados com uma rede de fibras colágenas que se entrelaçam nas ramificações de fibras aferentes tipo Ib e são compostos em série e não em paralelos. O OTG é informado quando ocorre uma contração isométrica já que detectam diferenças muito mais nas tensões dos músculos do que na variação do comprimento do músculo. Quando estimulamos uma tensão muscular excessiva ocorre uma inibição reflexa pela medula espinhal após receber a informação do nível de tensão exacerbado, a fim de proteger o músculo (LENT, 2010).

Figura 8 - Órgão Tendinoso de Golgi.



Fonte: HALL, J.E; GUYTON, A.C. Guyton & Hall tratado de fisiologia médica. 12 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

#### 3.4.4. Reflexos

Algumas pessoas acreditam que os reflexos, são apenas movimentos eventuais, automáticos e quase acidentais que ocorrem em resposta a um estímulo sensorial, mas eles estão sempre em ação nos diferentes aspectos da motricidade, como o comprimento dos músculos nas atitudes posturais, no movimento, e as forças que cada grupo muscular exerce nas contrações. Eles são classificados ao estímulo de origem, principal músculo envolvido, natureza da estimulação produzida e o seu circuito neural (arco reflexo) (LENT, 2010). Os exercícios de mobilidade e os efeitos imediatos tem relação direta com os reflexos, sendo essas respostas responsáveis para a preparação de movimentos complexos subsequentes por meio da estimulação dos mecanorreceptores, o local de estimulação irá determinar os músculos que responderão, seja contraindo ou relaxando, e a força do estímulo determina a força e a duração da resposta, essas conclusões são fundamentais do funcionamento dos reflexos (LENT, 2010).

Um exemplo de um arco reflexo seria o reflexo patelar, bastante utilizado em avaliações neurológicas, a projeção brusca da perna após a percussão do ligamento da patela no joelho, em exames, provocadas com um martelo do médico. A maioria desses reflexos miotáticos são extensores e antigravitórios, fornecendo um arcabouço motor para a sustentação postural, como em uma queda, onde pela postura bípede os extensores da perna são ativados, sua característica central é a contração de um músculo em resposta ao seu

próprio estiramento (LENT, 2010). Esse reflexo é importante na prática de esportes multidirecionais, e garantir um bom nível de disparo por meio de um aquecimento específico, ou pelos exercícios de mobilidade antes de uma competição poderá influenciar na tarefa de um goleiro, por exemplo, ao ajustar a sua postura modificando o tônus muscular e preparando para receber um pênalti, com o tônus muscular aumentado será mais fácil arremessar sobre a bola que vem em alta velocidade.

O circuito básico do reflexo miotático é monossináptico, ou seja, contato direto entre o neurônio aferente (sensorial) e o neurônio eferente (motor). A informação desse modo incide diretamente ao ordenador, portanto, a outros circuitos envolvidos no ato reflexo, por exemplo, para que ocorra uma projeção da perna com a contração do quadríceps, é necessário inibir outro grupo de músculos que se movem na mesma articulação em sentido oposto, que são os antagonistas, se não ocorre uma inibição desses músculos iria ocorrer uma oposição á contração do quadríceps atrapalhando a movimentação. Os músculos opostos compartilham da mesma informação aferente, portanto com ações diferentes, de ativação e inibição, é denominado de princípio da inervação recíproca (LENT, 2010).

O miotático inverso consiste no relaxamento de um músculo submetido a uma força contrátil forte, e o circuito envolvido nesse reflexo envolve o como primeiro elemento o receptor OTG, cujas fibras aferentes Ib são ativadas quando o músculo é submetido a tensões acima de um certo valor que se comunica com o tendão, onde localiza o receptor. Na extremidade dessas fibras ocorrem potenciais de ação que são conduzidos em direção à medula ou ao tronco encefálico. As fibras Ib penetram no SNC pelas raízes dorsais da medula, ou pelas raízes de alguns nervos cranianos (como trigêmeo), ao chegar bifurcam-se em dois ramos do mesmo modo que as fibras Ia e II. Um deles ascende a níveis mais altos, levando às estruturas superiores as informações sobre a tensão muscular, o outro ramo penetra na substância cinzenta, fazendo inúmeras sinapses com interneurônios inibitórios, cujos axônios se estendem por distâncias curtas até chegarem aos motoneurônios alfa que comandam o músculo agonista (LENT, 2010).

Diferente do reflexo miotático dessa vez a passagem de informação envolve o interneurônio inibitório, e o resultado é a inibição do disparo de potencial de ação (PA) dos motoneurônios alfa. Inibidos os motoneurônios silenciam, provocando o relaxamento do músculo. O circuito então é dissináptico devido à inclusão do interneurônio inibitório entre a fibra aferente e o motoneurônio do músculo agonista. Semelhante ao que ocorre no miotático



outros ramos emergem alguns terminam fazendo contato sináptico com motoneurônio de músculo agonista causando um relaxamento solidário e o outro, ligados a músculos antagonistas do tipo excitatórios, provocando sua contração e assim contribuindo ativamente para o efeito produzido pelo relaxamento do agonista (LENT, 2010).

Um terceiro tipo de reflexo diferencia-se, o reflexo flexor de retirada, que ocorre quando um estímulo sensorial, com frequência nociceptiva a dor, atinge uma das extremidades do corpo, acionando os músculos flexores, tendo uma nítida função protetora e não postural. Os circuitos envolvidos nesse são os multissinápticos, e como nos reflexos miotáticos, também nos flexores operam os princípios da inervação recíproca de músculos antagonistas, já que é necessário inibir os extensores para o processo ser eficiente (LENT, 2010).

O termo reflexo artrocinético é usado para se referir à atividade neuromuscular do reflexo tônico e fásico, facilitando e inibindo, utilizando principalmente dos mecanorreceptores articulares do tipo I e II, o não reconhecimento da importância desses circuitos reflexos artrocinéticos pode explicar a dificuldade na reeducação neuromuscular e no fortalecimento dos grupos musculares. Isso, por sua vez, leva à falha de um regime de exercícios para alcançar os resultados desejados com relação à melhora da função muscular (WARMERDAM, A, 1999; MAKOFSKY, 2007). Embora a descrição dos atos reflexos seja individual, eles estão em ação de forma simultânea e coordenada, proporcionando melhor coordenação e reações posturais, a eficiência com que a velocidade de condução desses reflexos ocorre, estão relacionadas ao grau de estímulo e uma melhor ativação, desenvolvendo assim uma maior consciência corporal.

### **3.5 SISTEMA CARVIOVASCULAR E CARDIORRESPIRATÓRIO**

Em relação ao sistema cardiovascular e cardiorrespiratório sua função principal é transportar o oxigênio (O<sub>2</sub>) e nutrientes para os tecidos, e eliminar os resíduos, além de regular a temperatura corporal (WEINECK, 2005). No início de uma preparação esportiva, segundo após o começo da contração muscular, com o fluxo sanguíneo o coração aumenta a frequência cardíaca (FC) e a força de bombeamento, e a isto se segue um aumento da estimulação simpática do coração. Ao mesmo tempo, há a vasodilatação das arteríolas nos

músculos esqueléticos ativos e um aumento reflexo na resistência dos vasos em áreas menos ativas. O resultado final é um aumento do débito cardíaco para garantir que o fluxo sanguíneo nos músculos corresponda às necessidades metabólicas (POWERS, S.K.; HOWLEY E.T, 2014).

A alteração cardiovascular inicial que ocorre no começo da execução de exercícios de movimentos dinâmicos é decorrente dos sinais motores cardiovasculares centralmente gerados, que estabelecem o padrão geral da resposta cardiovascular. Entretanto, acredita-se que a atividade cardiovascular seja modificada pelos mecanorreceptores cardíacos e musculares, quimioceptores musculares, e receptores sensíveis à pressão (barorreceptores), localizados nas artérias carótidas e no arco aórtico (POWERS, S.K.; HOWLEY E.T, 2014).

Os quimioceptores musculares são sensíveis aos aumentos de concentração dos metabólitos musculares (potássio, ácido láctico, etc.) e enviam mensagens aos centros cerebrais superiores para o "ajuste fino" das respostas cardiovasculares ao exercício. Esse tipo de retorno periférico para o centro de controle cardiovascular (bulbo) é denominado reflexo pressor do exercício. Os mecanorreceptores no início da carga de alongamento dos músculos e tendões excitam o centro respiratório, enviando informação aos centros cerebrais superiores para auxiliar a modificação das respostas cardiovasculares a um determinado exercício. A interferência na FC irá depender também do tipo de exercício e das condições que os indivíduos vão estar, a inspiração irá estimular o aumento da FC e a expiração a diminuição, ativando, por exemplo, os mecanorreceptores pulmonares com o estiramento da região torácica (POWERS, S.K.; HOWLEY E.T, 2014).

O principal estímulo para essas mudanças rápidas no esforço respiratório são as aferências dos proprioceptores, que monitoram o movimento das articulações e músculos, os impulsos nervosos dos proprioceptores estimulam o grupo respiratório dorsal do bulbo. Esse aumento mais gradual da respiração é decorrente a: (1) PO<sub>2</sub> discretamente diminuída, em razão do aumento no consumo de O<sub>2</sub> ; (2) PCO<sub>2</sub> discretamente aumentada, decorrente do aumento na produção de CO<sub>2</sub> pelas fibras musculares em contração; e (3) aumento da temperatura, decorrente da liberação de mais calor conforme mais O<sub>2</sub> é utilizado (TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Em condições de carga o volume-minuto respiratório aumenta mais ou menos linearmente com o aumento do trabalho, com a necessidade de oxigênio. O treinamento leva a uma melhora da regulação respiratória e com isso uma economia da respiração. A pessoa

treinada se ajusta no início da carga, mais rápido às exigências do trabalho corporal não só quantitativamente, mas eleva qualitativamente o volume-minuto respiratório.

### **3.6 AQUECIMENTO**

Um dos conceitos abordados na literatura entende-se sobre aquecimento, todas as medidas tomadas antes do início da atividade física, seja para treinamento ou competição, as quais servem para que se alcance um estado psicológico, fisiológico e coordenativo-cinestésico ideal, assim como para prevenção de lesões (WEINECK, 2005, p. 502). Adotando esse conceito, os alongamentos e os exercícios de mobilidade são retratados como métodos que compõe um protocolo de aquecimento ativo, ou seja, procedimentos da preparação de movimento para um exercício físico principal ou simplesmente uma fase de pré-exercício.

Dentre outras funções do aquecimento, a primordial é ajustar os sistemas funcionais determinantes para a capacidade de desempenho, para o indivíduo que for realizar o treino já possa iniciar no auge das capacidades consideradas ideais. Ao longo dos anos foram realizados estudos e utilizados diversos protocolos e estruturas para alcançar esse tal efeito. O fato de o aquecimento ser avaliado de forma diferente em muitos trabalhos está muito relacionado à característica do atleta, a modalidade esportiva que irá desempenhar e os pré-requisitos individuais para os exercícios, diversas formas e combinações de aquecimento geram bons resultados (BISHOP, 2003; WEINECK, 2005).

Para alcançar as condições ideais, e compreender mais seus benefícios podemos dividir o aquecimento principalmente em geral e específico. No aquecimento geral ocorre um funcionamento mais do organismo como um todo, envolvendo grandes grupos musculares como em corridas, sendo de intensidades mais leves, e no aquecimento específico está relacionado com a modalidade esportiva e suas especificidades a serem executadas. Além desta divisão apresentada, o aquecimento se divide em ativo, na qual há uma execução dos movimentos e um gasto energético; o passivo, que envolve a utilização de massagens, duchas quentes, fricção entre outros métodos; e o mental, que ocorre por meio da imaginação e visualização dos exercícios sem a sua prática física (WEINECK, 2003). Para associar os exercícios de mobilidade como um dos métodos do pré-exercício juntamente a outros métodos que a literatura tem abordado, o aquecimento ativo se aproxima mais a proposta, do que o aquecimento passivo, devido à prática de movimentos.

Dados de uma meta-análise realizadas por Fradkin et al (2010) demonstraram que de 32 artigos de alta qualidade com 92 combinações diferentes de tarefas de aquecimento, o desempenho melhorou em 79% dos critérios examinados, as melhorias de desempenho podem ser demonstradas após a realização de atividades de aquecimento adequadas, e há poucas evidências que sugerem que o aquecimento é prejudicial para os atletas. Os procedimentos adequados e tradicionais respectivamente incluem: aeróbico, alongamentos e o aquecimento específico antes de iniciar qualquer atividade, e essas atividades devem se concentrar nos segmentos corporais que serão utilizados no desempenho subsequente. Os resultados demonstraram também que 17% que apresentaram um decréscimo, não incluíram aspectos específicos, teve durações muito curtas, ou apresentaram exercícios intensos.

### **3.6.1. Abordagem geral dos efeitos fisiológicos**

Utilizando a corrida em uma intensidade leve como um processo de aquecimento geral, várias mudanças fisiológicas ocorrem no organismo, sendo assim, podemos partir de uma elevada produção de calor nos grupos musculares mobilizados. Segundo Stoboy (1972) 15 a 20 minutos de aquecimento eleva a temperatura do tronco em até 38,5°C, um aumento decisivo para o desempenho esportivo, sendo que a temperatura ideal é em torno de 38,5°C até 39°C. Em função da temperatura do organismo aumentada, a velocidade do metabolismo também aumentará segundo a regra da reação-velocidade-temperatura (RVT) onde ocorre a aceleração dos processos metabólicos, em torno de 13% para cada grau na temperatura aumentado (WEINECK, 2005). Como foi relatado a um aumento do fluxo sanguíneo no metabolismo por meio do recrutamento das unidades motoras, aumentando à irrigação tecidual, a vasodilatação e a permeabilidade vascular, e garantindo um melhor suprimento de oxigênio e substratos ao tecido.

Os processos relacionados à estimulação, potencial de ação, aumento da condição de um estímulo são acelerados por meio da temperatura. E como foram observados, os efeitos neurofisiológicos são aumentados como a excitabilidade do SNC, Weineck (2005) relata um aumento de 20% na velocidade de recrutamento muscular a cada 2°C aumentados na temperatura. A excitabilidade dos receptores sensoriais como os fusos musculares aumenta a capacidade coordenativa e de precisão nos esportes, já que irá ocorrer um maior estímulo do SNC ao enviar as respostas e receber as informações. A musculatura e os tendões durante o

aquecimento tornam-se mais elásticos em função desse aumento de temperatura, reduz a resistência elástica e viscosa.

Durante o movimento de corrida leve no aquecimento geral, já é possível observar um maior benefício nas articulações devido a um aumento na produção do líquido sinovial, na qual a cartilagem articular hialina irá umedecer absorvendo melhor aos impactos das forças atuantes e uma melhor distribuição das pressões por meio do aumento da espessura dessa cartilagem. Durante o aquecimento irá ocorrer também uma ativação das estruturas centrais em âmbito psicológico, favorecendo o processo de aprendizagem técnica e aumentando a precisão dos movimentos coordenativos, por meio de uma formação reticular que aumenta a percepção visual dos indivíduos e desperta uma maior atenção (WEINECK, 2005).

Em segmento o aquecimento específico ativo da continuidade aos processos fisiológicos, além de reforçar e adaptar consiste em exercícios que de alguma forma se assemelham com as técnicas ou movimentos parecidos na modalidade esportiva que irá ser executada. No que se refere da prática de movimentos de uma estrutura dinâmica e cinemática equivalente aos exercícios objetivos, atingindo assim o equilíbrio ideal dos reflexos motores e da técnica, devemos utilizar o aquecimento específico. A musculatura durante a prática desse tipo de aquecimento é mais irrigada recebendo maior aporte de oxigênio e de substratos energéticos, de acordo com a necessidade, do sangue mobilizado nas reservas, principalmente no trato intestinal e no estômago, e tem o intuito de manter uma preparação metabólica ideal da musculatura (WEINECK, 2005).

O aquecimento geral ativo aumenta a temperatura interna, além de proteger, acelerar e estabilizar o aquecimento específico, mas não se torna capaz de substituí-lo, apenas esse tipo de aquecimento pode aperfeiçoar uma circulação ideal necessário para um desempenho motor fino, em modalidades que exigem precisão, capacidade sensorial e coordenativa (WEINECK, 2005). Um atleta, por exemplo, que irá praticar remo, ou um indivíduo que irá realizar um treino resistido de musculação, apenas o aquecimento geral não cumpre o objetivo do citado anteriormente de iniciar no auge das capacidades já que não irá ter uma preparação coordenativa ideal. De acordo com Hensel (1973) podemos verificar isso na circulação dos dedos, já que podemos encontrar nos dedos em ambientes frios e quentes, alterações da circulação que variam na proporção de 1:600. É importante lembrar que o aquecimento específico também se inclui em exercícios de alongamento e relaxamento em algumas

modalidades esportivas, a fim de estabelecer os efeitos fisiológicos citados anteriormente para um melhor desempenho das modalidades (WEINECK, 2005).

### 3.7 MÉTODOS DO PRÉ-EXERCÍCIO

Os diferentes tipos de aquecimento, ativos e passivos, podem provocar efeitos relacionados à: temperatura, ativação neural, processo metabólico, psicológico, maior captação de oxigênio, potenciação pós-ativação, entre outros vários fatores, que devem estar em um patamar ideal como já foi relatado. Embora o aquecimento passivo esteja ganhando cada vez mais espaço no cenário como um ótimo método de aumentar a temperatura corporal, sem haver um desgaste físico e uma demanda via metabólica, o aquecimento ativo ainda é o mais utilizado nas modalidades esportivas (MCGOWAN et al, 2015).

Nas academias e nos clubes onde se encontram grande parte da população realizando vários protocolos de aquecimento, por meio de alguns estudos nesse meio podemos destacar: O aquecimento geral aeróbico que utiliza exercícios submáximos, isto é, de baixa intensidade, em esteiras ou bicicletas ergométricas, os procedimentos de alongamentos de flexibilidade, principalmente os estáticos, e o aquecimento específico, com a utilização de movimentos que serão posteriormente utilizados na sessão de treinamento (SAFRAN et al, 1989). Esses três fatores do pré-exercício são os mais citados na literatura, sendo utilizado ainda nos dias atuais nos meios de treinamento. Entretanto, as pesquisas demonstram que é necessário estar atento enquanto a prática desses protocolos, e a inclusão de novas propostas para aumentar a ADM, como é o caso aplicação de exercícios de mobilidade antes de um treino principal, que tem se tornado popular nos meios de treinamento funcional.

A realização dos métodos do pré-exercício dependerá de vários fatores, como: as capacidades físicas que serão abordadas nas tarefas subsequentes, condições climáticas e ambientais, princípios do treinamento desportivo, e componentes de carga de treinamento. Determinar o método de protocolo ideal comparando diferentes estruturas tem se tornado uma tarefa difícil e embora a prática de alguns aquecimentos recomendados sejam amplamente realizados, os valores do aquecimento tornou-se uma questão de pesquisa valiosa, já que os estudos avaliam múltiplas variações de protocolos de aquecimento semelhantes, e a grande variação nos resultados pode ser atribuída às especificidades das práticas de aquecimento empregadas (FRADKIN, A.J et al, 2010).

Quando descrita a duração, embora o aquecimento ideal dependa de muitos fatores, as pesquisas demonstram bons resultados em procedimentos de 40-60% do Vo<sub>2</sub> máximo para 5-10 minutos, seguidos de uma recuperação de 5 minutos, permanecendo o efeito por cerca de 20-30 minutos (BISHOP, 2003; WEINECK 2005). Portanto, há estruturas de aquecimento de até 30 minutos que também demonstram ser eficientes, e são bastante utilizadas principalmente nos esportes coletivos, isso ocorre devido ao surgimento e estudos dos efeitos ergogênicos adicionais dos métodos de aquecimento (MCGOWAN et al, 2015; JEFFREYS I, 2007).

Em uma revisão sistemática por McCrary et al. (2015) demonstraram 25 formas de aquecimento em 31 artigos incluídos no seu trabalho, no qual o objetivo era abordar métodos ideais de aquecimento para verificar o desempenho em membros superiores, os protocolos abordados foram: Aquecimento dinâmico de alta carga, aquecimento específico, contrações isométricas máximas, alongamentos dinâmicos, alongamentos estáticos, alongamentos de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP), aquecimentos e resfriamentos passivos e vibrações. Segundo o estudo somente os aquecimentos dinâmicos de alta carga, os aquecimentos específicos e os exercícios de contração isométrica como métodos de aquecimento aprimoram o desempenho de força, potência e velocidade.

Apesar dos outros protocolos, como os procedimentos de alongamentos não demonstrarem efeitos relevantes nesta pesquisa, existem outros estudos citados adiante que demonstram a eficiência em alongar no pré-exercício e ainda são as práticas mais abordadas na preparação esportiva. Sendo importante descrever o que a literatura nos traz sobre alguns dos protocolos abordados, incluindo os procedimentos de mobilidade articular para observar se há alguma semelhança e se aplica juntamente aos outros métodos, os protocolos mais utilizados são: aquecimento geral, alongamentos estáticos, dinâmicos e de FNP, exercícios alternativos ou dinâmicos, e por fim, os movimentos de mobilidade.

### **3.7.1 Aquecimento Geral Ativo**

O aquecimento geral tem como objetivo principal elevar a temperatura corporal (TC), a frequência cardíaca, a taxa de respiração, o fluxo sanguíneo e a viscosidade do fluido articular através de atividades de baixa intensidade. O movimento e as contrações musculares geradas aumentarão a temperatura muscular (TM) em poucos segundos antes mesmo das alterações de temperaturas do núcleo (TN), que são as temperaturas classificadas na região do

cérebro e do coração (RACINAIS S et al, 2017). A corrida em um nível submáximo representada por este aquecimento é considerada um dos métodos do pré-exercício mais utilizados e tradicionais, sendo incluído na primeira fase da preparação frequentemente nas academias, e relatados em muitos estudos, mas com as inovações de novos protocolos tem deixado de ser o único ou o principal. Seus objetivos e propostas principais são diferentes dos exercícios de mobilidade articular já que está em obter benefícios por meio da elevação da TC.

No início do aquecimento aeróbico aumenta o fluxo sanguíneo da pele e ocorre uma vasoconstrição dos vasos sanguíneos cutâneos devido às contrações, mas à medida que a temperatura aumenta, esses vasos se dilatam e podem beneficiar a entrega do substrato e a remoção do metabólito. O aumento da temperatura melhora a liberação de oxigênio da hemoglobina e da mioglobina melhorando assim o fornecimento para o tecido muscular, e nesse processo aumentando a TM, aumenta a utilização do ATP com um aumento de creatina fosfato (Pcr) e degradação de glicólise anaeróbica (RACINAIS S, 2017). Isso pode ser visto como um ajuste positivo de pré-condicionamento para atividades explosivas curtas, que dependem do sistema energético de curto prazo, como em competições de corridas rasas, que necessitam de *sprints*, mas é necessário analisar a intensidade e recuperação da atividade ao realizar o exercício, além de poder ter consequências negativas para exercícios prolongados executados de forma incorreta, pois isso representa um aumento na demanda de energia.

Acredita-se que esse calor devido ao exercício aeróbico nesse aquecimento, também altera as propriedades viscoelásticas dos músculos e outros tecidos colágenos na preparação, causando uma maior flexibilidade dos tecidos moles para a prática da atividade física, e a maneira mais simples de aquecer esses tecidos profundos é através de exercícios leves, o exercício leve eleva o fluxo sanguíneo para o músculo e a temperatura do músculo sobe em direção à do núcleo (PETROFSKY S.J, 2013).

O aquecimento geral ativo parece melhorar tanto o desempenho em longo prazo ( $\geq 5$  minutos) quanto o intermediário ( $> 10$  segundos, mas  $< 5$  minutos) e consiste mais na prática de exercícios voltados à resistência. Portanto, é comum observar a prática nas academias, antes dos treinos de força ou previamente a outros métodos de aquecimento, é definido como um aquecimento aeróbico, popularmente realizado em bicicletas ergométricas (*Cycle indoor*) ou esteiras (BISHOP, 2003). Este aquecimento consiste na prática de 5 a 10 minutos, com



intensidades em torno de 40 a 60% do Vo2 máx de cada indivíduo (CURRY, 2009; BISHOP, 2003).

O efeito do aquecimento ativo com exercícios aeróbicos está relacionado à sua intensidade. Um exercício aeróbico com intensidade moderada é suficiente para melhorar o desempenho em curto prazo, quando não houver período de recuperação após o aquecimento. Alguns treinadores principalmente de jogos coletivos, já aproveitam esse processo para incluir os movimentos específicos do esporte deixando de tornar um aquecimento cíclico para um movimento acíclico, já com mudanças multidirecionais. Segundo Jeffreys I. (2007) embora essa seja uma prática comum, os métodos usados para alcançá-la tradicionalmente geralmente representam talvez o maior desperdício de tempo valioso de treinamento em muitos programas, já que pode ser dedicada às habilidades de movimento e/ou habilidades esportivas, como a inclusão dos alongamentos dinâmicos, e dos aquecimentos específicos de modo geral.

### **3.7.2. Alongamentos: Flexibilidade**

#### **3.7.2.1. Alongamento Estático**

Seguindo a ordem mais aplicada, nos métodos do pré-exercício os alongamentos podem ser utilizados logo após um aumento da TC, o estático foi considerado um componente essencial de um aquecimento por décadas, sendo aplicado de forma tradicional após um aeróbico submáximo, e geralmente envolve mover um membro até o final de sua ADM e manter a posição estática e alongada (NORRIS, 1999; YOUNG; BEHM 2002). Durante o exercício ocorre uma contração isométrica, já que não há retorno imediato à posição inicial, as tensões na musculatura e nos tecidos conjuntivos envolvidos aumentam, sensibilizando o OTG, e gerando relaxamento muscular através do reflexo miotático inverso. À medida que o tempo da sessão transcorre, há predominância da ação bloqueadora do OTG, levando ao relaxamento lento e progressivo. Na prática, a permanência na posição tende a fazer com que se ganhe cada vez mais amplitude, em função do mecanismo neural associado (potencialização do reflexo miotático inverso).

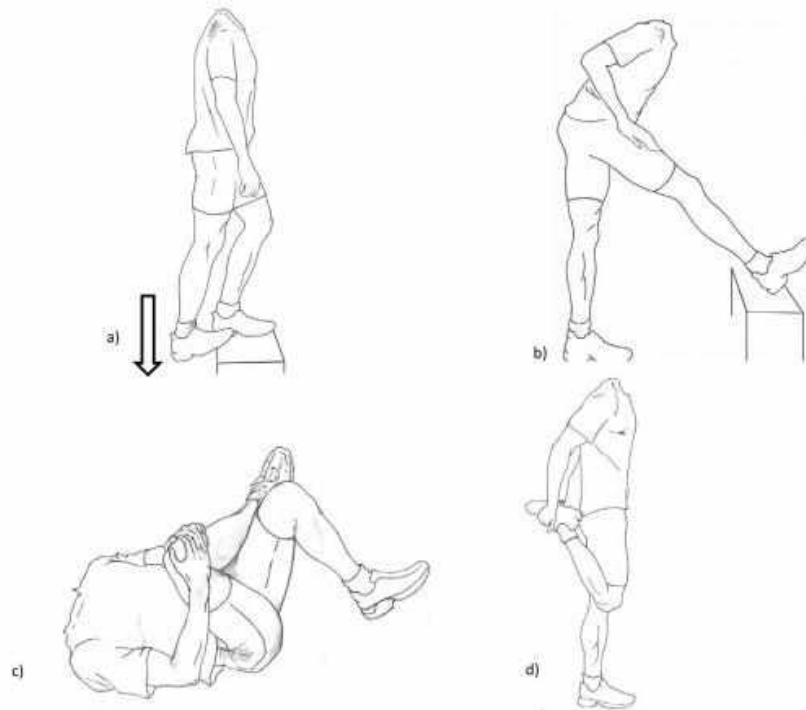
O aumento da ADM no efeito agudo obtido com um estiramento foi atribuído a alterações no comprimento e rigidez da unidade músculotendínea (UMT) do membro afetado e foram classificados como alterações elásticas (ALTER, 1996). No entanto, um grande

conjunto de evidências relatou que isso pode prejudicar agudamente o desempenho muscular subsequente, reduzindo a força voluntária máxima, entre outros tipos de força e o equilíbrio muscular (BEHM D.G; CHAOUACHI, A 2011). Essas deficiências podem se originar dos mecanismos neurais, por meio da diminuição da ativação da unidade motora, da frequência de disparo e/ou alteração de respostas reflexas, devido a um decréscimo na rigidez da UMT e/ou deformação plástica dos tecidos conectivos ao ponto de que a capacidade de produção de força máxima seria limitada (KONRAD A et al, 2017; TRAJANO et al, 2017).

Segundo alguns estudos a duração dos protocolos de alongamento utilizados em treinamentos de flexibilidade nem sempre coincide com a prática típica de atletas e praticantes de fitness no aquecimento, os protocolos consistem na aplicação em cerca de 3 a 6 exercícios unilaterais de acordo com os grupos musculares que participarão do treino, e os alongamentos são realizados de forma passiva até o limiar subjetivo de dor de cada grupo muscular, permanecendo na posição de 15 a 30 segundos (CURRY; JONES, 2009; BARROSO, 2012; STEVANOVIC et al, 2019). Durações mais curtas de alongamento dentro de um aquecimento, como uma duração total de alongamento por músculo em torno de 30s, podem não afetar negativamente o desempenho, subsequente, especialmente se a população for mais treinada, em contrapartida, alongamentos estáticos mantidos por mais de 90s resultaram em perda de forças (AGUILAR A.J et al, 2012).

Assim como ocorreu com o aquecimento geral por meio de corridas leves e bicicletas ergométricas, com as inovações de novos protocolos o alongamento estático tem deixado de ser o principal ou o destaque dentre os alongamentos, devido a maior utilização dos alongamentos dinâmicos nessa fase e devido aos estudos que demonstraram uma diminuição da força muscular explicada pela duração prolongada, mas sendo aplicadas de maneira correta e junto a protocolos específicos para um melhor desempenho no aquecimento alguns estudos consideram como uma boa proposta no pré-exercício (SATO, S et al, 2020). Podemos analisar respectivamente alguns exemplos de grupos musculares dos membros inferiores de alongamentos, como a panturrilha, isquiotibial, glúteo, e o quadríceps sendo alongados de maneira estática (Figura 9).

Figura 9 - Posições estáticas de alongamento para: (a) panturrilha, (b) isquiotibiais, (c) glúteos, e (d) quadríceps.



Fonte: Goodwin, J. e, Glaister, M., Lockey, R. A., & Buxton, E. The effects of acute static and dynamic stretching on spring-mass leg stiffness. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2019.

### 3.7.2.2. Alongamento de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva (FNP)

O alongamento de FNP incorpora o alongamento estático e contrações isométricas em um padrão cíclico para melhorar a ADM, e é um dos métodos menos utilizados nessa fase dentre os tipos de alongamentos, ele possui duas técnicas comuns sendo contração-relaxamento (CR) e contração-relaxamento contração-agonista (CRAC) sendo realizados com a ajuda de outra pessoa (SHARMAN, et al, 2006). Este alongamento pode ser explicado pela inibição autógena (o relaxamento neurológico de um músculo) tem sido teorizada para explicar a eficácia superior do FNP para melhorar a ADM (HINDLE et al. 2012), porque a fase de contração isométrica intensa foi pensada para aumentar a atividade aferente do músculo Ib. Essa atividade pode hiperpolarizar as extremidades dendríticas dos motoneurônios da coluna vertebral do músculo esticado, minimizando ou removendo a influência da atividade reflexa mediada por tipo Ia induzida pelo estiramento (MCNAIR et al. 2001), permitindo aumentos adicionais na ADM. No entanto, não há evidências diretas de

uma relação causal entre atividade reflexiva e ADM, e vários estudos relatam aumento da atividade EMG em repouso imediatamente após a fase de contração de um trecho do PNF (MITCHELL et al. 2009).

O método CR do alongamento sendo o mais utilizado (Figura 10) inclui três fases: (1) alongamento estático passivo do músculo em torno de 10s, (b) imediatamente o sujeito irá resistir a um alongamento do músculo por 6s, com a força do ajudante aplicada sobre ele em torno de 70% de 1RM contra o movimento, após isso o indivíduo irá relaxar por aproximadamente 2s, (c) em seguida finalizará com um trecho adicional do músculo alvo por 30s (AKBULUT, T; AGOPYAN, N.A, 2015). Por outro lado o método CRAC requer uma contração adicional do músculo agonista (ou seja, opondo-se ao alongamento do grupo muscular), durante o alongamento, após o relaxamento da fase (b), antes do alongamento adicional do músculo alvo que finaliza a técnica CR (SHARMAN et al, 2006). Essas técnicas não são únicas, mas são as mais aplicadas previamente às atividades condicionantes.

Apesar de sua eficácia no aumento da ADM, o alongamento do FNP raramente é usado nas rotinas de pré-atividade atlética, possivelmente por três motivos: Há normalmente um requisito de assistência do parceiro o que limita a prática em algumas situações, pode ser desconfortável, e contrações musculares realizadas em grandes comprimentos musculares estendidos podem resultar em maiores danos musculares (BUTTERFIELD; HERZOG, 2006). Relativamente poucos estudos relatam os efeitos do alongamento do FNP, apesar de ser um método de alongamento altamente eficaz para o ganho de ADM e incluir fases de alongamento estático dentro do protocolo, podendo assim predizer que influencia o desempenho físico, obtendo benefícios ou reduções na força muscular se a duração for prolongada. Segundo alguns estudos esse tipo de alongamento modifica agudamente a percepção do uso do alongamento e é mais eficaz em condições isocinéticas seletivas e há divergências nos resultados de salto e velocidade (BIEZE et al, 2006; BRADLEY et al, 2007). As divergências podem ter ocorrido devido á aplicação e magnitude da intensidade utilizada de maneiras diferentes durante as técnicas.

Figura 10 - Técnica CR do FNP: (1) alongamento passivo do músculo em torno de 10s, (b) resistência ao alongamento do músculo e aplicação de força contra o movimento, (c) alongamento adicional do músculo alvo.



Fonte: <http://tudoefisioterapia.blogspot.com/> (2011)

### 3.7.2.3. Alongamento Dinâmico

Os alongamentos dinâmicos é um dos alongamentos mais recomendados antes do treino, cumprindo seu papel funcional e fisiologicamente aplicável à preparação de atividades esportivas, sendo que aumenta a temperatura muscular, a produção de energia, leva à redução do acúmulo de lactato sanguíneo e muscular e aumentam a glicogenólise, a glicólise e a degradação de fosfato de alta energia durante o exercício (GUISARD; DUHATHATEAU, 2006). Esse alongamento é caracterizado por ser o alongamento repetitivo da musculatura, pode aumentar a temperatura da fibra muscular, diminuir a viscosidade e aumentar a extensibilidade. Ainda existem dados limitados descrevendo os mecanismos para o aprimoramento da ADM, e não se sabe se as alterações na tolerância ao alongamento são tão influentes quanto nas formas de alongamento estático e FNP (HERDA et al. 2013).

Alguns estudos assemelham a prática das atividades de alongamento dinâmico no pré-exercício às propostas de mobilidade, porém, diferenciam-se na técnica de aplicação e ênfase nas articulações, já que uma das observações é aplicação dos movimentos de maneira lenta enfatizando toda a ADM funcional com objetivo de melhorar o desempenho articular, como será relatado mais adiante. Os mecanismos pelos quais o alongamento dinâmico melhora o desempenho muscular têm sido sugeridos como elevação da temperatura muscular e corporal, supostamente uma potenciação pós-ativação (PPA) no músculo alongado, causada por contrações voluntárias do antagonista, estimulação do sistema nervoso e / ou diminuição da inibição dos músculos antagonistas (JAGGERS et al. 2008; YAMAGUCHI; ISHII, 2005).

Como resultado desses efeitos, o alongamento dinâmico pode melhorar o desenvolvimento de força rápida.

Esses alongamentos ao longo do tempo sofreram algumas modificações em torno da inclusão de especificidade. Há alguns pesquisadores que retratam que essa especificidade dos exercícios de alongamento dinâmico em um aquecimento pode ser o fator crítico que permite melhorar o desempenho do salto ou outras capacidades físicas e vão ter efeitos adicionais em comparação com outros tipos de protocolos de alongamentos dinâmicos encontrado por outros autores. Neste alongamento durante o aquecimento pode permitir uma aplicação mais rápida da força durante o desempenho a seguir. A aplicação mais rápida da força é uma descoberta prática valiosa, dada à natureza crítica do tempo em ambientes competitivos. A diferença entre o pré-teste e o pós-teste de 5 minutos para alongamento dinâmico foi, em média, 0,3 segundo mais rápido. Muitos eventos atléticos são decididos por diferenças de centésimos de segundo (CURRY B.S et al, 2009).

Os programas de flexibilidade dinâmica devem incorporar todo o corpo e imitar os movimentos realizados para cada esporte individual partindo de movimentos simples aos mais complexos. O protocolo pode ser realizado em torno de 5-10 minutos, variando de 5 a 10 exercícios. Para desenvolver um programa de flexibilidade dinâmica adequado ao esporte, é necessária uma análise dos movimentos necessários, tem sido recomendado como mais funcional e fisiologicamente aplicável à preparação de atividades esportivas (LANGDOWN, 2018; MANN; JONES, 1999; FAIGENBAUM et al, 2005).

Behm et al. (2015) em uma revisão bibliográfica quando relatados 11 estudos estabeleceram durações com séries de 30s, em 8 estudos usaram durações de 15s e em 4 estudos usaram durações de 20s, 25s e 40s, respectivamente. Alguns estudos de alongamento dinâmico são inconsistentes na descrição da intensidade do alongamento, dificultando a comparação entre os estudos. Embora outras pesquisas não relatem a intensidade, outros controlam a intensidade do alongamento dinâmico relatando a frequência do movimento (FLETCHER et al, 2010). Na (figura 11) podemos analisar alguns exercícios de um protocolo de alongamento dinâmico incluído no aquecimento:

Figura 11 - Protocolo de alongamento dinâmico: (a) tibial posterior, (b, c) adutores, (d, e) iliopsoas, (f, g) quadríceps, (h, i) isquiotibial, e (j, k) glúteos.



Fonte: Alipasali, Foteini et al. The Effect of Static and Dynamic Stretching Exercises on Sprint Ability of Recreational Male Volleyball Players. Int J Environ Res Public Health, 2019.

### 3.7.3. Aquecimento Específico

A utilização do método específico geralmente é o último procedimento de um aquecimento ativo, ocorrendo até mesmo após a aplicação dos exercícios de mobilidade, que serão retratados em tópicos adiante, justamente pela sua especificidade e introdução ao exercício físico principal, que ocorre tanto nos locais de meios de treinamento, nos esportes coletivos, geralmente aplicando movimentos técnicos preparatórios com a bola, jogos reduzidos com os mesmos movimentos que serão executados durante o jogo, também se fazem presente nas modalidades individuais, buscando utilizar a maior semelhança possível previamente a um treino ou competição. A natureza das atividades dependerá da natureza do esporte ou dos exercícios a serem executados, por exemplo, para um treino de *sprint*, será composto por exercícios de preparação de corrida e *sprints* de intensidade crescente, para um treino de musculação, serão os próprios exercícios dos grupos musculares a serem trabalhados.

Um aumento de TM é responsável por melhorar o desempenho em esportes de força explosiva do músculo esquelético (por exemplo, corrida e salto), aumenta a taxa de desenvolvimento de força de um espasmo muscular, provavelmente em relação ao aumento da

atividade da miosina adenosinotriphosphatase (ATPase) e ao sequestro de cálcio pelo retículo sarcoplasmático. Além disso, a força máxima tetânica também pode ser melhorada aumentando a TM, possivelmente através da melhoria contráctil (RACINAIS S et al, 2017).

Nos salões de musculação, os protocolos envolvem em média, duas séries de 15-20 repetições, a 50-60% da carga que seria utilizado no teste de predição de 1RM, com 30 segundos de intervalo entre as séries, em amplitudes de movimento iguais às utilizadas no treino (SIMÃO, 2004; NICOLI, 2007; RIBEIRO 2007). Nos esportes coletivos, além dos alongamentos dinâmicos que tem incluído bastante especificidade nos exercícios, podemos citar também os jogos reduzidos como exemplo. São jogos modificados em uma menor dimensão que incorporam atividades e padrões de movimento específicos para tarefas competitivas de esportes em equipe e têm como objetivo simular as demandas metabólicas de habilidade de um esporte. Tal especificidade no geral foi sugerida para fornecer benefícios ergogênicos adicionais aos métodos genéricos de condicionamento, aumentando a ativação neuromuscular (ZOIS J. et al, 2011).

No momento dos exercícios específicos geralmente o aumento do fluxo sanguíneo muscular estão associados pela intensidade relativa de exercício, pelo qual o aumento da demanda de oxigênio é correspondido pelo fornecimento de oxigênio muscular. Estudos mostram que o calor aos tecidos e no sangue também induz um aumento no fluxo sanguíneo, devido a uma interação de estímulos metabólicos e térmicos induzindo a liberação de ATP derivado de eritrócitos um potente vasodilatador. Em condições de estresse térmico, no entanto, um aumento na tensão térmica exacerba a resposta cardiovascular, uma vez que os processos metabólicos e termorregulatórios competem pelo débito cardíaco (JOHNSON J.M et al, 1979; MONTAIN S.J et al, 1992; CRANDALL C.G et al, 2010).

#### **3.7.4. Exercícios Alternativos**

Exercícios de aquecimento alternativos, ou seja, que não correspondem as principais características dos tipos de alongamentos e aquecimentos apresentados são encontrados em estudos, classificados e aplicados em um aquecimento prévio saindo um pouco da especificidade da modalidade esportiva, dos alongamentos, e direcionando mais as condições de potencialização fisiológica também como um método de aquecimento, e colocado nos protocolos. Neste estudo, os *sprints*, pliometria, contrações isocinéticas, contrações



concêntricas, entre outros, se encaixam nesse protocolo e os motivos pelos quais eles aparecem em muitos casos são devido ao fato de utilizarem do efeito adicional da potenciação pós-ativação (PPA) (MCCRARY, M.J et al. 2015).

Em uma pesquisa McGowan et al. (2015) verificou que na maioria dos estudos, a estratégia de aquecimento ativo para atletas de corridas mais comum envolveu a conclusão de várias repetições de um agachamento nas costas. Um estudo relatou tempos de desempenho semelhantes após nenhum aquecimento ou aquecimento de 3x3 agachamentos (90/100% 1RM), enquanto outros estudos exigiram que os participantes concluíssem uma série entre 60% e 90 % 1RM, resultando em desempenho superior do sprint nas distâncias de 20, 30 e 40 m em comparação com quando nenhum agachamento foi concluído.

Outra estratégia popular de aquecimento ativo envolve o uso de saltos. Um breve aquecimento ativo, que envolve 5 minutos de 'corrida', alongamentos dinâmicos e três saltos, melhorou em 5% o desempenho de *sprint* de 20 m em comparação com quando nenhum salto foi concluído (BYRNE P.J et al, 2014). Esses achados foram confirmados por outro estudo, em que a realização de saltos de 2 x 5 a partir de uma altura de 0,75 m provocou mais rápidos 50 m de velocidade de *sprint* em cerca de 2% (BOMFIM L et al, 2011).

Em uma revisão, de 14 estudos com atletas que competem jogos coletivos, nove são examinando a influência de diferentes estratégias de aquecimento no desempenho enquanto os cinco restantes investigaram a eficácia de várias estratégias de reaquecimento concluídas durante o intervalo. Dos nove, cinco estudos demonstraram que um aquecimento pré-jogo não específico para esportes consiste em exercícios de resistência pesada, como agachamentos nas costas, meio agachamento, agachamentos frontais, e exercícios de *leg press*, desempenho subsequente aprimorado do salto com contra movimento (CMJ), repetição e agilidade reativa (MCGOWAN J.C, et al, 2015).

As explicações sobre porque o aquecimento reduz o tempo para o pico muscular de contração muscular incluem hiperpolarização da membrana devido ao aumento da atividade de bombeamento de  $Na^+ / K^+$  e inchaço das fibras musculares. Gray et al. (2006) sugeriram um aumento maior na renovação da adenosina trifosfato (ATP), podendo levar os sarcômeros individuais a serem mais rapidamente ativados e, como resultado, aumentar a velocidade contrátil de toda a fibra. As melhorias após esse aquecimento podem ser eficientes no desempenho neuromuscular, atribuídas a alterações nas propriedades de condução das fibras musculares. Além disso, esportes que demandam força e potência, como saltos e *sprints*,

normalmente requerem uma taxa rápida de desenvolvimento de força para atingir a maior potência de pico possível dentro de um curto período de tempo.

Independente da TM elevada é possível aumentar o desempenho selecionando atividades que podem contribuir para um efeito super-máximo, pré-condicionando o músculo pelo fenômeno PPA, que geralmente é detido por meio da realização de uma contração máxima ou quase máxima. A presença de PPA no músculo esquelético foi registrada por muitos estudos em mamíferos e humanos, levando a uma discussão entre artigos de revisão e sua aplicação ao desempenho esportivo (TILLIN, N.A; BISHOP, D, 2009).

Em apoio à teoria da potenciação pós-ativação, segundo McCrary et al. (2015) os efeitos dos exercícios dinâmicos, que neste artigo denominamos de alternativos, de alta carga foram extremamente positivos, com 16 dos 21 métodos que ele analisou e não apresentaram muitos resultados com exercícios de baixas cargas (DERENNE, 2010). Isso produziu evidências dos efeitos positivos desse aquecimento principalmente com altas cargas, e nos resultados de força e potência. Entretanto, outros estudos que verificaram a potenciação pós-ativação (PPA) nos aquecimentos, concluíram também que pode ser induzida mesmo com movimentos dinâmicos de menor intensidade. Ouve relatos que a execução de 1 a 2 conjuntos de trechos dinâmicos ativos em um aquecimento melhorou o desempenho de *sprint* de 20m, que eles atribuíram ao PPA (BEHM; CHAOUACHI, 2011; TURKI et al. 2011).

### **3.8. MOBILIDADE ARTICULAR**

#### **3.8.1. Conceitos: Mobilidade e Flexibilidade**

A primeira dúvida quando o termo mobilidade é mencionado, é direcionado ao conceito, uma das grandes dificuldades em relação a essas duas terminologias se iniciam nas diferenciações e compreensões dos significados já que são capacidades que envolvem vários conceitos de diferentes áreas, representando situações conflitantes no âmbito clínico, desportivo e pedagógico. Atualmente vários são os autores que se posicionam de diferentes formas quando se referem à flexibilidade, e há uma escassez na definição de conceitos em relação à mobilidade, alguns livros e estudos abordam a flexibilidade como sendo sinônimo de mobilidade, por envolver o movimento sobre articulações de forma ampla em todas as direções (ACKLAND T.R et al, 2011).

Outros autores se referem a flexibilidade como a capacidade de mover uma única articulação ou uma série de articulações, de modo suave e com facilidade ao longo de uma ADM sem restrições e indolor, obtida pelo alongamento dos tecidos moles, principalmente em torno de uma articulação, para aumentar o comprimento da unidade musculotendínea, com base em sua habilidade de relaxar ou deformar, e ceder a uma força de alongamento (TAYLOR et al, 1990; KISNER; COLBY, 2016 ). E a mobilidade podendo ser descrita com base em dois parâmetros diferentes, porém inter-relacionados: a habilidade das estruturas ou segmentos do corpo de se moverem ou serem movidos, permitindo que haja amplitude de movimento para atividades funcionais (ADM funcional); e a habilidade de uma pessoa de iniciar, controlar ou manter movimentos ativos do corpo para realizar tarefas motoras simples e complexas (mobilidade funcional) (KISNER; COLBY, 2016).

Adotando a mesma ideia destes últimos conceitos que demonstram diferenças entre os conceitos, de uma forma simplificada, Boyle (2015) diferencia a flexibilidade como a amplitude de movimento de uma articulação e a mobilidade o quão bem a articulação se movimenta, ou seja, a ADM dependente de um movimento em ação funcional. Determinar a identificação dos dois conceitos pode ser fácil, por exemplo, ao analisar um agachamento profundo e observar uma pouca ADM funcional do tornozelo, o atleta deve ser colocado em posição sentada com as pernas estendidas, e de maneira passiva deverá ser realizada uma dorsiflexão, se a ADM do tornozelo for limitada, mas o atleta não relatar alongamento no gastrocnêmio, o problema é mobilidade e não flexibilidade, devido a rigidez estar mais relacionada a articulação do indivíduo, e esse atleta poderá melhorar o desempenho por meio da automobilização do tornozelo (BOYLE, 2015).

Contudo, mesmo diante de divergências, alguns autores corroboram quando é mencionado que a principal diferença entre ambos é o envolvimento de uma ADM funcional, se tratando assim de um termo mais amplo, já que para obter um deslocamento angular de uma articulação em atividade é necessário de uma boa coordenação neuromuscular para a criação de um movimento específico, principalmente quando terão cargas impostas a esses movimentos. Outro fator é o direcionamento ao desempenho articular, priorizando mais a atenção aos componentes articulares para os movimentos artrocinemáticos, mas também não excluindo o desenvolvimento da biomecânica dos tecidos como foi relatado até aqui. Várias modalidades esportivas, como tênis, luta livre, levantamento de peso olímpico, handebol, ginástica artística, entre outras, exigem de uma boa ADM nas competições, e há várias metodologias que são aplicadas antes do treinamento para promover um efeito imediato no

movimento, como técnicas passivas por meio da automassagem, e atividades ativas de exercícios específicos.

### **3.8.2. Amplitude de Movimento**

Entender a amplitude de movimento é o próximo passo para compreender a mobilidade articular, é importante ressaltar que a ADM ativa consiste no movimento dentro de um segmento livre e consciente, produzido pela contração ativa dos músculos que cruzam aquela articulação. Já a ADM passiva é uma amplitude que não está sujeito a um movimento consciente, é o quanto o indivíduo alcança com o movimento sendo produzido por uma força externa que pode ser a gravidade, um aparelho, um ajudante, ou com o membro da própria pessoa, ocorrendo pouca ou nenhuma contração muscular voluntária, as duas se fazem presente durante os exercícios de mobilidade articular, porém, alongando na ADM passiva irá potencializar o ganho de movimento, por conseguir atingir a cápsula articular, e consequentemente proprioceptores articulares com eficiência (KISNER & COLBY, 2016).

Algumas insuficiências nas ações articulares são comuns em grande parte da população, por alguns motivos, por exemplo, em um movimento que se realiza uma flexão do quadril com o joelho estendido em comparação com o mesmo movimento com joelho flexionado, se a ADM do quadril com o joelho estendido for menor, pode ocorrer uma insuficiência passiva dos músculos da cadeia posterior: isquiotibiais, eretores da espinha, glúteos, sóleos, ou em tecidos conjuntivos, não permitindo um movimento completo devido essa falta de flexibilidade. Já a insuficiência ativa é a incapacidade de produzir força a uma amplitude desejada devido à sobreposição excessiva dos sarcômeros dos músculos que estão realizando o movimento (MCGINNIS P.M, 2015).

Ao realizar um agachamento com a barra, pode ser que alguns grupos musculares monoarticulares como glúteos e sóleos, tenha uma insuficiência passiva em uma maior ADM necessitando de uma boa flexibilidade e mobilidade, e as articulações do quadril e do tornozelo envolvidas nessa ação junto a uma coordenação neuromuscular, tornam os exercícios de mobilidade eficientes, sendo aplicado anteriormente ao movimento principal, ou como um componente principal de treinamento. Os segmentos corporais geralmente trabalham em uma sequência proximal a distal, a fim de conferir a ação desejada no segmento

distal, e como foi relatado um aspecto importante desse sistema são as habilidades proprioceptivas do corpo.

Proprioceptores em cada segmento da cadeia cinética devem funcionar adequadamente para que padrões de movimento eficientes ocorram, a entrada proprioceptiva fornece a base para todo o controle do motor (saída do motor) e movimento humano (COOK et al, 2014). É uma das principais características ao desenvolver uma mobilidade eficiente, a habilidade de assumir e manter a posição corporal desejada durante uma atividade dinâmica, envolvendo o equilíbrio, coordenação neuromuscular e adaptação que representa um determinado movimento, definido como controle postural (CUPSS, 1997).

As reduções de mobilidade, e conseqüentemente restrições na ADM, irá ocorrer devido a diversos fatores como: inatividade, aumento da idade, problemas de transições nervosas, apertos musculares, pontos-gatilhos, dores, lesões, entre outros. Portanto, direcionando uma melhora da capacidade de movimento relacionada às articulações é possível obter os resultados de mobilidade, com os efeitos que surtem de exercícios, além de outras técnicas como o rolo de massagem. A mobilização e manipulação das articulações estimulam os mecanorreceptores, e estimulam outros componentes, como o líquido sinovial, fora os músculos circundantes, melhorando a mobilidade da cápsula e do tecido conjuntivo (MAKOFSKY H et al, 2007; REIMAN M.P et al, 2013). Esses exercícios podem ser aplicados antes das sessões de treinamento e das competições, devido aos efeitos agudos que os estudos têm demonstrado, mas antes disso, é necessário avaliar os níveis de mobilidade dos alunos.

### **3.8.3. Método de Avaliação: *Functional Movement Screen* (FMS)**

Quando o termo de mobilidade e estabilidade é referido nos locais de treinamento e em cursos de especializações funcionais com o objetivo de corrigir padrões de movimento, e melhorar o desempenho nas práticas esportivas, a literatura nos traz algumas referências. O fisioterapeuta Gray Cook e o treinador Lee Burton são criadores do método de Análise Funcional do Movimento (FMS, do inglês *Functional Movement Screen*) e aderem uma teoria denominada de “articulação por articulação” onde buscam analisar e dar prioridades aos movimentos que a articulação é capaz de realizar detectando níveis de irregularidades (BOYLE, 2015).

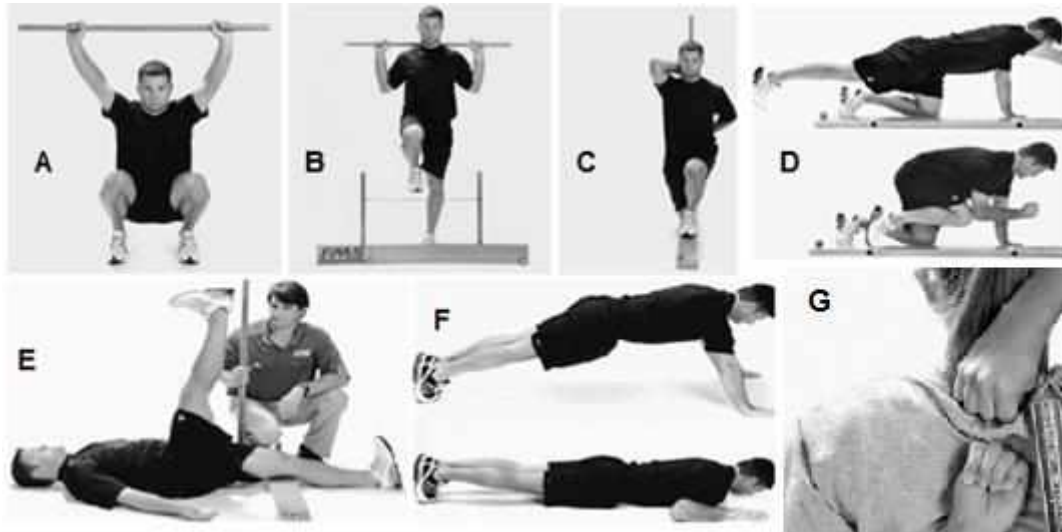
Cada articulação ou série de articulações tem uma função específica e está propensa a níveis previsíveis de disfunção. Em consequência disso, cada articulação possui necessidades de treinamento particulares, as lesões podem se relacionar com a disfunção articular. Em geral, os problemas em uma determinada articulação se revelam na forma de dor na articulação acima ou abaixo (BOYLE, 2015). Segundo Cook et al. (2014) o objetivo da FMS não é medir o desempenho esportivo, é apenas um caminho avaliativo para analisar a mobilidade e estabilidade, e assim, por meio de exercícios específicos melhorar esse desempenho. O papel do preparador físico é manejar os riscos, refinar os movimentos funcionais e melhorar o desempenho, e este método de avaliação ajuda os dois primeiros papéis e influencia o terceiro de maneira indireta (BOYLE, 2015).

Este método é composto por sete testes fundamentais de movimento que requerem um equilíbrio de mobilidade e também estabilidade (incluindo controle neuromuscular / motor). Esses padrões fundamentais de movimento são projetados para fornecer desempenho observável de movimentos locomotores, manipulativos e estabilizadores básicos (COOK et al, 2014). Os testes que compõem a FMS (Figura 12) incluem o: (a) agachamento profundo, (b) degrau de obstáculo, (c) estocada em linha, (d) estabilidade rotativa, (e) elevação ativa da perna reta, (f) estabilidade do tronco (flexão de braços), e (g) mobilidade do ombro. Cinco dos sete testes são pontuados independentemente para os lados direito e esquerdo do corpo; permitindo que assimetrias direita-esquerda sejam detectadas, e cada teste é pontuado em uma escala de 0 a 3; 0 sendo o pior score e indicativo de dor e 3 sendo o melhor score possível, totalizando 21 pontos o máximo para alcançar no método. O teste possui critérios específicos delineados para diferenciar entre as quatro pontuações possíveis (BASAR M.J et al, 2018).

Nos critérios delineados, um indivíduo recebe uma pontuação de zero se a qualquer momento durante o teste, sentir dor em qualquer parte do corpo, e então a área dolorida é anotada, nesta situação a pessoa deverá realizar outra avaliação de procedências clínicas por estar relacionada a alguma lesão. O indivíduo receberá um ponto se a pessoa for incapaz de completar o padrão de movimento ou incapaz de assumir a posição de realizar o movimento, dois pontos serão dados se a pessoa for capaz de completar o movimento, mas irá compensar de alguma forma para executar o movimento fundamental, e três pontos serão dados se a pessoa executar o movimento corretamente, sem qualquer compensação, atendendo às expectativas de movimento padrão associadas a cada teste (COOK, 2014). Alguns estudos concluíram que o teste apresenta uma boa confiança ao vivo e em vídeo, e sugerem um bom

treinamento ao avaliador antes de realizar os testes (SHULTZ R et al, 2013; BASAR M.J et al, 2018).

Figura 12 - Representações dos movimentos do FMS: (a) agachamento profundo, (b) degrau de obstáculo, (c) estocada em linha, (d) estabilidade rotativa, (e) elevação ativa da perna reta, (f) estabilidade do tronco (flexão de braços), (g) mobilidade do ombro.



Fonte: Cook, G Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movement as an assessment of function. Int J Sports Phys Ther, 2014.

#### 3.8.4. Exercícios

A execução dos exercícios de mobilidade sendo executada junto aos procedimentos de um aquecimento irá enfatizar os movimentos artrocinemáticos, realizadas em posições confortáveis de modo que os indivíduos movimentam as articulações dentro de uma ADM ativa e à medida que forem se adaptando utilizando uma própria força para desempenhar levemente uma ADM passiva de maneira que estimule mais a cápsula articular e os mecanorreceptores. Dependendo do nível de mobilidade do praticante e da tarefa a ser desempenhada, em alguns desses procedimentos pode acrescentar materiais para ajudar a realizar os movimentos estabilizando membros ou articulações que não precisam se movimentar e melhorando o movimento artrocinemático das articulações que requerem essa mobilidade, ou efetivar a intensidade, aumentando a sobrecarga e adaptando o sistema neuromuscular a um estresse adicional em relação à mobilidade, caso as atividades subsequentes irá necessitar do desenvolvimento de grandes ADM em uma alta intensidade, os materiais geralmente são a utilização de elásticos, *kettlebell*, pesos, e barras.

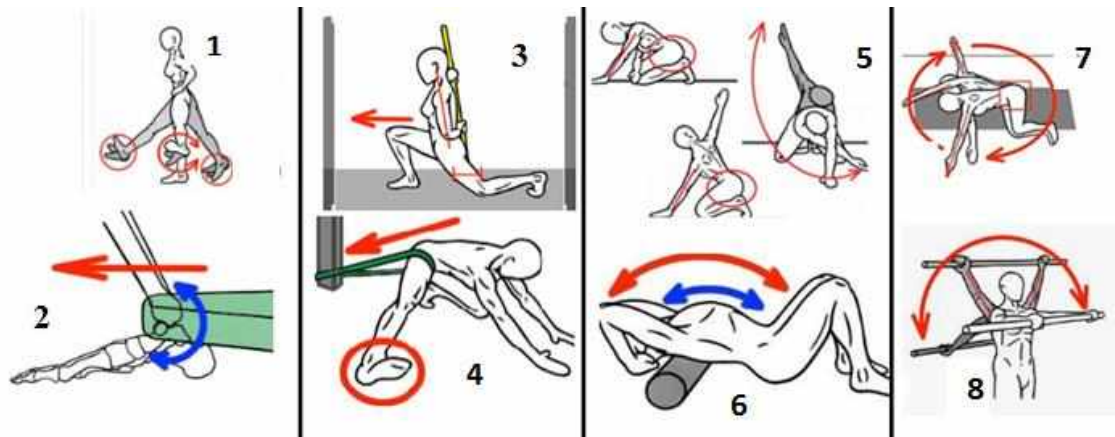
A respiração durante os exercícios de mobilidade, também é um dos fatores que é necessário se atentar durante a prática, devendo ser de maneira suave e relaxada, inspirando e expirando de forma profunda durante os movimentos, diminuindo assim o fluxo de estímulos para os músculos hiperativos mais tensos. Uma respiração lenta acompanhando o ritmo do exercício irá estimular o sistema parassimpático deixando os tecidos ao redor das articulações mais propensos a desenvolver uma maior ADM, porém, é um fator que irá depender da condição de estresse que o atleta irá estar no momento, da individualidade biológica e o período na estruturação do aquecimento. Geralmente, a realização dos movimentos de mobilidade no aquecimento irá depender dos exercícios que o indivíduo irá realizar, e das articulações que eles mais movimentam durante o exercício principal, ocorrendo uma especificidade dos movimentos nas articulações, e estimulação coordenativa.

A periodização associada aos exercícios na fase de pré-exercício aos exercícios associados demonstram a execução de 1 a 3 séries para cada exercício, de 3 a 4 exercícios para a mesma articulação ou articulações diferentes, a maioria do volume relatado, em torno de 5 a 15 repetições (SILVA B.F.N et al, 2017; BOYLE M, 2018; CRUZ-DIÁZ, D et al, 2020). No entanto, a maneira de periodização depende de vários fatores como principalmente: o grau de mobilidade das articulações, o nível de treinamento, a duração e recuperação da atividade seguinte e a estruturação de treino principal que irá ser desenvolvido, podendo assim ser adaptada pelos treinadores.

Algumas variações dos exercícios focadas nas articulações do tornozelo, quadril, torácica e glenoumeral com o próprio peso corporal e com acessórios de sobrecarga ou para apoio, podem ser visualizadas na (Figura 13) como: 1) giros no tornozelo, 2) automobilização do tornozelo com elástico, 3) extensão total do quadril, 4) distração articular do quadril em posição quadrúpede 5) girar e alcançar 6) extensão da coluna torácica no rolo de espuma, 7) mobilidade da glenoumeral em decúbito lateral, 8) mobilidade da glenoumeral com o bastão.



Figura 13 - 1) giros no tornozelo, 2) automobilização do tornozelo com elástico, 3) extensão total do quadril, 4) distração articular do quadril em posição quadrúpede, 5) girar e alcançar, 6) extensão da coluna torácica no rolo de espuma, 7) mobilidade da glenoumeral em decúbito lateral, 8) mobilidade glenoumeral com o bastão.



Fonte: <https://www.prehabexercises.com/> (2014)

### 3.9. EFEITOS DE MOBILIDADE ARTICULAR NO PRÉ-EXERCÍCIO

Alguns estudos citam as palavras “mobilidade” ou o ato “mobilizar” em movimentos incluídos no pré-exercício, principalmente em fases de alongamentos dinâmicos, se referindo ao conceito de flexibilidade, e não ao desempenho da integridade articular em uma ADM funcional com as técnicas descritas, o que se relaciona mais com os exercícios específicos de mobilidade, mas isso pode ocorrer devido às divergências e adaptações das terminologias em diferentes localidades sendo necessária a observação da metodologia dos estudos. Em um estudo recente Cruz-Diáz D et al. (2020) investigaram os benefícios das técnicas de automobilização, com exercícios de mobilidade em praticantes de Cross Fit que tiveram na região do tornozelo, no movimento de flexão dorsal do tornozelo, e os resultados demonstraram que os movimentos foram eficazes para todos os voluntários da pesquisa, gerando uma melhor ADM e controle postural dinâmico, reduzindo também a instabilidade durante os treinos.

Em uma pesquisa Hammer A.M (2017) comparou técnicas de alongamento estático, e três procedimentos de mobilizações articulares, dentre eles o exercício de extensão completa do quadril em uma posição semi-ajoelhada, o movimento demonstrou um aumento significativo no desempenho da ADM, assim como os outros procedimentos do estudo. Um efeito após os exercícios de mobilidade relacionado à força muscular, foi resultado de outro estudo, por meio de exercícios de mobilidade no protocolo de aquecimento, e foram

encontrados ganhos significativos de ADM e aumento de uma carga total de um treino de força muscular dos membros inferiores (SILVA B.F.N et al, 2017). Melhorias agudas na força muscular após aplicações de mobilização são mostradas também na literatura diretamente em indivíduos saudáveis, sendo preservado durante 30 minutos após algumas técnicas, demonstrando que as mobilizações antes do exercício físico podem ter um impacto no desempenho esportivo, sugerindo assim sua inclusão nas fases de aquecimento (ERSOY U et al, 2018).

Após entender sobre os componentes fisiológicos que envolvem a mobilidade articular e os resultados que alguns estudos relataram no pré-exercício, as possíveis explicações para esses efeitos durante os exercícios de mobilidade se inicia no movimento controlado das articulações que irá estimular de maneira eficiente a lubrificação pelo líquido sinovial nas superfícies da cartilagem, e ao mesmo tempo com o auxílio das cargas impostas nas compressões durante o movimento, o líquido oscilará entre uma ADM ativa e passiva, fornecendo oxigênio e nutrientes aos condrócitos na cartilagem articular, além de remover o dióxido de carbono e outros metabólicos. Com a sintetização de mais materiais biológicos os tecidos conjuntivos periarticulares são renovados e como esses tecidos circundam as articulações, no movimento ele irá se distender ao alcançar maiores amplitudes, sofrendo assim uma ação deformadora, armazenando e liberando energia elástica, dando uma maior estabilidade durante o movimento e proporcionando um maior suporte de cargas naquela região mobilizada (STANDRING, 2010; NEUMANN, 2011; TORTORA; DERRICKSON, 2016).

Devido ao estiramento causado na articulação em uma grande amplitude desenvolvida por esses exercícios, possivelmente também irá ocorrer uma alteração na viscoelasticidade resultando em uma diminuição da rigidez passiva e um maior aumento da tolerância á distensão devido á sensação de dor alterada, por acionar repetitivamente os mecanorreceptores aos quais bloqueiam as vias nociceptivas no nível da medula espinal do tronco encefálico (MAGNUSSON, S. P et al, 1996). A estimulação das terminações nervosas na cápsula sinovial durante os movimentos passivos e dos mecanorreceptores nos tecidos moles em geral das articulações, irá melhorar a transmissão de informações para o SNC gerando uma maior consciência corporal, como foi relatado por meio dos reflexos dos milhares de receptores nas regiões mobilizadas pelo estiramento mecânico (HALL, J.E; GUYTON, A.C, 2011).

Os receptores articulares no geral ajudam a detectar uma posição estática e senso de velocidade de movimento dos receptores do tipo I, mudança de velocidade do movimento nos receptores do tipo II, senso de direção do movimento dos receptores do tipo I e III, regulação do tônus muscular dos receptores do tipo I, II, e III, e estímulos nociceptivos dos receptores do tipo IV (KISNER & COLBY, 2016). A melhoria da velocidade dessas informações geradas por esses receptores e consequentemente o aumento da consciência corporal pode explicar o desempenho melhorado da propriocepção, e assim do controle postural dinâmico, já que os mecanorreceptores das articulações respondem à deformação mecânica da cápsula e dos ligamentos, sobre a posição, velocidade e direção dos movimentos das articulações e do corpo, para a aplicação no esporte.

Os mecanismos responsáveis pelo aumento de força muscular podem estar relacionados na literatura também por esses reflexos desempenhados na articulação, principalmente pelos mecanorreceptores tônicos e fásicos dos aferentes periarticulares, os exercícios de mobilidade poderão alterar propriedades inibitórias que levam a hipomobilidade articular via células motoras do corno anterior que causa reduções na força muscular, o mecanismo desses reflexos que ocorrem durante a mobilização irá alterar essa situação através da regulação negativa dessa entrada inibitória na atividade da unidade motora (WARMERDAM A et al, 1999; ERSOY, U et al, 2018; PAGE P, et al, 2010). Devido à especificidade e a posição dos movimentos articulares aplicados durante a prática de alguns dos exercícios específicos de mobilidade, o aumento da TM ao realizar as repetições contribuem para o aumento de força assim como outros efeitos que explicam os alongamentos dinâmicos e os aquecimentos específicos, mas ainda são necessários mais estudos que apontem essas explicações.

Segundo estes estudos apresentados, exercícios direcionados as articulações sendo semelhantes ou iguais aos demonstrados, promoveram efeitos imediatos relatando uma maior ADM, força muscular, e controle postural. Os exercícios de mobilidade podendo ser aplicados previamente às competições esportivas ou principalmente nos meios de treinamento podem promover benefícios no desempenho em alguns esportes, como por exemplo, o levantamento de peso olímpico ao analisarmos o agachamento overhead, observa-se que exige de uma ampla mobilidade simultânea de várias articulações como tornozelo, quadril, coluna torácica e glenoumeral, deslocando a barra com uma alta intensidade do solo para o ponto mais alto acima da cabeça em uma posição agachada, necessitando de uma grande amplitude de

movimento, força muscular e controle postural, assim como em outros esportes e treinos de força.

### **3.9.1. Estruturação dos exercícios de mobilidade no pré-exercício**

Após um aquecimento geral com o aumento da temperatura tem se tornado apropriado à utilização de exercícios de mobilidade ou de alongamentos, a fim de tornar mais eficiente a capacidade da ADM para o desempenho das modalidades serem realizadas, o exercício leve no aquecimento geral, já estimula inicialmente a lubrificação nas superfícies articulares durante os movimentos, além de elevar o fluxo sanguíneo para o músculo por meio do aumento da temperatura no organismo, ocorrendo uma mudança substancial na elasticidade do tecido (PETROFSKY J.S et al. 2013). Essa alteração pode ser mais eficiente com um alongamento dinâmico, e também com os exercícios de mobilidade, não excluindo o fato de promover também um bom desempenho por si só, com seus próprios efeitos a um longo prazo em treinos específicos.

O benefício dos exercícios de mobilidade no pré-exercício é que além de estar associado à flexibilidade, irá proporcionar um melhor desempenho da coordenação neuromuscular em todos os padrões de movimentos funcionais nas tarefas principais. No entanto, mesmo com a proposta durante o aquecimento, para saber em qual momento e quais os outros métodos são eficientes combinar nessa fase, é necessário que o treinador realize algumas análises antes da estruturação do protocolo, como: as capacidades físicas prevalentes da modalidade esportiva, as ações articulares dos principais movimentos que irão ser realizados, a população que será direcionada por meio dos objetivos dos alunos, e os estressores ambientais, para assim, após uma avaliação geral manipular as cargas de treinamento e a duração, correspondente à atividade subsequente.

Em relação a atividade, atletas de esportes com predominância em força se concentram em elevar as temperaturas por meio de exercícios específicos para esportes que simulam as demandas da competição, estimulando a ativação neural suficientemente após o desempenho dos padrões de recrutamento motor aplicáveis, uma vez que a ativação neural é um efeito maior para atletas de modalidades de força e potência, em comparação com atletas de resistência (SALE D, 2004). A ativação e bom funcionamento do sistema nervoso se tratam de uma das principais características dos exercícios de mobilidade, dos alongamentos

dinâmicos e dos aquecimentos específicos. Entretanto, além dos esportes de força, outras modalidades de movimentos não cíclicos com predominâncias de resistência aeróbica possuem movimentos multidirecionais, como trocas rápidas de posições, e ações articulares em uma grande ADM coordenada como: arremessar uma bola, realizar um drible ou um saque, entre outras ações, que os efeitos da mobilidade podem favorecer.

Já os atletas dos esportes de longa duração com predominância em resistência de modo cíclico como: corredores de maratona e ciclistas há algumas divergências sobre o aquecimento na literatura, e podem obter menos benefícios dos procedimentos de ativação e mobilização comparados aos atletas de tênis, por exemplo, ou de esportes em equipes que possuem movimentos acíclicos. Esportes com predominância em resistência aeróbica cíclica possuem o principal objetivo de melhorar a prontidão fisiológica através da ativação de sistemas energéticos predominantes e padrões de movimento, sem produzir calor metabólico desnecessário que pode se tornar mais limitador de desempenho quanto mais tempo durar um evento (GONZÁLEZ-ALONSO J et al, 2008; MCGOWAN J.C, et al, 2015).

Não há estudos que apontam um protocolo ideal ou uma ordem exata para incluir os métodos que foram relatados em cada treinamento ou modalidade esportiva, isso irá depender da individualidade biológica e do esporte que será praticado, mas os métodos mais estudados são os aquecimentos gerais, seguido de alongamentos e terminando com um aquecimento específico (FRADKIN A.J et al. 2010). Os estudos demonstraram bons resultados em pelo menos dois desses procedimentos no pré-exercício e dentre os alongamentos, o dinâmico tem se destacado pelo fato de haver uma estreita semelhança entre os padrões de movimento de alongamento e exercício; podem elevar a temperatura central, aumentando a velocidade de condução nervosa, a complacência muscular e o ciclo enzimático, acelerando a produção de energia, e esse alongamento e as atividades dinâmicas que oferecem tendem a aumentar a força muscular, em vez de diminuir como pode ocorrer com o alongamento estático prolongado (BISHOP, 20013; BEHM D.G, 2015).

Devido às mudanças fisiológicas e os efeitos dos exercícios de mobilidade semelhantes a estes procedimentos mais consolidados, até mesmo por incluir no seu procedimento o envolvimento da flexibilidade e pela proximidade que os conceitos apresentam, esse método pode ser apropriado na aplicação antes de realizar uma atividade principal, como nos esportes que exigem uma maior ADM funcional, melhor ativação neural e controle postural nos padrões de movimento. É importante que o desempenho

proprioceptivo esteja em boas condições após a realização de um plano de exercícios de mobilidade alterando qualquer função de rigidez para não prejudicar o controle postural no esporte, ocasionando em uma compensação nos segmentos estruturais.

Alguns estudos mencionam a fase de ativação que se trata de um aquecimento específico, junto aos alongamentos em trechos dinâmicos, com os principais músculos que precisam ser ativados para produzir os movimentos proporcionando a ativação e a flexibilidade, além de efetivar o período de aquecimento evitando uma duração prolongada, e mantendo o aumento da temperatura de modo eficiente (JEFFREYS I, 2007; RACINAIS et al, 2017). A duração prolongada de um protocolo de aquecimento ativo pode levar a um alto gasto energético e até mesmo fadiga muscular durante o aquecimento, saber adequar o protocolo ao tempo é um fator importante na estruturação para obter um melhor resultado, mas cabe ao treinador unir ou não alguns desses métodos no pré-exercício.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nas evidências desta revisão, por meio da integridade dos componentes fisiológicos básicos, os efeitos promovidos pelos exercícios de mobilidade articular prévios ao esporte podem ser explicados por: um aumento na ADM devido a uma maior lubrificação pelo líquido sinovial, diminuição da rigidez passiva musculotendínea, e possíveis alterações dos sistemas centrais de dor; um aumento do controle postural devido à consciência corporal aumentada pela estimulação dos receptores proprioceptivos na cápsula articular, melhorando a velocidade de reflexos; e a alteração de propriedades inibitórias que podem prejudicar a força muscular.

Contudo, podemos concluir que devido aos benefícios apresentados dos efeitos causados pelos exercícios de mobilidade articular, e por ser um termo amplo que é associado à flexibilidade e a coordenação neuromuscular, pode ser apropriado incluir este método junto aos protocolos de aquecimento geral, alongamentos, e aquecimentos específicos, nos meios de treinamento como a musculação e o treinamento funcional, e em esportes relacionados à força e mudanças de movimentos multidirecionais, sendo que os efeitos de mobilidade estão relacionados à melhora da ADM promovida ao movimento das atividades funcionais, uma melhora do controle postural dinâmico, e possivelmente uma melhora no desempenho de força muscular, não relatando reduções de força com a aplicabilidade desses exercícios. Porém, é necessário desenvolver mais estudos utilizando os exercícios de mobilidade e

verificando o desempenho esportivo para melhores evidências científicas. A descrição da fisiologia básica da mobilidade articular pode ajudar na produção de novos estudos e na estruturação de um aquecimento ativo ao incluir um protocolo de exercícios de mobilidade articular.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKLAND TR, ELLIOTT BC, BLOOMFIELD J. **Anatomia e Biomecânica Aplicadas no Esporte**. 2 ed. São Paulo: Manole, 2011.

Aguilar, A. J., DiStefano, L. J., Brown, C. N., Herman, D. C., Guskiewicz, K. M., & Padua, D. A. A Dynamic Warm-up Model Increases Quadriceps Strength and Hamstring Flexibility. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2012; 26(4), 1130–1141.

Akbulut, T., & Agopyan, A. Effects of an Eight-Week Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching Program on Kicking Speed and Range of Motion in Young Male Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 2015; 29(12), 3412–3423.

Albuquerque CV, Maschio JP, Gruber CR, de Souza RM, Hernandez S. Efeito agudo de diferentes formas de aquecimento sobre a força muscular. **Fisioter Mov** 2011; 24(2): 221-229.

Alipasali F, Papadopoulou SD, Gissis I, et al. The Effect of Static and Dynamic Stretching Exercises on Sprint Ability of Recreational Male Volleyball Players. **Int J Environ Res Public Health**, 2019.

Alter, M.J. Science of flexibility. **Human Kinetics Publishers**. 1996; Champaign.

Bacurau, R. F. P., Monteiro, G. A., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Cabral, L. F., & Aoki, M. S. Acute Effect of a Ballistic and a Static Stretching Exercise Bout on Flexibility and Maximal Strength. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 2009; (23) 1, 304–308.

Barroso, R., Tricoli, V., Santos Gil, S. dos, Ugrinowitsch, C., & Roschel, H. Maximal Strength, Number of Repetitions, and Total Volume Are Differently Affected by Static-, Ballistic-, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 2012; 26(9), 2432–2437.

Basar, M. J., Stanek, J. M., Dodd, D. D., & Begalle, R. L. The Influence of Corrective Exercises on Functional Movement Screen and Physical Fitness Performance in Army ROTC Cadets. **Journal of Sport Rehabilitation**. 2018; 1–26.



Behm, D. G., & Chaouachi, A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*. 2011.

Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D., & McHugh, M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. ***Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism***. 2015; 41(1), 1–11.

Bickel, Hugo. **Tudo é fisioterapia**, 2011. Disponível em: <<http://tudoefisioterapia.blogspot.com/search?updated-max=2011-10-03T14:57:00-07:00&max-results=7>>. Acesso em: 02 de maio de 2020.

Bieze, A, Gnacinski, M, Rouse, A, and Sunderberg, S. Effects of a chronic PNF stretching program on speed and explosiveness in division 3 collegiate athletes. ***J Undergrad Kin Res*** 2: 21–25, 2006.

Bishop, D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. ***Sports Medicine***. 2003; 33(6) 439-454.

Bishop, D. Warm-up II: Performance changes following active warm-up and how to structure the warm-up. ***Sports Med***. 2003; 33(7) 483-498.

BOYLE, Michael. **Avanços no treinamento Funcional**. Porto Alegre: Artmed, 2015.

BOYLE, Michael. **O novo modelo de treinamento Funcional de Michael Boyle**. 2 Ed. Porto Alegre: Artmed, 2018.

Bradley, PS, Olsen, PD, and Portas, MD. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. ***J Strength Cond Res*** 21: 223–226, 2007

Butterfield TA, Herzog W. Effect of altering starting length and activation timing of muscle on fiber strain and muscle damage. ***J Appl Physiol***. 2006; 1489–1498.

Byrne, Paul J.; Kenny, John; O' Rourke, Brian Acute Potentiating Effect of Depth Jumps on Sprint Performance. ***Journal of Strength and Conditioning Research***, 2014.

CLANDININ, D. Jean. CONELLY, F. Michael. **Pesquisa narrativa: experiências e história na pesquisa qualitativa**. Tradução: Grupo de Pesquisa Narrativa e Educação de Professores ILEEL/UFU. Uberlândia: EDUFU, 2011.

Cook G, Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movement as an assessment of function – part 1. **Int J Sports Phys Ther**. 2014; 9(4):549-563.

Cook, G Burton L, Hoogenboom BJ, Voight M. Functional movement screening: the use of fundamental movement as an assessment of function – part 2. **Int J Sports Phys Ther**. 2014; 9(3):396-409. 4.

Cupps B. Postural Control: a current view. **Neuro Developmental Treatment**, 14. p. 3-8, jan/fev. 1997.

Cruz-Díaz, D., Hita-Contreras, F., Martínez-Amat, A., Aibar-Almazán, A., & Kim, K.-M. Ankle-Joint Self-Mobilization and CrossFit Training in Patients With Chronic Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial. **Journal of Athletic Training**. 2020; doi:10.4085/1062-6050-181-18

Curry, B. S., Chengkalath, D., Crouch, G. J., Romance, M., & Manns, P. J. Acute Effects of Dynamic Stretching, Static Stretching, and Light Aerobic Activity on Muscular Performance in Women. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 2009; 23: 1811–1819.

ENOKA, R.M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2000.

Ersoy, U., Kocak, U. Z., Unuvar, E., & Unver, B. The Acute Effect of Talocrural Joint Mobilization on Dorsiflexor Muscle Strength in Healthy Individuals: A Randomized Controlled Single Blind Study. **Journal of Sport Rehabilitation**, 2018.

Faigenbaum, AD, Bellucci, M, Bernieri, A, Bakker, B, and Hoorens, K. Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. **J Strength Cond Res**. 2005; 19: 376–381.

Findley, Thomas W. Second international fascia research congress. **International journal of therapeutic massage & bodywork** vol. 2,2 1-6. 29 Jun. 2009.

Fletcher, I. M., & Monte-Colombo, M. M. An Investigation into the Effects of Different Warm-Up Modalities on Specific Motor Skills Related to Soccer Performance. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 2010; 24(8), 2096–2101.

Fradkin, A. J., Zazryn, T. R., & Smoliga, J. M. Effects of Warming-up on Physical Performance: A Systematic Review With Meta-analysis. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 2010; 24(1), 140–148.

Freeman, M A, and B Wyke. “The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat.” **Journal of anatomy**, 1967.

Fung YC. Structure and Stress-Strain Relationship of Soft Tissues. **American Zoologist**. 1984; 24(1):13-22.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002

González-Alonso J, Crandall CG, Johnson JM. The cardiovascular challenge of exercising in the heat. **J Physiol**. 2008.

Gray SR, De Vito G, Nimmo MA, et al. Skeletal muscle ATP turnover and muscle fiber conduction velocity are elevated at higher muscle temperatures during maximal power output development in humans. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**.

Grigg, P. Peripheral Neural Mechanisms in Proprioception. **Journal of Sport Rehabilitation**. 1994; 3(1), 2–17.

Guissard, N., & Duchateau, J. Neural Aspects of Muscle Stretching. **Exercise and Sport Sciences Reviews**. 2006; 34(4), 154–158.

Hammer, A. M., Hammer, R. L., Lomond, K. V., & O’Connor, P. Acute changes of hip joint range of motion using selected clinical stretching procedures: A randomized crossover study. **Musculoskeletal Science and Practice**, 2017; 32, 70–77

HALL, John Edward; GUYTON, Arthur C. Guyton & Hall **Tratado de fisiologia médica**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

Hensel, H. **Temperaturregulation. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie**, 3. Thieme Verlag, Stuttgart, 1973.

Herda, T.J., Herda, N.D., Costa, P.B., Walter-Herda, A.A., Valdez, A.M., and Cramer, J.T. 2013. The effects of dynamic stretching on the passive properties of the muscle-tendon unit. **J. Strength Cond. Res.** 2013;31(5):479-87.

Hindle, KY, Whitcomb, TJ, Briggs, WO, and Hong, J. Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. **J Hum Kin** 31: 105–113, 2012.

Iwata M, Yamamoto A, Matsuo S, Hatano G, Miyazaki M, Fukaya T, Fujiwara M, Asai Y and Suzuki S. Dynamic Stretching Has Sustained Effects on Range of Motion and Passive Stiffness of the Hamstring Muscles. **J Sports Sci Med.** 2019 Mar; 18(1): 13–20.

Jaggers, J.R, Swank, A.M, Frost, K.L, Lee CD. The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power. **J Strength Cond Res.** 2008; 22:1844–1849.

Jeffreys I. Warm-up revisited: The ramp method of optimizing warm-ups. **Prof Strength Cond.** 2007;6:12-8.

KISNER, Carolyn; COLBY, Lynn A. **Exercícios Terapêuticos: Fundamentos e Técnicas.** 6ª Ed. Barueri, SP: Manole, 2016.

Konrad A, Budini F, Tilp M. Efeitos agudos do torque constante e do alongamento constante do ângulo nas propriedades do tecido muscular e tendíneo. **Eur J Appl Physiol** . 2017; 117 (8): 1649-1656.

LAKATOS. Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

Langdown, B. L., Wells, J. E. T., Graham, S., & Bridge, M. W. Acute effects of different warm-up protocols on highly skilled golfers' drive performance. **Journal of Sports Sciences.** 2018; 1-9.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios? Conceitos fundamentais de Neurociência.** 2ª Ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

Magnusson, S. P., Simonsen, E. B., Aagaard, P., Sørensen, H., & Kjaer, M. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. **The Journal of physiology,** 1996.

Makofsky H, Panicker S, Abbruzzese J, et al. Immediate Effect of Grade IV Inferior Hip Joint Mobilization on Hip Abductor Torque: A Pilot Study. **J Man Manip Ther.** 2007;15(2):103–110.

Mann, D. P., & Jones, M. T. Guidelines to the Implementation of a Dynamic Stretching Program. **Strength and Conditioning Journal.** 1999; 21:53.

McCrary, J. M., Ackermann, B. J., & Halaki, M. A systematic review of the effects of upper body warm-up on performance and injury. **British Journal of Sports Medicine.** 2015; 49(14), 935–942.

MCGINNIS, Peter M. **Biomecânica do esporte e do exercício 3 ed.** Porto Alegre: Artmed, 2015.

McGowan, C. J., Pyne, D. B., Thompson, K. G., & Rattray, B. Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. **Sports Medicine.** 2015; 45(11) 1523–1546.

McNair PJ, Dombroski EW, Hewson DJ, Stanley SN. Stretching at the ankle joint: viscoelastic responses to holds and continuous passive motion. **Med Sci Sport Exer,** 2001.

Mitchell, UH, Myrer, JW, Hopkins, JT, Hunter, I, Feland, JB, and Hilton, SC. Acute stretch perception alteration contributes to the success of the PNF “contract-relax” stretch. **J Sport Rehabil.** 2007; 85– 92.

NEUMANN, Donald A. **Cinesiologia do Aparelho musculoesquelético: Fundamentos para Reabilitação.** 2ª Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

Nicoli, A. I. V.; Cordova, K. O.; Barreto, A. C. L. Y. G.; Novaes, J. S. Influência dos diferentes tipos de aquecimento no número de repetições nos exercícios resistidos. **Arquivos em Movimento.** Vol. 3. Num. 2. 2007. p.42-55.

Norris, C.M. The complete guide to stretching, 1st edn. **Human Kinetics Publishing,** Windsor, 1999; p 23–76.

Page P, Frank C, Lardner R. Assessment and Treatment of Muscle Imbalance: The Janda Approach. Campaign, IL: **Human Kinetics;** 2010.

Petrofsky JS, Laymon M, Lee H. Effect of heat and cold on tendon flexibility and force to flex the human knee. **Med Sci Monit.** 2013;19:661–667. Published 2013 Aug 12. doi:10.12659/MSM.889145.

POWERS, Scott K.; HOWLEY, Edward T. **Fisiologia do exercício : Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho.** 8. ed. Barueri : Manole, 2014.

Proske, U., & Gandevia, S. C. The Proprioceptive Senses: Their Roles in Signaling Body Shape, Body Position and Movement, and Muscle Force. **Physiological Reviews.** 2012; 92(4), 1651–1697.

Racinais S, Cocking S, Périard JD. Sports and environmental temperature: From warming-up to heating-up. **Temperature (Austin).** 2017;4(3):227-257.

Reiman MP, Matheson JW. Restricted hip mobility: clinical suggestions for self-mobilization and muscle re-education. **Int J Sports Phys Ther.** 2013;8(5):729–740.

RIBEIRO, F. M. et al. Influência aguda do alongamento passivo e do aquecimento específico na capacidade de desenvolver carga máxima no teste de 10 RM. **Fitness Performance Journal,** v. 6, n. 1, p. 5-9, 2007.

Rosengart M. **Prehab Exercises,** 2014. Disponível em: <<https://www.prehabexercises.com/>> Acesso em: 02 de maio de 2020.

Sá, M. A., Matta, T. T., Carneiro, S. P., Araujo, C. O., Novaes, J. S., & Oliveira, L. F. Acute Effects of Different Methods of Stretching and Specific Warm-ups on Muscle Architecture and Strength Performance. **Journal of Strength and Conditioning Research.** 2016; 30(8), 2324–2329.

Safran, M. R., Seaber, A. V., & Garrett, W. E. Warm-Up and Muscular Injury Prevention. **Sports Medicine.** 1989; 8(4), 239–249.

Sale D. Postactivation potentiation: role in performance. **Br J Sports Med.** 2004;38(4):386–387.

Sato, S., Kiyono, R., Takahashi, N., Yoshida, T., Takeuchi, K., & Nakamura, M. The acute and prolonged effects of 20-s static stretching on muscle strength and shear elastic modulus. **PLOS ONE.** 2020; 15(2), e0228583 .

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 1 ed. São Paulo: Cortez, 2014.

Sharman, M.J., Cresswell, A.G. & Riek, S. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching. **Sports Med**. 2006; 929–939.

Shultz, Rebecca & Anderson, Scott & Marcello, Brandon & Besier, Thor. Test-Retest and Interrater Reliability of the Functional Movement Screen. **Journal of athletic training**, 2013.

Silva B.F.N., Santos, P.H.L., et al. Efeitos agudos do aquecimento específico e exercícios de mobilidade articular no desempenho de repetições máximas e volume de treinamento. **ConScientiae Saúde**. 2017, 16(1)

Simão R, Senna G, Leitão N, Arruda R, Priore M, Maior AM, et al. Influência dos diferentes protocolos de aquecimento na capacidade de desenvolver carga máxima no teste de 1RM. **Fit Perf J**. 2004; 3(5):261-5.

STANDRING, S. **Gray's Anatomia. A base anatômica da prática clínica**. 40a Ed. Elsevier Editora Ltda: Rio de Janeiro: 2010.

Stevanovic, VB, Jelic, M, Milanovic, S, Filipovic, SR, Mikic MJ, Stojanovic, M. Sport-specific warm-up attenuates static stretching induced negative effects on vertical jump but not neuromuscular excitability in basketball players. **Journal of Sports Science & Medicine**, 2019.

Stoboy, H. **Neuromuskuläre Funktion und körperliche Leistung**. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1972.

TAYLOR, D.C. et al. Viscoelastic properties of muscle-tendon units: The biomechanical effects of stretching. **Am J Sports Med**, v.18, n.3, p.300-8, 1990.

TORTORA, Gerard J.; DERRICKSON, Bryan. **Princípios de anatomia e fisiologia**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

Turk, D. J. , Van Bussel, K., Waiter, G., & Macrae, C. N. Mine and me: exploring the neural basis of object ownership. **Journal of Cognitive Neuroscience**. 2011; 23(11), 3657-3668.

Walsh EG. Postural thixotropy: a significant factor in the stiffness of paralysed limbs? **Paraplegia**. 1992;30:113–115.

Warmerdam A. *Arthrokinematic Therapy: Improving Muscle Performance through Joint Manipulation*. **Wantagh, NY: Pine Publications**; 1999. pp. 32–44.

Wiewelhove, Thimo et al. A Meta-Analysis of the Effects of Foam Rolling on Performance and Recovery. **Frontiers in physiology** vol. 10 376. 9 Apr. 2019, doi:10.3389/fphys.2019.00376.

WEINECK, J. **Biologia do Esporte**. Barueri, SP: Manole, 2005.

WEINECK, J. **Treinamento Ideal**. 9<sup>a</sup> Ed. São Paulo: Manole, 2003.

Yamaguchi T, Ishii K. Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. **J Strength Condit Res**. 2005; 19:677–683.

Young, W. B., & Behm, D. G. Should Static Stretching Be Used During a Warm-Up for Strength and Power Activities?. **Strength and Conditioning Journal**. 2002; 24(6), 33–37.