



Cinesiologia e Biomecânica

Cinesiologia e Biomecânica

Túlio Bernardo Macedo Alfano Moura

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Dirceu Costa Junior

Mateus Betanho Campana

Editorial

Camila Cardoso Rotella (Diretora)

Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Letícia Bento Pieroni (Coordenadora)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Moura, Túlio Bernardo Macedo Alfano
M929c Cinesiologia e biomecânica / Túlio Bernardo Macedo
Alfano Moura. – Londrina : Editora e Distribuidora
Educacional S.A., 2018.
168 p.

ISBN 978-85-522-0535-7

1. Mecânica humana. 2. Biomecânica. 3. Cinesiologia.
4. Fisioterapia. I. Moura, Túlio Bernardo Macedo Alfano.
II. Título.

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

CDD 612.76

2018

Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza

CEP: 86041-100 – Londrina – PR

e-mail: editora.educacional@kroton.com.br

Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Conceitos e princípios cinesiológicos e biomecânicos do movimento humano	7
Seção 1.1 - Cinesiologia e Biomecânica estrutural	9
Seção 1.2 - Conceitos cinemáticos do movimento humano	23
Seção 1.3 - Conceitos cinéticos do movimento humano	36
Unidade 2 Cinesiologia e biomecânica do movimento humano: membros superiores, tronco e coluna vertebral	49
Seção 2.1 - Cinesiologia e biomecânica do sistema ósseo	51
Seção 2.2 - Cinesiologia e biomecânica dos membros superiores	63
Seção 2.3 - Cinesiologia e biomecânica do tronco e coluna vertebral	77
Unidade 3 Cinesiologia e biomecânica do movimento humano: membros inferiores e sistema locomotor	93
Seção 3.1 - Cinesiologia e biomecânica dos membros inferiores	95
Seção 3.2 - Cinesiologia e biomecânica do sistema locomotor	110
Seção 3.3 - Análises relacionadas ao sistema locomotor	122
Unidade 4 Marcha humana e movimentos no meio fluido	135
Seção 4.1 - Cinesiologia postural	136
Seção 4.2 - Cinesiologia da marcha	145
Seção 4.3 - Movimentos no meio fluido	154

Palavras do autor

O movimento humano é de natureza complexa. É recorrente a dúvida sobre como o movimento é organizado, surge ou podemos analisar seus principais parâmetros. Assim, a fim de chegarmos às principais respostas, necessitamos de áreas de estudo que contemplem tais temas. Por isso, para estudar o movimento humano, temos a Cinesiologia e Biomecânica.

Neste livro, você poderá conhecer alguns aspectos relacionados à Cinesiologia e Biomecânica. Os principais conceitos da área serão abordados, além da explicação da diferença entre os dois termos, uma vez que é comum confundi-los. Na primeira unidade serão apresentados os conceitos gerais, os princípios fundamentais e as possibilidades para análises cinemáticas e cinéticas.

Na Unidade 2, você conhecerá mais sobre o sistema ósseo e suas características, além da Cinesiologia e Biomecânica dos membros superiores e tronco, cujas articulações, músculos, funções, influência de cargas e possíveis lesões serão apresentados. A terceira unidade abrangerá a Cinesiologia e Biomecânica dos membros inferiores e o sistema locomotor e será importante para conhecer os mais variados aspectos relacionados à marcha humana e possíveis análises.

Na Unidade 4, a cinesiologia postural, da marcha e movimentos no meio fluido serão apresentados. Entender como nossa postura é analisada em posições estáticas e dinâmicas poderá auxiliar na compreensão da posição corporal em diversos movimentos. Durante todo o livro são apresentadas situações-problema, as quais relacionarão os conteúdos abordados com possíveis situações práticas a serem enfrentadas por você em sua carreira profissional. Além disso, quadros explicativos, *links* úteis para pesquisa e exercícios para retenção do conhecimento estão presentes, garantindo que, neste livro, além do saber, você saiba aplicar o seu conhecimento.

Bons estudos!

Conceitos e princípios cinesiológicos e biomecânicos do movimento humano

Convite ao estudo

Caro aluno, seja bem-vindo à primeira unidade de estudo deste material. Entender como o movimento é realizado, suas causas e descrições é importante para o profissional de Educação Física. Por meio das análises cinesiológicas e biomecânicas, podemos identificar possíveis erros na realização de movimentos, como também ajustá-los com o intuito de melhorar o desempenho na tarefa.

Para desenvolvermos nosso estudo durante esta unidade, será apresentada uma situação geradora de aprendizagem que englobará os conhecimentos e as informações adquiridas durante toda a unidade. Por meio desta situação será possível desenvolver diferentes formas de aplicar na prática, como profissionais de Educação Física, os conhecimentos teóricos abordados na unidade.

Pense em uma instituição escolar estadual que possui a concepção de que o esporte é uma ação transformadora do cidadão, desenvolvendo os aspectos afetivos, sociais e motores dos seus alunos. A mesma escola tem a grande tradição de investir em diversos esportes e obter grandes resultados no Campeonato Estadual Esportivo, um evento que reúne as modalidades esportivas olímpicas. Com o intuito de melhorar os resultados obtidos em todas as modalidades, os profissionais de Educação Física da instituição organizaram uma semana de reuniões para compartilhar conhecimentos sobre esta área.

As reuniões eram ministradas pelos professores ou profissionais de Educação Física contratados para abordar um tema específico. Um deles, André, professor formado em Educação Física, foi convidado a apresentar e compartilhar conhecimentos sobre a área de Cinesiologia e Biomecânica, com o objetivo de auxiliar os profissionais da instituição com temas relacionados à área, contribuindo para a melhora do desempenho dos alunos em cada esporte e, assim, obtendo melhores resultados no Campeonato Estadual Esportivo. Portanto, como André poderia organizar os conteúdos a serem apresentados durante a semana de reuniões?

As possíveis respostas para este questionamento estão fundamentadas nos conteúdos abordados nas seções da unidade. Na primeira seção, serão abordados os principais conceitos relacionados à Cinesiologia e Biomecânica, além das características estruturais, como os planos e eixos de movimento. Também serão apresentados princípios que fundamentam a área. Na segunda seção, você conhecerá os aspectos relacionados à cinemática do movimento humano e formas de avaliação. Por fim, na terceira seção, serão destacados os aspectos relacionados à cinética do movimento e suas formas de avaliação. Agora que você já conhece o conteúdo da unidade, chegou a hora de se aprofundar nas seções apresentadas e desenvolver com excelência sua formação acadêmica.

Seção 1.1

Cinesiologia e Biomecânica estrutural

Diálogo aberto

Nesta seção, você poderá compreender os principais conceitos relacionados à área de Cinesiologia e Biomecânica. Para isso, retorne à ideia da situação geradora de aprendizagem: para melhorar o seu desempenho no Campeonato Estadual Esportivo, os professores de uma instituição organizaram uma semana de reuniões para compartilhar conhecimentos sobre as mais diversas áreas relacionadas à Educação Física. Nesta reunião, André foi convidado a apresentar sobre Cinesiologia e Biomecânica.

Ao organizar o conteúdo para a reunião, André pensou que poderia iniciar com a apresentação dos principais conceitos sobre o tema, auxiliando o entendimento dos professores sobre a área. Para tanto, ele lhe chamou para organizar e responder tais tópicos durante a apresentação para os professores. Dessa forma, ele organizou seus primeiros tópicos com as seguintes perguntas:

- O que é Cinesiologia?
- O que é Biomecânica?
- Quais são os planos e eixos de movimento?
- Quais são os princípios fundamentais da área?

Como você responderia a tais perguntas?

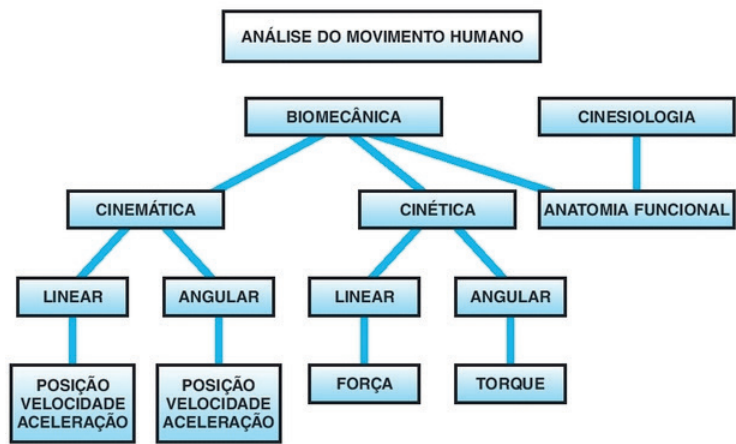
Não pode faltar

É comum durante nosso dia a dia observarmos as pessoas e os acontecimentos ao nosso redor. Um dos principais fenômenos observados refere-se ao movimento. Como um bebê realiza seus primeiros passos? Como a bengala pode auxiliar o marchar de um idoso? Como o atleta do salto com vara realiza o movimento vertical para ganhar maior altura? Será que estou realizando o movimento

correto na academia? Meu aluno chutou a bola corretamente? Certamente, você já se perguntou ou despertou interesse sobre um movimento humano característico. Assim, como veremos a seguir, a área da Cinesiologia e Biomecânica está mais próxima de nossas reflexões cotidianas do que imaginamos.

De acordo com Hall (2000), a Cinesiologia é considerada o estudo do movimento humano. Por causa de seu conceito abrangente, muitas vezes ocorre confusão a respeito do conceito dos termos Cinesiologia e Biomecânica. No entanto, caro aluno, podemos relacionar a análise cinesiológica à uma observação do movimento e identificação e detalhamento das contribuições anatômicas e fisiológicas para o movimento. Ainda segundo Hall (2000), a biomecânica é a aplicação de princípios mecânicos no estudo dos organismos vivos. Entende-se por mecânica o ramo da física que analisa as ações de forças sobre partículas e sistemas mecânicos. A mecânica possui dois ramos: a estática, que trata de sistemas em constante movimento, e a dinâmica, que trata de sistemas submetidos à aceleração (HALL, 2000). Para o melhor entendimento dos tipos de análise de movimento, observe a Figura 1.1.

Figura 1.1 | Tipos de análises de movimento



Fonte: Hamill e Knutzen (2012, p. 4).

Como você pode ver, a Cinesilogia e a Biomecânica são áreas próximas e procuram compreender os aspectos relacionados ao movimento humano. A análise cinesiológica e biomecânica pode ser realizada em hospitais, clínicas, escolas, clubes, praças esportivas, dentre outros. Outro fator importante é que as análises podem atender a toda a população, desde crianças até idosos, identificando características do movimento, sejam eles gerais, como o marchar, ou específicos, como arremesso tipo *jump* no basquete.

Para realizar tais análises necessitamos entender como ocorre a descrição dos movimentos, posições e orientações do corpo com uma terminologia específica, sendo esta a “linguagem padrão” utilizada por profissionais da área da saúde. Para isso, foi adotada a posição anatômica de referência, que é caracterizada pelo corpo em postura ereta, com a cabeça voltada para a frente, os braços ao lado do tronco com as palmas das mãos viradas para a frente e as pernas unidas com os pés direcionados para a frente.



Assimile

Cinesilogia: considerada o estudo do movimento humano.

Biomecânica: aplicação de princípios mecânicos no estudo dos organismos vivos.

Mecânica: ramo da Física que analisa as ações de forças sobre partículas e sistemas mecânicos.

Estática: subcategoria da mecânica que trata de sistemas em constante movimento.

Dinâmica: subcategoria da mecânica que trata de sistemas submetidos à aceleração.

A posição anatômica de referência pode ser entendida de acordo com a Figura 1.2.

Figura 1.2 | Posição anatômica de referência



Fonte: <<https://personallplus.wordpress.com/2015/09/12/posicao-anatomica/>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

A partir da posição anatômica de referência, podemos descrever a posição do corpo, com base em alguns termos direcionais presentes na área da Cinesiologia e Biomecânica:

- **Superior:** posição mais próxima da cabeça.
- **Inferior:** posição mais afastada da cabeça.
- **Anterior:** parte da frente, sinônimo de ventral.
- **Posterior:** parte de trás, sinônimo de dorsal.
- **Medial:** posição próxima da linha mediana do corpo.
- **Lateral:** afastado da linha mediana do corpo.
- **Proximal:** posição mais próxima do ponto de referência.
- **Distal:** posição mais afastada do ponto de referência.

Uma vez que conhecemos a posição anatômica de referência e os termos direcionais utilizados nesta área, é importante compreender como descrever o movimento humano. Um método universalmente utilizado para esta descrição é o sistema de planos e eixos, que fornece informações precisas ao traçar linhas imaginárias que “dividem” o corpo. São conhecidos três planos imaginários que dividem a massa do corpo em três dimensões. O grupo desses planos denomina-se **planos cardinais**. Podemos relatar que um movimento ocorre em um plano específico quando ele ocorre ao longo ou paralelamente a esse plano.

Planos e Eixos

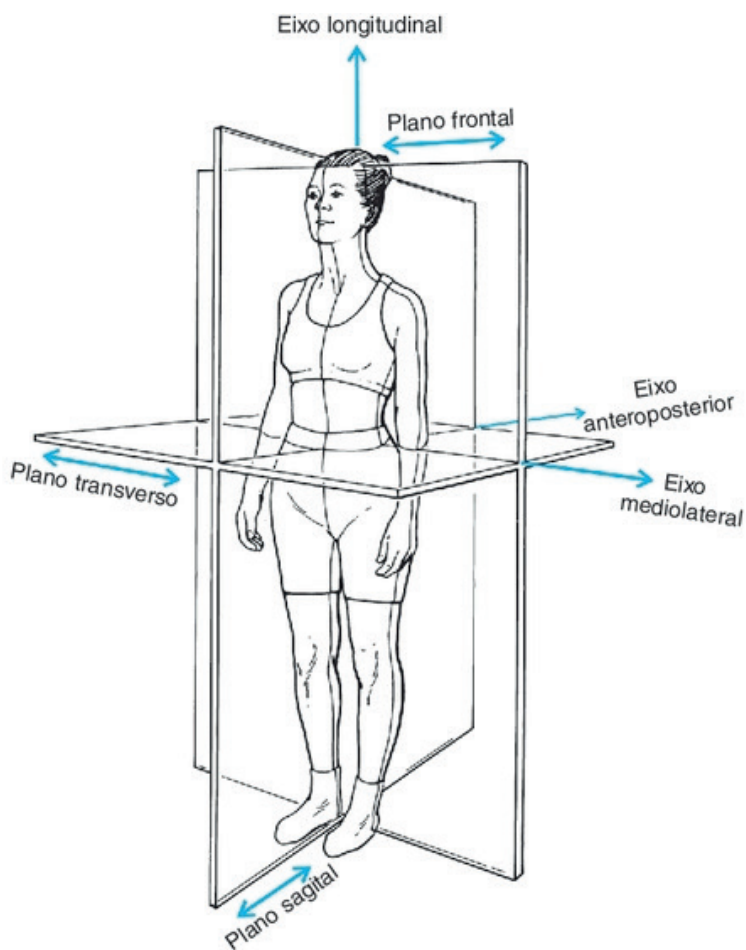
Agora que você sabe que existem três tipos de planos cardinais, detalharemos a seguir o nome dos planos, os eixos presentes e as possibilidades de movimento. Além disso, é importante destacar que os eixos imaginários de rotação são perpendiculares aos planos anatômicos.

Plano sagital: também conhecido como plano anteroposterior, divide o corpo em lados direito e esquerdo, que têm a mesma massa. Os movimentos presentes neste plano ocorrem no **eixo mediolateral** (perpendicular ao plano). Os movimentos articulares característicos são a flexão, extensão e hiperextensão.

Plano frontal: chamado também de plano coronal, divide o corpo verticalmente em parte da frente (anterior) e parte de trás (posterior). Os movimentos presentes neste plano ocorrem no **eixo anteroposterior** (perpendicular ao plano), também conhecido como eixo sagital. Os movimentos articulares característicos são a abdução e a adução.

Plano transversal: também conhecido como plano horizontal, divide o corpo em partes superior e inferior. Os movimentos presentes neste plano ocorrem no **eixo longitudinal** (perpendicular ao plano), também denominado como eixo vertical. Os movimentos articulares característicos são a rotação interna, rotação externa, pronação e supinação.

Figura 1.3 | Planos e eixos do corpo humano



Fonte: Hamill e Knutzen (2012, p. 19).

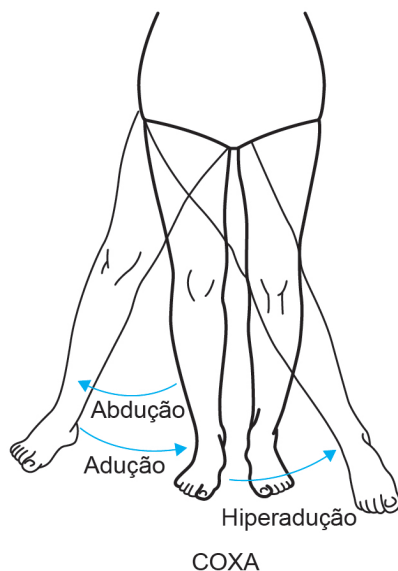


Refleta

Apesar dos movimentos característicos de cada plano anatômico, será que possuímos tarefas específicas que exijam movimentos simultâneos em dois planos distintos?

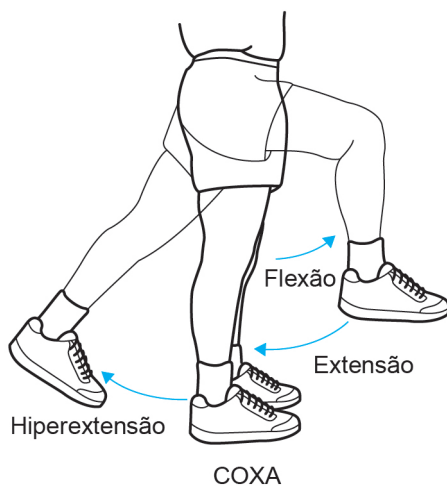
Veja a seguir alguns exemplos dos movimentos que ocorrem nos planos cardinais abordados.

Figura 1.4 | Abdução, adução e hiperadução



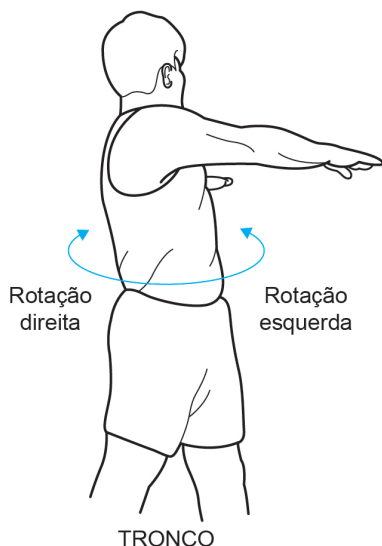
Fonte: Hamill e Knutzen (2012, p. 14).

Figura 1.5 | Hiperextensão, flexão e extensão



Fonte: Hamill e Knutzen (2012, p.13).

Figura 1.6 | Rotação direita e rotação esquerda



Fonte: Hamill e Knutzen (2012, p. 14).



Pesquise mais

No texto a seguir, você poderá obter mais informações a respeito da Biomecânica, seus conceitos e métodos de medição. Procure fazer a leitura do artigo das páginas 1 a 13.

AMADIO, A. C. et al. **Introdução à Biomecânica para análise do movimento humano**: descrição e aplicação dos métodos de medição. 1999. Disponível em: <www.luzimarteixeira.com.br/wp-content/uploads/2010/02/biomecanica-descricao-e-aplicacao-de-metodos.pdf>. Acesso em: 22 set. 2017.

Formas de movimento

Você conhecerá agora as diferentes formas de movimento que existem. No entanto, como você conceituaria o movimento? Quais as classificações que podemos fazer a respeito deste termo? E por fim, qual a relação destas classificações com a Cinesiologia e Biomecânica?

O movimento pode ser considerado uma mudança na posição ou postura do corpo ao longo do tempo, em relação a um ponto de referência no ambiente. Podemos classificá-lo de duas maneiras, a saber: movimento linear e movimento angular. A seguir, você compreenderá que cada tipo possui sua particularidade e que ambos estão relacionados com a área de estudo deste livro didático.

O movimento linear, também conhecido como movimento de translação, é caracterizado pelo movimento ao longo de um trajeto (pense em uma linha imaginária) retilíneo ou curvilíneo, considerando que todas as partes do corpo não apresentam movimentação entre si. Os movimentos ginásticos são exemplos de movimentos lineares. Uma das formas de se realizar a análise linear é por meio da trajetória do centro de massa. O centro de massa pode ser entendido como o “ponto no qual toda a massa de um corpo está equilibrada igualmente em todas as direções” (HALL, 2000, p. 48). Porém, outros pontos corporais podem ser analisados, como cabeça, ombro, joelhos etc.

O movimento angular é caracterizado pelo movimento ao redor de uma linha imaginária, denominada eixo de rotação. Diferentemente dos movimentos lineares, os segmentos do corpo não apresentam a mesma distância de movimento em um determinado período de tempo. As análises podem ser realizadas por meio da mensuração de ângulos relativos e absolutos, que serão abordados na Seção 2 desta unidade.



Podemos realizar análises sobre movimentos lineares e angulares em uma mesma tarefa, como no arremesso de 7 metros no handebol. A análise linear pode ser feita ao observarmos a trajetória e velocidade da bola, do momento em que esta perde contato com a mão até o objeto chegar ao gol. Para análise angular, podemos mensurar os ângulos relativos do ombro, cotovelo e punho durante a fase preparatória do arremesso.

Princípios fundamentais da Biomecânica

Alguns princípios na Biomecânica podem explicar as características dos movimentos em geral. Um exemplo destes princípios são as 3 leis de Newton, que permeiam a Cinesiologia e a Biomecânica até os dias atuais. Agora, caro aluno, leia com atenção as três leis formuladas por Sir Isaac Newton (1642-1727).

Lei da Inércia

A lei estabelece que **um corpo manterá seu estado de repouso ou de velocidade constante, a não ser quando influenciado por uma força externa capaz de modificá-lo**. A inércia pode ser considerada como a resistência à aceleração ou desaceleração. Portanto, um corpo ou objeto permanecerá em repouso ou em uma mesma velocidade a menos que uma força haja sobre ele.

Lei da Aceleração

A lei estabelece que **uma força aplicada a um corpo acarreta uma aceleração desse corpo de magnitude proporcional à força, na direção da força e inversamente à massa do corpo**. De acordo com Floyd (2002), a aceleração pode ser definida como a rapidez na mudança da velocidade. Exemplo: a força necessária para acelerar uma mulher de 60 quilos é maior do que a força para acelerar uma mulher de 50 quilos.

Lei da Reação

Esta lei estabelece que **para cada ação, existe uma reação igual e oposta**. Por exemplo, ao correr, a força aplicada pelos membros inferiores do indivíduo no momento de realizar a passada no chão é devolvida em igual magnitude. Uma característica dessa lei é que ela continua válida mesmo em situações em que os corpos em contato possuem massas muito diferentes.

Sem medo de errar

Relembrando a situação-problema apresentada, uma instituição que pretende participar de um importante evento esportivo escolar decide organizar uma semana de reuniões entre os profissionais de Educação Física para compartilhar informações e aprendizados. André foi convidado para apresentar temas relacionados à Cinesiologia e Biomecânica. Para auxiliá-lo, ele lhe chamou para apresentar temas gerais da área, como os principais conceitos e as informações relacionadas aos planos e formas de movimento e princípios fundamentais da Biomecânica.

A primeira ação a ser realizada é identificar o nível de conhecimento de seu público sobre o assunto em questão. Dessa forma, antes de apresentar os conceitos de Cinesiologia e Biomecânica, você pode perguntar aos professores da instituição sobre tais significados. Após a resposta deles, poderá, então, iniciar sua apresentação.

Os planos e eixos de movimento podem ser apresentados com exemplos específicos das modalidades esportivas praticadas na instituição. Apresentar exemplos práticos para os professores poderá contribuir para o entendimento do conteúdo. Outra forma de garantir maior participação dos outros profissionais é pedindo para que estes forneçam exemplos. Finalmente, para encerrar esta primeira parte sobre os conceitos gerais, apresente as três leis de Newton como princípios fundamentais, ou seja, aqueles que permeiam os movimentos na área de estudo. Citar e exemplificar as leis (inércia, aceleração e reação) acrescentará no entendimento dos professores sobre as características do movimento humano.

Adaptação de materiais na aprendizagem

Descrição da situação-problema

Com base em seus estudos nesta seção da Unidade 1, vamos à seguinte situação-problema. Você é um profissional de Educação Física contratado pelo clube de sua cidade. Em uma parceria com a escola municipal, seu clube receberá vinte crianças de 10 a 12 anos de idade para uma experiência prática de atletismo. No entanto, uma das maiores preocupações dos diretores é sobre a adaptação de materiais, uma vez que, para a prova de arremesso de peso, só existem materiais com especificação para treinamento de adultos, ou seja, materiais pesados demais para as crianças. Como você resolveria tal situação? E como fundamentaria sua ideia para a diretoria do clube?

Resolução da situação-problema

Você poderá realizar uma adaptação de materiais para desenvolver a prova do arremesso de peso neste evento de experiência prática para as crianças. Com base na Segunda Lei de Newton (Lei da Aceleração): uma força aplicada a um corpo acarreta uma aceleração desse corpo de magnitude proporcional à força, na direção da força e inversamente à massa do corpo, ou seja, com um material mais leve (menor massa), como bolas de *medicine ball* ou bolas de borracha, a aceleração do implemento do arremesso do peso será maior. Assim, as crianças poderão vivenciar sem riscos esta prática fornecida pelo clube.

Faça valer a pena

1. A área de Cinesiologia e Biomecânica abrange diversos termos e conceitos que as caracterizam. No entanto, para entender o surgimento desta área, é necessário que tenhamos o conhecimento de _____, uma subcategoria da mecânica que trata de sistemas em constante movimento.

Qual alternativa a seguir preenche corretamente a lacuna apresentada?

- a) Mecânica.
- b) Dinâmica.
- c) Estática.
- d) Cinética.
- e) Cinemática.

2. Fernando é um garoto de 14 anos que nunca desenvolveu a habilidade do correr; o menino sempre teve problemas com a prática de exercícios físicos. No entanto, seus pais, preocupados com a situação, resolveram colocar Fernando em uma escolinha de futebol perto de sua casa. Em sua primeira aula, ao calçar as chuteiras e ir para campo, Fernando participou da atividade de chutar a bola ao gol. Como a bola está muito cheia, no momento do chute, que foi aplicado com grande força, o garoto sentiu dor em seu pé.

Qual princípio biomecânico explicaria a dor de Fernando no momento do chute?

- a) Lei da Aceleração.
- b) Lei da Inércia.
- c) Lei da Reação.
- d) Centro de massa.
- e) Movimento linear.

3. Vimos que, para facilitar a análise do movimento humano, são utilizados planos de referência imaginários que atravessam o corpo. Assim, os três planos de seção considerados são: sagital, frontal e transversal. Sobre os planos aprendidos na aula, observe as alternativas a seguir e assinale V para verdadeiro e F para falso:

- () O plano sagital divide o corpo em anterior e posterior, e os movimentos presentes nesse plano ocorrem no eixo mediolateral.
- () O plano frontal divide o corpo em lado direito e lado esquerdo, e os movimentos nesse plano ocorrem no eixo anteroposterior.
- () O plano transversal divide o corpo em parte superior e parte inferior, e os movimentos nesse plano ocorrem no eixo longitudinal.
- () Os movimentos característicos do plano frontal são: adução e abdução.
- () No plano transversal, os movimentos característicos são: flexão e extensão.
- () Os movimentos característicos do plano sagital são: rotação interna, rotação externa, supinação e pronação.

Selecione a alternativa correta referente aos planos de referências do corpo humano:

- a) V – V – V – F – F – F.
- b) F – F – V – V – F – F.
- c) V – F – V – F – F – V.
- d) F – F – F – V – F – V.
- e) V – F – V – F – V – F.

Seção 1.2

Conceitos cinemáticos do movimento humano

Diálogo aberto

Após o conhecimento sobre os principais conceitos e aspectos relacionados à Cinesiologia e Biomecânica, iremos iniciar nesta seção os conceitos relacionados às análises cinemáticas: o conceito, as noções básicas de ângulos absolutos e relativos, além das formas de avaliação na cinemática.

Este estudo auxiliará no desenvolvimento dos conhecimentos acerca da análise do movimento humano. Assim, os principais objetivos são: entender o conceito e aplicação de cinemática; compreender os aspectos básicos relacionados aos ângulos relativos e absolutos; identificar possíveis formas de avaliação do movimento utilizando a análise cinemática.

Para pautar seu aprendizado, vamos relembrar a situação geradora de aprendizagem. Como abordado anteriormente, André foi contratado por uma instituição de ensino que participará de um importante campeonato. O rapaz tem a função de explicar fatores relacionados à Cinesiologia e Biomecânica para os professores da instituição, com o objetivo de melhorar os resultados esportivos. André verificou que os professores captaram bem os conceitos de Cinesiologia e Biomecânica apresentados e, assim, decidiu ilustrar situações que poderiam acontecer durante as aulas dos esportes desenvolvidos. Dessa forma, saberia a conduta adotada pelo professor da instituição.

Ele apresentou a seguinte situação: Como avaliar o desenvolvimento de corrida de um aluno na equipe de atletismo para a prova dos 100 metros rasos? Quais parâmetros relacionados à cinemática do movimento poderiam estar envolvidos? Como você, companheiro de profissão de André, responderia a tais perguntas?

Não pode faltar

Em eventos esportivos, é comum deparar-se com diversas informações a respeito dos resultados dos atletas envolvidos na disputa. Na natação, por exemplo, podemos ver quem conseguiu nadar os 50 metros livre em menor tempo. No atletismo, verificamos em qual ponto da prova dos 100 metros o vencedor alcançou maior aceleração para ultrapassar seus concorrentes e, assim, garantir a medalha de ouro. É comum ficarmos espantados com as grandes velocidades atingidas no automobilismo ou com a velocidade da bola após um saque forte de um tenista. As variáveis descritas nos exemplos apresentados referem-se à cinemática do movimento humano. No entanto, o que seria a cinemática? Por que ela é importante para análise de movimentos?

Para responder aos questionamentos apontados, além de nossa situação-problema, serão abordados os conceitos cinemáticos nesta seção. Segundo McGinnis (2012), a cinemática pode ser entendida como a parte da dinâmica relacionada à descrição do movimento. Assim, é possível compreender a importância das principais informações em eventos esportivos.

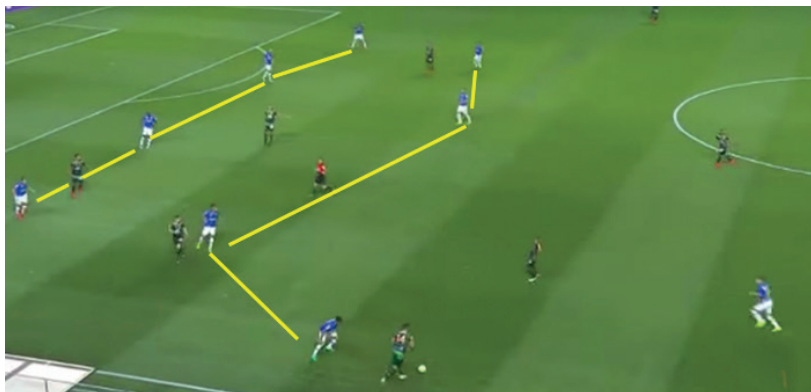
A cinemática pode ser dividida em duas formas, a saber: cinemática linear e cinemática angular. As classificações presentes possuem relação com os conceitos de movimento linear e angular apresentados na Seção 1.1. Para relembrar, o movimento linear está relacionado com o movimento ao longo de um trajeto (retilíneo ou curvilíneo), sendo que as partes do corpo não apresentam movimentação entre si. Em contrapartida, no movimento angular, as partes do corpo não apresentam a mesma distância de movimento durante um período de tempo. Portanto, a cinemática linear está relacionada ao movimento linear, enquanto que a cinemática angular provém do movimento angular.

Cinemática linear

Variáveis como a distância, direção, velocidade e aceleração fazem parte da cinemática linear. Assim, para entendermos os tipos de análises que podem ser realizadas a partir da cinemática linear, serão apresentados componentes importantes.

O primeiro componente é a **posição**. Para compreender um movimento precisamos do conhecimento sobre a posição, a qual pode ser considerada como o lugar no espaço. Parece uma variável simples, no entanto, ela é essencial para as análises, como se vê na Figura 1.7.

Figura. 1.7 | Exemplo de posição



Fonte: <<http://globoesporte.globo.com/blogs/especial-blog/painel-tatico/autor/leonardo-miranda/28.html>>. Acesso em: 13 set. 2017.

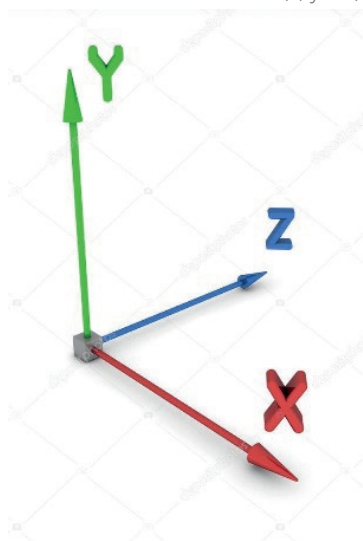


Exemplificando

Para saber a posição e o deslocamento de jogadores de futsal, basquete e handebol, por exemplo, precisamos adotar um sistema de coordenadas cartesianas com três dimensões, ou seja, três eixos de coordenadas (X, Y e Z).

Na figura apresentada, fica clara a importância de se saber sobre a posição de uma pessoa ou objeto. No caso do futebol, o conhecimento da posição do adversário pode auxiliar o outro time a atacar e defender melhor. No entanto, como analisar a posição de um determinado indivíduo em relação a um ambiente? René Descartes (1596-1650) pensou nisso ao determinar o sistema de coordenadas cartesianas. Tudo que precisamos fazer é encontrar um ponto de origem, considerando que todas as medidas de posições sairão dele. Caso o movimento ocorra em duas dimensões, temos dois eixos de coordenadas (x e y). Quando o movimento ocorre em três dimensões, teremos três eixos de coordenadas (x, y e z). Veja a Figura 1.8.

Figura 1.8 | Sistema com três eixos de coordenadas (x, y e z)



Fonte: <<http://www.fotosearch.com.br/CSP554/k5542969/>>. Acesso em: 2 out. 2017.

Com o eixo de coordenadas, é possível descrever não só a posição de um sujeito no espaço, mas também seu deslocamento no mesmo espaço. É importante ressaltar que *distância* e *deslocamento* são termos parecidos, no entanto, com diferenças conceituais. A distância é considerada uma grandeza escalar, podendo ser mensurada de um ponto a outro. Em contrapartida, o deslocamento é uma grandeza vetorial, ou seja, ele sofre influência da direção em que ocorre o movimento. Assim, de acordo com Hall (2000), a distância percorrida e o deslocamento podem ser iguais para um determinado movimento. No entanto, poderão ser diferentes quando o movimento não é realizado de forma retilínea.

Quando pensamos no deslocamento ou distância percorrida por um indivíduo durante um determinado período de tempo, podemos ver também a velocidade e rapidez desta pessoa. McGinnis (2012) conceitua rapidez como a taxa de movimento, enquanto que a velocidade é a taxa de movimento em um sentido específico. Estas diferenças muitas vezes são esquecidas durante conversas informais, mas são completamente presentes na mecânica.

Para descobrirmos a rapidez de um atleta durante a prova dos 100 metros rasos, precisamos saber seu tempo ao final da prova,

uma vez que já sabemos o quanto ele percorreu. Assim, a rapidez média é resultado da razão entre a distância percorrida e o tempo, representada na seguinte fórmula:

Rapidez média = distância/tempo.

A distância é calculada em metros (m) e o tempo em segundos (s).

No caso de Usain Bolt, ao bater o recorde mundial dos 100 metros no Campeonato Mundial de Atletismo em Berlim, em 2009, a rapidez média foi de 10,44 m/s. Isso porque:

$$\text{Rapidez média} = 100\text{m} / 9,58\text{s} = 10,44 \text{ m/s}$$

Outra variável relacionada à cinemática linear é a aceleração, que pode ser definida como a taxa de variação na velocidade. A aceleração média é definida como a razão da variação da velocidade pelo tempo que esta variação dura. Ou seja:

$$\text{Aceleração média (m/s}^2\text{)} = \Delta v / \Delta t$$

Assim: Δv = Variação na velocidade (em m/s) e Δt = Variação no tempo (em segundos).



Refleta

Em quais situações esportivas o conhecimento da rapidez média e da aceleração média pode auxiliar na compreensão do movimento para os profissionais de Educação Física?

Movimento projétil

O projétil pode ser considerado como um corpo em queda livre que está sujeito apenas às forças da gravidade e à resistência do ar (HALL, 2000). Alguns exemplos de projéteis são: uma bola de basquete durante o arremesso ou o dardo durante o lançamento no atletismo. Ou seja, são objetos que se deslocam no ar com uma trajetória definida pelas forças aplicadas e se movimentam sem ajuda.

O movimento projétil pode ser classificado em horizontal e vertical, uma vez que os objetivos almejados entre os dois tipos são distintos. No movimento horizontal, o objetivo é alcançar a maior distância, por exemplo, a trajetória de um atleta no salto em distância.

Em contrapartida, no movimento vertical o objetivo é atingir a maior altura, como a trajetória de um atleta no salto em altura.

No caso do movimento projétil vertical, o principal fator que influencia a trajetória é a força da gravidade. Ela acelera os corpos em direção vertical para a superfície da terra. A força gravitacional é constante, ou seja, ela não muda e é representada pelo valor de $-9,81 \text{ m/s}^2$. É importante salientar que este valor será o mesmo, independentemente do tamanho ou massa do objeto. Veja na Figura 1.9 um exemplo de trajetória de movimento projétil no sentido vertical.

Figura 1.9 | Exemplo de movimento projétil vertical: malabarismo



Fonte: <<http://www.comregras.com/se-o-me-quer-consenso-entao-fale-com-o-psd-ah-e-verdade-esses-estao-de-birra/malabarismo/>>. Acesso em: 12 set. 2017.

No movimento de projétil horizontal, a resistência do ar influencia a trajetória, ou seja, a distância obtida. Uma bola arremessada alcançará maior distância se tiver um vento a favor, ao invés de um vento contra. Assim, este componente é caracterizado por ser um componente variável. Por conseguinte, três fatores influenciam a trajetória de um projétil: o ângulo de projeção, a velocidade e a altura relativa.

De acordo com Hall (2000), o ângulo de projeção é a direção na qual um corpo é projetado em relação à horizontal. Este componente está relacionado com o formato da trajetória do projétil. Caso o ângulo de projeção seja perfeitamente vertical, a trajetória adotará o mesmo caminho, ou seja, retilíneo. No entanto, se o ângulo de projeção for oblíquo (entre 0° e 90°), a trajetória será parabólica, isto é, em forma de parábola. Um exemplo prático da

importância do ângulo de projeção é o arremesso no basquetebol e o lançamento do dardo no atletismo, sendo que o ângulo será componente influenciador da trajetória dos implementos.

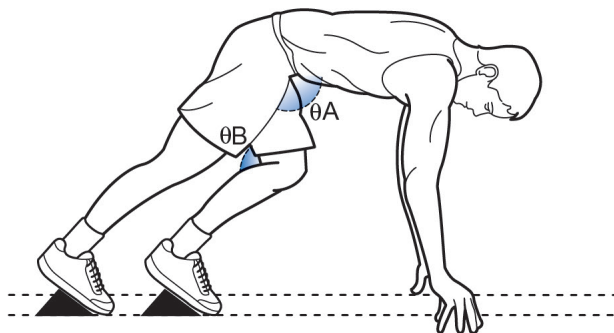
A velocidade de projeção é outro fator que poderá interferir na trajetória do projétil. Esta influência ocorrerá tanto no sentido vertical, quanto no horizontal. Por exemplo, a velocidade adotada durante uma ação vertical determinará a maior altura obtida pelo projétil. Além disso, se a trajetória ocorrer em ângulo oblíquo, a velocidade influenciará tanto a altura como o deslocamento horizontal na trajetória. Por fim, a altura de projeção relativa é a diferença entre a altura da qual o corpo é inicialmente projetado e a altura em que aterrissa.

Ângulos relativos e ângulos absolutos

Antes de entender os diferentes tipos de ângulos, é importante apresentar o conceito de **ângulo**. O mesmo é composto por duas linhas que fazem intersecção em um vértice. A análise dos ângulos durante os movimentos pode auxiliar na compreensão da realização das atividades. Tal tipo de avaliação permite identificar possíveis erros nas técnicas de movimento, por meio da análise de segmentos e articulações. No corpo humano, podemos analisar os movimentos de acordo com os **ângulos relativos** e os **ângulos absolutos**.

O ângulo relativo pode ser definido como o ângulo na articulação entre os eixos longitudinais de segmentos corporais adjacentes (HALL, 2000). Um exemplo é o ângulo relativo do joelho, que é formado pelo eixo longitudinal da coxa e da perna. Na Figura 1.10 é apresentado um exemplo de ângulo relativo.

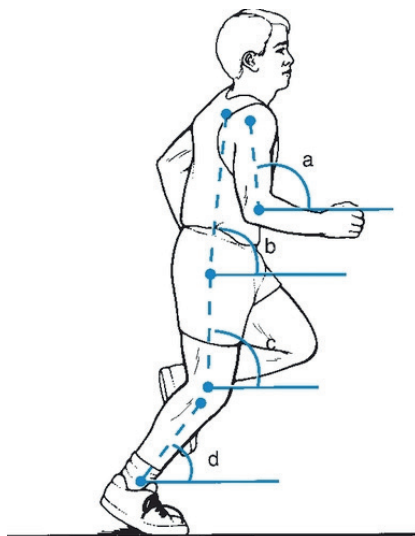
Figura 1.10 | Ângulo relativo do quadril (A) e ângulo relativo do joelho (B) durante saída no atletismo



Fonte: Adaptado de Reis, Leite e Moro (2007, [s/p]).

O ângulo absoluto pode ser definido como a orientação angular de um segmento corporal em relação a uma linha de referência fixa (HALL, 2000). Um exemplo disso é a mensuração do ângulo absoluto do tronco durante um movimento esportivo específico. Veja um exemplo na Figura 1.11.

Figura 1.11 | Ângulos absolutos de braço, tronco, coxa e perna



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2012, p. 334).



Ângulo relativo: ângulo formado na articulação entre os eixos longitudinais de segmentos corporais adjacentes (HALL, 2000). Para este ângulo ser mensurado, deve existir um ponto entre duas linhas adjacentes, ou seja, segmentos.

Ângulo absoluto: orientação angular de um segmento corporal em relação a uma linha de referência fixa (HALL, 2000). Para mensurar este ângulo, uma linha deve ser traçada.

Formas de avaliação na cinemática

Agora que você já sabe as principais variáveis cinemáticas, resta saber como elas são mensuradas, ou seja, como é possível realizar análises cinemáticas. Essas análises podem ser realizadas a partir do registro de imagens e consistem na fotogrametria ou cinemetria. A fotogrametria é um método de obtenção de informações das pessoas a partir do registro das interpretações de imagens. Este método é muito utilizado para identificação de possíveis desvios posturais. Normalmente, é realizado com uma câmera fotográfica.

A cinemetria também consiste no registro de imagens, mas, além das fotos, também pode ser realizada por meio do registro em vídeo e reconstrução biomecânica dos pontos marcados no corpo, o que auxilia na digitalização do movimento. Atualmente, existem diversos sistemas de captura de movimento, sendo os mais sofisticados realizados em três dimensões (3D).

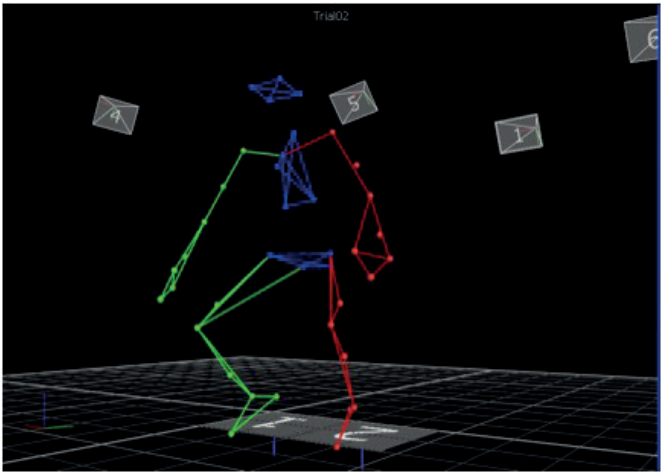
Na cinemetria, a frequência da imagem deve estar de acordo com a frequência natural em que ocorre o movimento. Os sistemas mais utilizados são aqueles fundamentados no processamento digital, ou seja, registro em vídeo e processamento e interpretação por meio de *softwares* no computador. Fatores como o número e posicionamento das câmeras, luminosidade do ambiente, frequência de registro da imagem e familiarização com o sistema podem influenciar as análises. A análise cinemática pode auxiliar na compreensão de movimentos específicos, identificação de erros, avaliações quantitativas ou qualitativas, avaliação postural, dentre outros. Veja a Figura 1.12, que representa uma análise cinemática.

Figura 1.12 | Exemplo de posicionamento de marcadores (pontos corporais) para análise cinemática



Fonte: Moura (2016, p. 64).

Figura 1.13 | Exemplo de reconstrução digital para análise cinemática



Fonte: <<http://health.utah.edu/physical-therapy-athletic-training/research/motion-analysis-core/equipment.php>>. Acesso em: 12 set. 2017.



Na Cinesilogia e Biomecânica é possível encontrar diferentes formas de análise e mensuração de variáveis. No texto a seguir você poderá aprender mais sobre os métodos utilizados na análise cinemática. Foque sua leitura nas páginas de 4 a 7, que abordam a cinemática, tema desta seção.

AMADIO, Alberto C. et al. **Métodos de medição em biomecânica do esporte**: descrição de protocolos para aplicação nos centros de excelência esportiva. 2016. Disponível em: <<http://www.def.ufla.br/marcoantonio/wp-content/uploads/2016/05/M%C3%A9todos-de-medi%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2017.

Sem medo de errar

Nesta seção, foi levantada a situação-problema relacionada à cinemática. Como avaliar o desenvolvimento de corrida de um aluno na equipe de atletismo para a prova dos 100 metros rasos? Quais parâmetros relacionados à cinemática do movimento poderiam estar envolvidos?

Para responder a tais perguntas, utilize o conteúdo desenvolvido nesta seção. Para avaliar o desenvolvimento da corrida do aluno, podemos gravar o aluno durante o correr e, assim, analisar a técnica de corrida. Além disso, variáveis cinemáticas lineares e angulares podem ser interpretadas, como rapidez média, aceleração e ângulos absolutos e relativos durante a corrida. Essas variáveis devem ser analisadas diversas vezes, para que você, profissional de Educação Física, possa comparar as variáveis e gravações, verificando se houve melhora no movimento do aluno.

Avançando na prática

Ajustando o arremesso no basquetebol

Descrição da situação-problema

Roberto é professor de Educação Física de uma instituição escolar. No contraturno de suas aulas, o profissional tem uma escolinha de basquetebol para os alunos nas dependências da escola. Ao ensinar os fundamentos da modalidade, Roberto repara que alguns alunos têm grande dificuldade no arremesso, ou seja, não conseguem acertar a cesta. Como Roberto pode solucionar tal problema?

Resolução da situação-problema

Roberto deve relembrar os ensinamentos adquiridos a respeito da Cinesiologia e Biomecânica em sua vida acadêmica. Para melhorar o arremesso, o professor pode relacionar a atividade com o movimento de projéteis. Ou seja, a trajetória da bola no momento do arremesso poderá ser influenciada pelo ângulo de projeção, velocidade de projeção e altura relativa. Assim, observando essas três características durante o arremesso dos seus alunos, ele identificará a origem dos principais erros durante a atividade.

Faça valer a pena

1. A cinemática é a área encarregada pela descrição do movimento. Tal descrição é importante para avaliações de movimentos específicos, como ocorre no caso do esporte. Assim, leia atentamente a situação a seguir.

Um nadador profissional percorre os 50 metros em uma piscina, no estilo livre, com tempo de 24 segundos. Qual seria a rapidez média deste nadador?

- a) 2,90 m/s.
- b) 3,5 m/s.
- c) 4,2 m/s.
- d) 2,08 m/s.
- e) 2,18 m/s.

2. A cinemática possui diversos termos relacionados à área, os quais caracterizam a natureza das análises. Portanto, leia atentamente a sentença a seguir.

O _____ é composto por duas linhas que fazem intersecção em um vértice.

Qual alternativa completa corretamente a lacuna apresentada?

- a) Osso.
- b) Músculo.
- c) Ângulo.
- d) Projétil.
- e) Movimento.

3. A respeito do conteúdo desta seção, leia as afirmativas a seguir e assinale V para verdadeiro e F para falso.

- () Distância e deslocamento têm grandezas diferentes; enquanto a distância é uma grandeza escalar, o deslocamento é uma grandeza vetorial.
- () A aceleração média é o produto da variação da velocidade com a variação do tempo.
- () A aceleração média é a razão da variação da velocidade pela variação do tempo.
- () O ângulo relativo é definido como o ângulo na articulação formado entre os eixos longitudinais de segmentos adjacentes.

Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta:

- a) V-F-V-V.
- b) F-F-V-V.
- c) V-V-F-F.
- d) V-F-V-F.
- e) F-V-F-V

Seção 1.3

Conceitos cinéticos do movimento humano

Diálogo aberto

Após estudarmos os conceitos principais sobre a Cinesiologia e Biomecânica e os aspectos relacionados à Cinemática no Movimento Humano, trataremos nesta seção sobre os conceitos cinéticos do movimento humano, como: força, torque, massa, alavancas, funcionamento de polias, entre outros. Além disso, veremos formas de se realizar avaliações considerando a cinética.

Assim como na Seção 1.2, esta seção auxiliará no desenvolvimento dos conhecimentos acerca da análise do movimento humano. Por isso, temos como principais objetivos: compreender os conceitos relacionados à cinética; entender as diferenças entre cinética angular e cinética linear; e conhecer possíveis formas de avaliação do movimento utilizando a análise cinética. Para chegar aos objetivos almejados, vamos lembrar a situação geradora de aprendizagem.

André foi convidado por uma instituição de ensino para apresentar os fatores relacionados à Cinesiologia e Biomecânica aos professores de Educação Física da instituição, visando a melhora dos resultados a serem obtidos durante um importante campeonato. Diante disso, André desenvolveu temáticas importantes e, com base nos conceitos relacionados à cinética do movimento, ele perguntou qual seria a conduta do professor de basquete na seguinte situação.

Um aluno que não possui grande impulsão vertical necessita desenvolver tal habilidade para desempenhar um melhor papel durante os jogos. Quais parâmetros relacionados à cinética do movimento você, como profissional, poderia envolver para facilitar o processo de aprendizagem?

Não pode faltar

Um objeto só pode sair de sua posição inicial, seja de repouso ou movimento, caso uma força aja sobre ele. Essa afirmação, levando em consideração a primeira Lei de Newton (Lei da Inércia), nos

acompanha em nosso dia a dia. Desde movimentos simples, como empurrar ou afastar uma cadeira para sentarmos à mesa durante uma refeição, até movimentos complexos, como levantar mais de 200 Kg no levantamento de peso, ocorre a influência da força. No entanto, como explicar mecanicamente a força que aplicamos em um objeto? Qual a força aplicada por um tenista para realizar um saque com velocidade superior a 250 km/h?

Uma forma de respondermos a tais perguntas é a partir do conhecimento de **cinética**. De acordo com Hall (2000, p. 3), a cinética é o "estudo da ação das forças". Hamill, Knutzen e Derrick (2012, p. 362) definem a cinética como "o ramo da mecânica que estuda as causas dos movimentos. A cinética trata de forças que atuam sobre um sistema". Portanto, caro aluno, por meio do conhecimento de cinética e de seus conceitos relacionados, poderemos compreender como o corpo humano consegue mover um objeto, ou também o próprio corpo em uma situação específica.

Conceitos relacionados à cinética

Massa: de acordo com Hall (2000, p. 46), a massa é "a quantidade de matéria contida em um objeto". A unidade comum de medida de acordo com o sistema métrico é o quilograma (Kg).

Força: segundo Hall (2000, p. 47) "a força é considerada como um impulso ou uma tração agindo sobre um corpo". Ainda, a força pode ser considerada como produto da massa pela aceleração, ou seja, $F = m.a$, sendo F = Força, m = massa, a = aceleração. Do ponto de vista biomecânico, a força é caracterizada por sua magnitude, direção e ponto de aplicação sobre determinado corpo ou objeto. Dois aspectos devem ser levados em consideração ao analisarmos a força aplicada sobre um objeto: o **ponto de aplicação** e a **linha de ação**. O ponto de aplicação pode ser definido como o ponto específico no qual a força é aplicada. A linha de ação é uma linha reta de comprimento infinito na direção da ação da força (HAMILL; KNUTZEN; DERRICK, 2012). De acordo com o sistema métrico, a unidade força comum é o Newton (N).

As forças podem ser categorizadas em internas e externas. As forças internas estão relacionadas às forças que atuam dentro do objeto, ou sistema, no qual o movimento é analisado. Além disso,

tais forças não podem produzir qualquer tipo de mudança no movimento corporal. De acordo com McGinnis (2015), o corpo só será movimentado se puder puxar ou empurrar algum objeto externo. Já as forças externas são aquelas que atuam em um objeto como resultado de sua interação com o ambiente. Um exemplo de força externa que influencia em nossos movimentos é a força da gravidade (MCGINNIS, 2015). No entanto, mesmo com a apresentação da definição de força, como podemos compreender quais forças especificamente estão agindo sobre determinado corpo ou objeto?

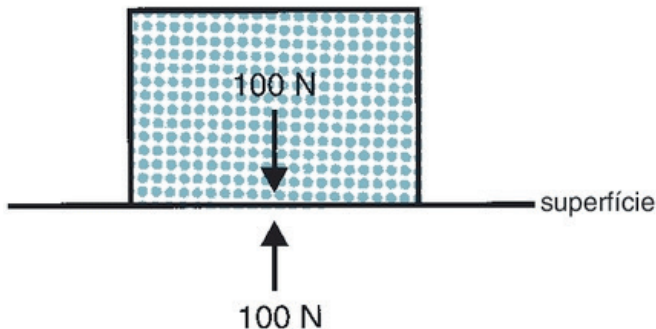


Refleta

Quando um jogador de basquete salta para bloquear a bola no movimento de bandeja de um adversário, qual tipo de força influencia seu movimento? A força interna? Ou a força externa?

As forças atuantes podem ser representadas por meio do **diagrama de corpo livre**. Hall (2000) afirma que o diagrama de corpo livre é uma representação que mostra um sistema definido e isolado com todos os vetores de força atuantes sobre o sistema. Ou seja, por meio de setas direcionais, podemos ver o sentido e a direção das forças sobre o corpo ou objeto. É importante salientar que as forças internas não são representadas no esquema. Veja exemplos de diagrama de corpo livre a seguir.

Figura 1.14 | Exemplo de diagrama de corpo livre



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2012, p. 381).

Na Figura 1.14, uma caixa sobre uma mesa está representada. É possível observar que a caixa se encontra em equilíbrio (sem

movimento), uma vez que as forças horizontais são inexistentes e as forças verticais se equivalem.

Figura 1.15 | Representação de diagrama de corpo livre durante a corrida



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2012, p. 379).

No exemplo apresentado, você pode verificar as forças atuantes no corpo de um indivíduo no momento da corrida. Como percebido, temos a influência da resistência do ar, da força de atrito no sentido horizontal, da força peso (proveniente da massa corporal) da força de reação do solo no sentido vertical. O conhecimento das forças atuantes durante os movimentos é importante para o profissional de Educação Física no momento de ensinar as habilidades motoras para seus alunos e/ou atletas. Com base no diagrama de corpo livre, ainda podemos saber a influência do peso de certos implementos na técnica de movimento de uma pessoa, como da esfera metálica no arremesso de peso e da bola de basquete para crianças.



Assimile

O diagrama de corpo livre pode ser entendido como uma representação esquemática das forças que atuam em um corpo ou objeto.

Torque: também conhecido como **momento**, o torque é definido como o efeito de giro causado por uma força (MCGINNIS, 2015). Matematicamente, também pode ser definido como o

produto da força pela distância entre a linha de ação da força até o eixo de rotação, representado pela seguinte equação:

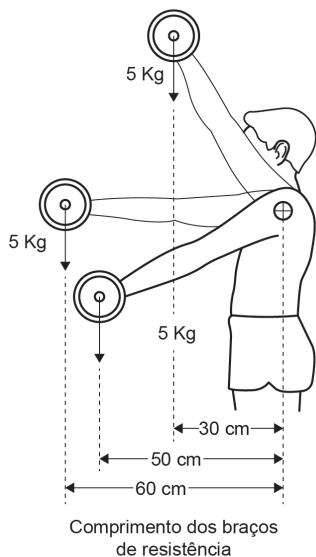
$$T = F \times d$$

Sendo: T = torque, F = força e d = distância entre a linha de ação da força até o eixo de rotação.

Para o melhor entendimento do conceito de torque, vamos imaginar o seguinte exemplo. Pense na troca de um pneu de carro. Tanto para retirar o pneu, como para fixar a roda nova, precisamos utilizar a ferramenta popularmente conhecida como “chave de roda”. No momento de utilização desta ferramenta (movimento de apertar ou afrouxar), é necessário aplicar determinada força para mover a peça. Caso posicionemos a mão próxima do objeto a ser rotacionado, a força provavelmente não será suficiente para movê-lo. Assim, ao utilizar a chave, normalmente a mão fica posicionada em sua extremidade, ou seja, um maior torque será gerado por conta da força aplicada e a distância entre a mão e o objeto a ser rotacionado, resultando no movimento em si.

Em relação ao torque, observe a Figura 1.16.

Figura 1.16 | Exemplo de torque

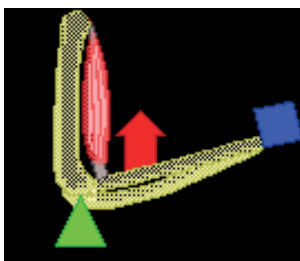


Fonte: <<https://goo.gl/p2jjJd>>. Acesso em: 29 set. 2017.

Em relação à Figura 1.16, qual dos comprimentos dos braços de resistência geraria maior torque, uma vez que todas as cargas são iguais? Para você que pensou no braço com comprimento de 60 cm, seu pensamento está correto. Como neste caso temos um maior comprimento de braço do que nas demais situações, um maior torque será gerado.

Alavancas: a alavanca pode ser entendida como uma haste rígida que roda ao redor de um eixo. No corpo humano, podemos pensar na interação entre músculos e ossos na geração de tensão muscular para entendermos como a alavanca ocorre. O músculo traciona os ossos para sustentar ou mover determinada resistência. Neste caso, a força (tensão) gerada pelo músculo acarretará no movimento do osso, como uma haste rígida, que rodará ao redor da articulação, que no caso seria o eixo. Veja um exemplo a seguir.

Figura 1.17 | Exemplo de alavanca no corpo humano



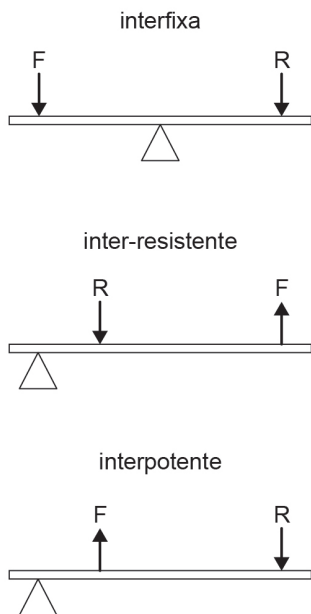
Fonte: <<https://goo.gl/uPNFTx>>. Acesso em: 29 set. 2017.

O sistema de alavancas pode ser classificado de três formas: 1) alavanca de primeira classe ou interfixa; 2) alavanca de segunda classe ou inter-resistente; e 3) alavanca de terceira classe ou interpotente. Na alavanca de primeira classe (interfixa), a força aplicada e a resistência encontram-se em lados opostos. Um exemplo prático disso seria uma gangorra, na qual os pesos estão concentrados nas duas extremidades. Outro exemplo, agora relacionado ao corpo humano, é a ação simultânea entre agonistas e antagonistas. Enquanto um realiza a força (agonista), o outro fornece a resistência (antagonista).

Na alavanca de segunda classe (inter-resistente), a força aplicada e a resistência encontram-se no mesmo eixo, sendo que a resistência se encontra mais próxima ao eixo, como no carrinho de mão e chaves de roda (HALL, 2000). Por conseguinte, na alavanca de terceira classe (interpotente), a força e a resistência ainda se

encontram no mesmo eixo, só que, neste caso, a força aplicada fica mais próxima do eixo. A seguir você verá exemplos esquemáticos de cada um destes tipos de alavancas.

Figura 1.18 | Exemplos de alavancas



Fonte: <<https://goo.gl/Y9sS1c>>. Acesso em: 29 set. 2017.



Exemplificando

Podemos exemplificar a alavanca de terceira classe quando pensamos em uma pá ou, também, no movimento de remar. Nos dois exemplos, a força aplicada está mais próxima do eixo em que a alavanca é formada.

Pressão plantar: antes de falarmos de forma específica da pressão plantar, é necessário entender o conceito de pressão. De acordo com Hall (2000), a pressão é a razão da força pela área sobre qual esta atua, representada da seguinte forma:

$$p = F/A$$

Sendo que: p = pressão, F = força e A = área em que a força atua.

Com o entendimento de pressão, podemos agora falar sobre a pressão plantar. Esta variável é frequentemente analisada em artigos científicos, principalmente para avaliação do tipo de pisada, análise da marcha e distribuição de força, além de tipos de calçados ideais. A pressão plantar normalmente é avaliada pela plataforma de pressão plantar, um instrumento de avaliação cinética formado por sensores de pressão, localizados geralmente em tapetes finos com matrizes de sensores embutidos.

Força de reação do solo (FRS): esta é a principal variável proveniente de um instrumento cinético, denominado "plataforma de força". A FRS descreve a sobrecarga no aparelho locomotor durante a fase de apoio na plataforma, uma vez que tal variável reflete os somatórios dos produtos entre massa e aceleração de todos os segmentos corporais (AMADIO et al., 1997). É analisada em três dimensões: médio-lateral, ântero-posterior e vertical. Podemos encontrar estudos com as mais variadas finalidades que têm a força de reação do solo como principal variável, desde estudos clínicos, como identificação de padrões da marcha, até estudos com foco no desempenho esportivo, como análise de saltos verticais em diferentes modalidades esportivas.

Cinética linear e cinética angular

Para compreendermos as diferenças entre cinética linear e cinética angular, precisamos retomar os conhecimentos relacionados aos conceitos de movimento linear e movimento angular. Como vimos na primeira seção desta unidade, o movimento linear é caracterizado pelo movimento ao longo de um trajeto (pense em uma linha imaginária) retilíneo ou curvilíneo, no qual todas as partes do corpo não apresentam movimentação entre si. Em contrapartida, o movimento angular é caracterizado pelo movimento ao redor de uma linha imaginária, denominada "eixo de rotação".

Diferentemente do que foi abordado na cinemática, quando pensamos na cinética, não encontraremos muitas diferenças em relações às variáveis presentes em cada classificação (linear ou angular). Assim, a principal mudança entre um tipo e outro se dá pela formação e interpretação de ângulos, uma vez que as três leis de Newton atuam tanto para a cinética linear, como para a cinética angular.

Formas de avaliação na cinética

Assim como na cinemática, a cinética também apresenta seus instrumentos específicos, ou seja, os instrumentos com o principal objetivo de estudar as causas do movimento (forças associadas). A partir de agora, veremos os principais métodos de avaliação na cinética.

Plataformas de força: medem as forças de reação do solo durante a fase de apoio em movimentos como saltos verticais e marcha. Na plataforma de força, são encontrados sensores piezoelétricos, os quais enviam o sinal, que, após amplificado, fornece informações em três dimensões da força aplicada. Outra variável gerada na plataforma de força é o centro de pressão, frequentemente utilizado em estudos que analisam o controle postural.

Sensores de pressão: como já explicado anteriormente, são tapetes finos com sensores piezoelétricos embutidos, utilizados para avaliar a distribuição de pressão plantar.

Dinamômetros de preensão manual: usados para avaliar a força realizada durante a preensão manual. São aparelhos de baixo custo e que podem ser usados para as mais variadas populações, desde jovens até idosos.

Células de carga: é um tipo de transdutor de força, normalmente representado por pequenos instrumentos que analisam a força com base na compressão ou tração exercida sobre o instrumento. É frequentemente acoplado em implementos esportivos para avaliação da força.

Máquinas isocinéticas: utilizadas para avaliação e/ou reabilitação de movimentos articulares, de acordo com as especificações e recomendações do equipamento. Realizam uma avaliação objetiva dos componentes associados ao desempenho muscular relacionados às diferentes articulações.



No link a seguir, você poderá encontrar um artigo científico, para desenvolver ainda mais seus conhecimentos sobre os métodos utilizados na análise cinética. Foque mais sua leitura entre as páginas 8 e 11, que abordam a cinética, tema desta seção.

AMADIO, Alberto Carlos et al. **Métodos de medição em biomecânica do esporte**: descrição de protocolos para aplicação nos centros de excelência esportiva (rede CENESP-MET). Disponível em: <<https://googl/qKFqBH>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

Sem medo de errar

Conforme apresentado anteriormente, André perguntou ao professor de basquete da instituição em que está palestrando quais parâmetros relacionados à cinética deveria envolver para melhorar o desempenho de um aluno que não possui grande impulsão vertical. Agora, após o conteúdo apresentado, podemos resolver essa questão e, assim, auxiliar o professor de basquete em sua resposta para André.

Como vimos nesta seção, a força é um dos aspectos básicos na geração do movimento, como a influência da força nas Leis de Newton. Uma alternativa para o professor seria aplicar atividades que desenvolvam a força de seu aluno. Exercícios como corridas e saltos, os quais são habilidades presentes durante as aulas de Educação Física, e treinamentos desportivos poderão auxiliar na obtenção de maior altura de salto vertical. Por conseguinte, o professor ainda poderia utilizar de diagramas de corpo livre para hipotetizar a situação de jogo em que seu aluno precisará de grande impulsão vertical e compreender as forças atuantes durante tal movimento.

Avançando na prática

Esforço no movimento

Descrição da situação-problema

Roberto é um profissional de Educação Física que trabalha em um clube de sua cidade. Responsável pela parte de recreação do clube, o rapaz sempre esteve bem ocupado com problemas administrativos dentro da instituição. No entanto, certo dia, um dos

instrutores de musculação da academia do clube faltou e Roberto foi designado para substituir o profissional naquele dia. Assim, durante uma das sessões de treinamento, um sócio do clube perguntou ao profissional o motivo dele ter mais dificuldade em certas posições do movimento na cadeira extensora. Como você poderia ajudar Roberto a responder tal questionamento?

Resolução da situação-problema

Roberto poderá explicar para o sócio do clube que algumas posições geram um torque maior do que outras, uma vez que a distância entre o eixo de rotação e o ponto de aplicação da força acabam mudando com a realização do movimento. Portanto, quanto maior a distância, maior o torque realizado, ou seja, maior o esforço para realizar o movimento.

Faça valer a pena

1. Um arremessador de peso no atletismo realiza diversos arremessos durante o treinamento, visando sua participação nos Jogos Olímpicos. Após uma grande sequência de arremessos, o atleta percebe que seu desempenho já não é mais o mesmo em relação ao início do treino, ou seja, o indivíduo está cansado.

Qual tipo de força que agiu sobre o atleta e contribuiu para sua fadiga?

- a) Força interna.
- b) Força externa.
- c) Força diagonal.
- d) Atrito.
- e) Força especial.

2. Imagine a seguinte situação:

Em uma brincadeira de puxar a corda durante as aulas de Educação Física, um grupo aplica aproximadamente 400 N de força para puxar a corda para seu lado, enquanto que o outro grupo consegue gerar 200 N de força.

De acordo com seus conhecimentos em diagrama de corpo livre, quem venceu a brincadeira de puxar corda?

- a) O primeiro grupo, por causa da maior aplicação de força, gerando um movimento em sua direção.
- b) O segundo grupo, por causa da maior aplicação de força, gerando um movimento em sua direção.

- c) A atividade não teve vencedor, pois a corda não se moveria com as forças aplicadas.
- d) O primeiro grupo, por causa da menor aplicação de força, gerando um movimento em sua direção.
- e) O segundo grupo, por causa da menor aplicação de força, gerando um movimento em sua direção.

3. Leia atentamente a descrição a seguir:

Neste tipo de alavanca, a força aplicada e a resistência encontram-se em lados opostos. Um exemplo é ação simultânea entre agonistas e antagonistas no corpo humano.

Qual tipo de alavanca é apresentado na descrição?

- a) Alavanca de primeira classe.
- b) Alavanca de segunda classe.
- c) Alavanca de terceira classe.
- d) Alavanca de quarta classe.
- e) Alavanca de quinta classe.

Referências

- AMADIO, A. C. et al. Introdução à Biomecânica para análise do movimento humano: descrição e aplicação dos métodos de medição. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, 1997.
- FLOYD, R. T. **Manual de Cinesiologia Estrutural**. 11. ed. São Paulo: Manole, 2002.
- HALL, S. **Biomecânica Básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M.; DERRICK, T. R. **Bases biomecânicas do movimento humano**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2012.
- _____. **Bases biomecânicas do movimento humano**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2016.
- MCGINNIS, P. M. **Biomecânica do esporte e do exercício**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.
- MOURA, T. B. M. A. **Efeito da crioterapia e da recuperação ativa na cinemática e cinética do salto vertical após a fadiga**. 2016. 111 p. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2016.
- REIS, D. C.; LEITE, R. M.; MORO, A. R. P. Reprodutibilidade da posição de saída de bloco em atletas juvenis de atletismo de SC – Brasil. **EFDeportes** (Revista Digital), ano 11, v. 106, Buenos Aires, 2007.

Cinesiologia e biomecânica do movimento humano: membros superiores, tronco e coluna vertebral

Convite ao estudo

Caro aluno, seja bem-vindo à Unidade 2 do livro de Cinesiologia e biomecânica! Nesta unidade, abordaremos os aspectos relacionados à cinesiologia e biomecânica do sistema ósseo, cinesiologia e biomecânica dos membros superiores e cinesiologia e biomecânica do tronco e coluna vertebral. A primeira seção será destinada ao tecido ósseo. Assim, compreender a sua formação, desenvolvimento e a sua integridade estrutural face às diferentes cargas impostas é importante para o profissional de Educação Física.

Na segunda seção, a compreensão das partes componentes dos membros superiores poderá auxiliar no entendimento de como movimentos, como o lançar e arremessar, são realizados. Por conseguinte, na terceira seção, você verá as principais estruturas relacionadas ao tronco e coluna vertebral, assim como a influência de determinadas cargas e forças atuantes. Para permear o nosso conteúdo a seguir, leia atentamente o contexto de aprendizagem.

Após apresentar os principais conceitos referentes à área de cinesiologia e biomecânica, André decidiu apresentar situações que podem ocorrer durante as disputas esportivas para explicar os diferentes sistemas, articulações e membros do ser humano. Para iniciar, André organizou diferentes exemplos que envolvem as estruturas presentes nos membros superiores. No entanto, ao observar a chegada dos alunos à escola, o rapaz viu muitos alunos que pareciam carregar

pesos excessivos dentro das mochilas. Assim, André verificou que além dos membros superiores, seria importante abordar aspectos relacionados às estruturas do tronco e coluna vertebral, uma vez que estas também podem sofrer influências das diferentes cargas mecânicas impostas a tais estruturas.

Seção 2.1

Cinesiologia e biomecânica do sistema ósseo

Diálogo aberto

Caro aluno, agora chegamos à Unidade 2 de nosso livro de Cinesiologia e biomecânica. Nesta primeira sessão será abordada a cinesiologia e biomecânica do sistema ósseo. Desta forma, aspectos como a formação do tecido ósseo, a Lei de Wolff, o crescimento e desenvolvimento ósseo, os tipos de forças aplicadas e a resposta óssea ao estresse serão abordados. Portanto, como apresentado na situação geradora de aprendizagem, André tem apresentado aos professores de uma instituição escolar, temas relacionados à área de cinesiologia e biomecânica. A apresentação de André para os professores de uma instituição de ensino tem sido um sucesso. Os professores têm evoluído cada vez mais os conhecimentos na área de cinesiologia e biomecânica. Desta forma, após explicar os principais conceitos referentes à área, nosso companheiro de profissão decide deixar o conteúdo mais específico, com situações reais que podem ocorrer nas modalidades esportivas, para assim, os professores da instituição conseguirem aplicar os conhecimentos adquiridos no âmbito prático. O primeiro questionamento de André para os professores foi sobre como podemos relacionar as atividades esportivas desenvolvidas com as diferentes cargas aplicadas em nossas estruturas, como no tecido ósseo. Após a pergunta, André notou que os professores tinham pouco conhecimento sobre as diferentes cargas e possíveis lesões que ocorrem nos ossos em virtude da prática ou falta de exercícios físicos. Portanto, como você, companheiro de profissão de André, poderá auxiliar os professores com esse tipo de entendimento?

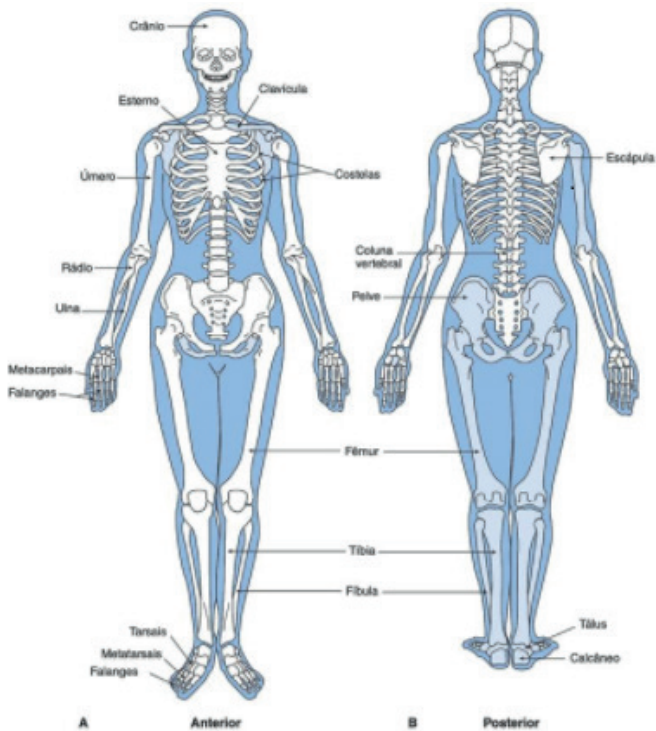
Não pode faltar

Quando pensamos em componentes estruturais de nosso corpo, é impossível deixar de lembrar dos ossos. Afinal, além de proteger nossos órgãos, os ossos têm papel fundamental na realização do movimento humano, uma vez que nos mantêm em pé, estabilizados e com apoio essencial para nossas ações motoras. Assim, caro aluno,

esta seção será destinada à cinesiologia e biomecânica do sistema ósseo. Os conhecimentos relacionados à formação, crescimento e desenvolvimento dos ossos, além das respostas ósseas ao estresse, são importantes para o profissional de Educação Física.

Podemos pensar em diversos exemplos em que as informações sobre o sistema ósseo influenciarão o trabalho do profissional de nossa área. No contexto escolar, o professor de Educação Física necessita conhecer como os ossos são formados e desenvolvidos no momento de pensar nas atividades a serem realizadas durante a aula. Quando imaginamos profissionais que trabalham com modalidades esportivas em clubes e associações visando ao alto rendimento, é necessário saber as respostas agudas impostas pelo estresse, ou seja, cargas mecânicas sobre a estrutura óssea. Assim, esta seção contribuirá para seu conhecimento teórico e prático.

Figura 2.1 | Ossos do corpo humano. (A) Vista anterior, (B) vista posterior

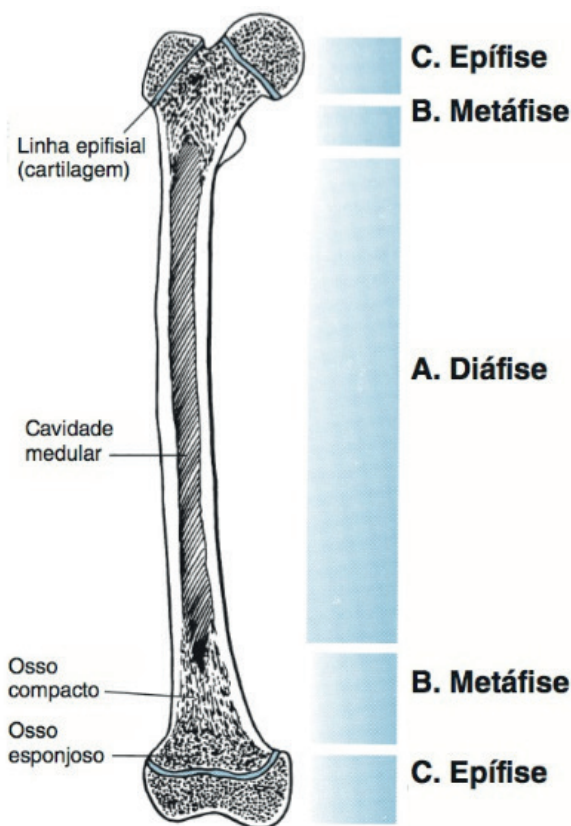


Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 31).

Formação do tecido ósseo

Os componentes formadores do osso são o carbonato de cálcio, fosfato de cálcio, colágeno e água. A quantidade de cada um destes componentes apresentará variações de acordo com o sexo e a idade. Além disto, tais fatores fornecem rigidez, resistência compressiva e resistência tensiva. De acordo com HALL (2000, p. 66), "a rigidez é a relação de estresse para tensão no material submetido a uma sobrecarga". A resistência compressiva refere-se à "capacidade de resistir a uma força de pressão ou de esmagamento" (HALL, 2000, p. 66). A resistência tensiva é "a capacidade de resistir a uma força de tração ou de estiramento" (HALL, 2000, p. 66).

Figura 2.2 | Estrutura do osso

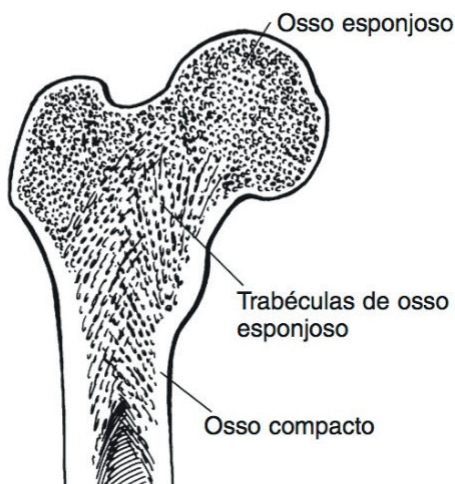


Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 34).

Na figura apresentada, você pode ver algumas estruturas do osso, como a diáfise, a qual é o “corpo” do osso, caracterizada por uma camada espessa de osso compacto que fica ao redor da cavidade da medula óssea. A metáfise é a porção na qual a diáfise se alarga. Por fim, a epífise, localizada na extremidade do osso, consiste em uma camada externa fina de osso compacto que reveste o osso. Além disso, ainda temos o perióstio, o qual reveste a parte externa do osso.

A maior presença de fosfato de cálcio e de carbonato de cálcio confere ao osso uma menor porosidade. Se o osso apresenta baixa porosidade, o tecido é chamado de osso cortical (compacto). O osso cortical é um tipo de tecido compacto e mineralizado encontrado nas diáfises de ossos longos. Caso o osso apresente grande porosidade, a estrutura é conhecida como osso trabecular, esponjoso ou reticular. O osso trabecular é um tecido conjuntivo mineralizado com alta porosidade localizado nas extremidades dos ossos longos e nas vértebras. Uma importante diferença entre o osso cortical e o osso trabecular é que, por apresentar maior conteúdo mineral, o osso cortical suporta maior estresse, no entanto, menor sobrecarga e deformação relativa quando comparado ao osso trabecular.

Figura 2.3 | Osso esponjoso e osso compacto



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 33).

Classificação anatômica dos ossos

Caro aluno, será apresentada a classificação anatômica dos ossos, segundo Hamill, Knutzen e Derrick (2016). O esqueleto possui duas partes principais, a saber: esqueleto axial (crânio, coluna vertebral, costelas e esterno) e esqueleto apendicular (cíngulos do membro superior, inferior, braços e pernas). Em cada uma dessas partes, são encontrados quatro tipos de ossos: longo, curto, plano e irregular.

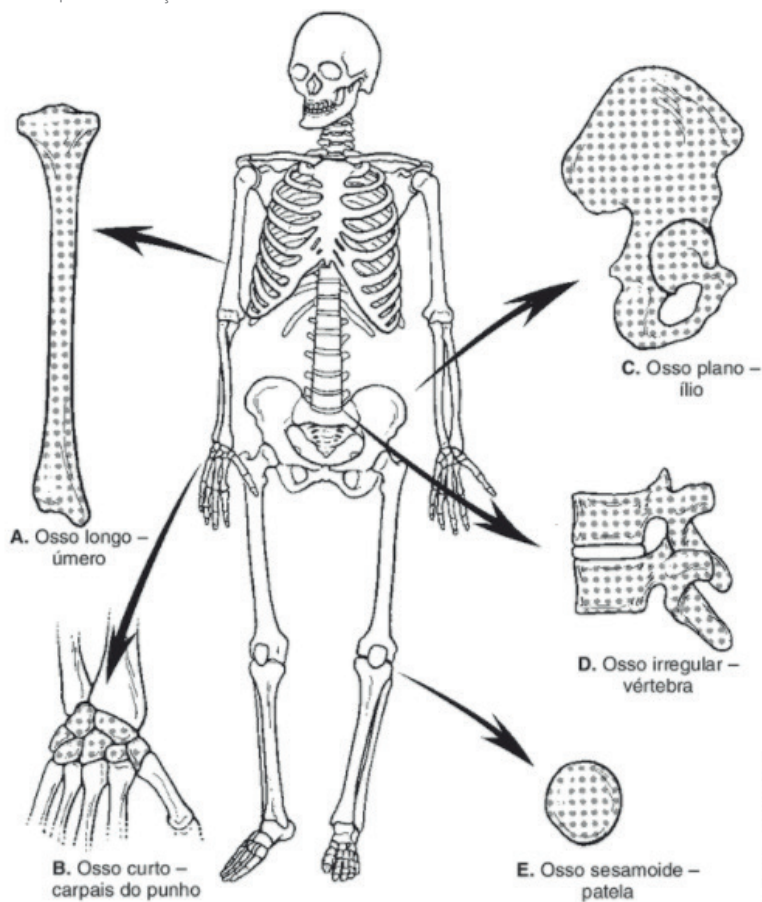
Ossos longos: este tipo de osso possui uma estrutura mais alongada e menos larga. No corpo são: clavícula, úmero, rádio, ulna, fêmur, tibia, fibula, metatarsais, metacarvais e falanges. Além disso, o osso longo fornece apoio ao corpo e funciona como uma “alavanca”, a qual nos permite realizar os movimentos.

Ossos curtos: ossos que apresentam em sua maior parte ossos esponjosos, têm como principais funções a absorção de choques e transmissão de forças. São exemplos de ossos curtos: carvais da mão e tarsais do pé.

Ossos planos: representados pelas costelas, ílio, esterno e escápula. Possui duas camadas de osso compacto (cortical) com osso esponjoso e medula entre elas. Este tipo de osso protege estruturas internas e oferece superfícies maiores para inserção muscular.

Ossos irregulares: são constituídos de osso esponjoso com uma fina superfície exterior de osso cortical. Recebem essa denominação por causa de suas formas e funções especiais, como: sustentação do peso, dissipação de cargas, proteção da medula espinal, contribuição para os movimentos e locais para inserção muscular. Exemplos: encontrados no crânio, pelve e vértebras.

Figura 2.4 | Classificação anatômica



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 34).



Assimile

Exemplos da classificação anatômica nos ossos.

Ossos longos: úmero, rádio, ulna e fêmur.

Ossos curtos: metacarpos e metatarsos.

Ossos planos: costelas, ílio, esterno e escápula.

Ossos irregulares: crânio, pelve e vértebras.

Lei de Wolf

Esta lei foi estabelecida pelo alemão Julius Wolff (1836-1902), o qual cita que “qualquer mudança na forma e função de um osso, ou apenas de sua função, é seguida por certas alterações definidas em sua arquitetura interna e por uma alteração secundária igualmente definida em sua conformação externa, em conformidade com leis matemáticas” (HAMILL; KNUTZEN; DERRICK, 2016, p. 35).

No entanto, caro aluno, como interpretar e aplicar tal lei no contexto de nossa profissão? A lei de Wolff é baseada na capacidade dos ossos em se adaptar, ou seja, esta estrutura pode ser sensível ao desuso, à imobilização ou a atividades de alta intensidade que demandem grande carga. Assim, as atividades que são desenvolvidas durante as aulas de Educação Física ou durante treinamentos esportivos devem ser planejadas levando em consideração a adaptação óssea.



Exemplificando

No atletismo, apesar do grande número de provas existentes, certos eventos não são recomendados de acordo com a faixa etária do indivíduo. Um exemplo é a prova do salto triplo, a qual não é recomendada para crianças por apresentar uma grande carga mecânica entre os seus saltos. Tal carga afetará de forma negativa o desenvolvimento ósseo, podendo desenvolver traumas ou fraturas ósseas.

Crescimento e desenvolvimento ósseo

O desenvolvimento dos ossos começa já no desenvolvimento fetal e suas modificações ocorrem durante toda a vida. De acordo com Hall (2000), a hereditariedade, o estilo de vida e a raça podem influenciar a estrutura óssea. Pensando no crescimento dos ossos, podemos citar o crescimento longitudinal e o crescimento circunferencial.

O crescimento longitudinal ocorre baseado nas epífises, as quais são discos cartilaginosos encontrados em região próxima das extremidades dos ossos longos. Nas epífises, são criados novos tecidos ósseos como parte do crescimento normal do indivíduo. O fechamento das placas epifisárias ocorre durante a adolescência ou início da fase adulta.

O crescimento circunferencial é baseado no perióstio, o qual é uma membrana que recobre o osso. O perióstio produz camadas ósseas sobre as já existentes. Concomitantemente, o osso é reabsorvido ou eliminado, caracterizando o aumento contínuo do diâmetro da cavidade óssea. Células especializadas, denominadas osteoblastos e osteoclastos formam e reabsorvem o tecido ósseo. Os osteoblastos são células ósseas especializadas que produzem novo tecido ósseo. Já os osteoclastos são células ósseas especializadas que reabsorvem o tecido ósseo.

Forças aplicadas e respostas ósseas ao estresse

Como apresentado na Lei de Wolff, a estrutura óssea apresentará mudanças de acordo com as forças funcionais que atuam sobre o osso. Assim, podemos ainda citar dois processos que podem ocorrer por causa da prática ou não de exercícios físicos: a hipertrofia óssea e a atrofia óssea. A hipertrofia óssea está relacionada ao aumento da massa óssea como resultado de uma maior atividade dos osteoblastos. Isto pode ocorrer principalmente em desportistas, que tenham membros mais estressados de acordo com a atividade realizada. A hipertrofia óssea é caracterizada pela maior densidade do osso. De acordo com Hall (2000), a densidade óssea pode ser aumentada não apenas no membro mais utilizado durante alguma prática de exercício físico, mas sim no corpo inteiro! É importante salientar que a maior densidade óssea deixará o tecido mais resistente às cargas impostas, logo, mais propenso a suportar maiores cargas ou estresse.

A atrofia, ao contrário da hipertrofia, apresenta uma redução na massa óssea, a qual é resultado de uma maior atividade dos osteoclastos. Isto pode ocorrer pela redução na quantidade de cálcio presente no osso. Pessoas idosas, sedentárias e até astronautas costumam apresentar a atrofia óssea. Além de deixar a estrutura óssea menos resistente às forças atuantes (maior chance de fratura), a diminuição na quantidade de cálcio pode afetar a função renal. Como este componente é dissolvido em caso de atrofia, o mesmo é eliminado na corrente sanguínea e filtrado nos rins, gerando, assim, os cálculos renais.

Um processo que pode ser decorrente da atrofia óssea é a osteoporose. Cada vez mais pronunciada em indivíduos idosos, a osteoporose, de acordo com Hall (2000, p. 75) é o “distúrbio

envolvendo redução da massa e da resistência dos ossos, que resulta em uma ou mais fraturas”. A osteoporose é uma condição que se inicia com a osteopenia, que é uma condição na qual o indivíduo apresenta menor densidade óssea, predispondo-o a ocorrência de fraturas.



Refleta

De acordo com o que foi apresentado até aqui, qual a importância da prática de exercícios físicos para a integridade da estrutura óssea?



Pesquise mais

Entender a importância da prática de atividades físicas e exercícios físicos para integridade da estrutura óssea é essencial para o profissional de Educação Física. Assim, caro aluno, sugerimos a leitura do seguinte artigo. LIMA, Sônia M. T.; FONTANA, Cleide M. Atividade física como um dos aspectos preventivos da osteoporose. **Arq. Ciênc. Saúde Unipar**, vol. 4, n. 2, p. 129-134, maio/ago. 2000. Disponível em: <<http://revistas.unipar.br/index.php/saude/article/viewFile/1017/880>>. Acesso em: 9 out. 2017.

Fraturas

Podemos entender que a fratura é uma interrupção na continuidade do osso (HALL, 2000). O tipo de fratura dependerá da magnitude, direção, intensidade e duração da sobrecarga imposta à estrutura óssea. Assim, a seguir serão apresentadas as diferentes formas de fraturas ósseas.

Fratura em galho verde: tipo de fratura incompleta e a continuidade ocorre na superfície convexa da inclinação do osso.

Fratura cominutiva: é uma fratura completa e fragmenta o osso.

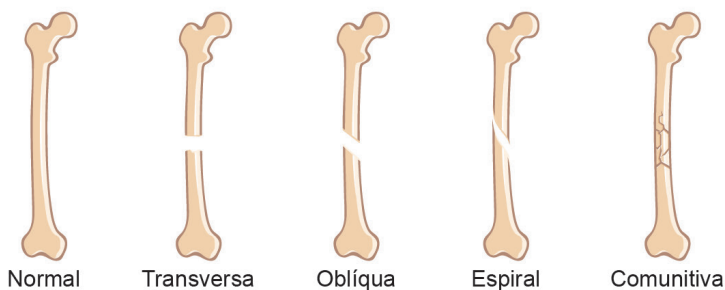
Fratura transversa: É uma fratura completa e ocorre em um ângulo reto com o eixo do osso.

Fratura oblíqua: ocorre sem formar um ângulo reto com o eixo do osso.

Fratura em espiral: é causada pela rotação excessiva de um osso.

Agora, caro aluno, veja a Figura 2.4 para maior entendimento.

Figura 2.5 | Tipos de fraturas



Fonte: <<https://goo.gl/ZF4rBb>>. Acesso em: 9 out. 2017.

Por conseguinte, é necessário abordarmos um tipo de fratura recorrente no âmbito esportivo, a **fratura de estresse**. Esse tipo de fratura é resultado de forças de baixa magnitude suportadas de forma repetitiva. De acordo com Hall (2000), na ocorrência de sobrecargas ósseas, por causa do aumento na magnitude da força atuante, microtraumatismos podem ocorrer. O osso responderá a esse estímulo com uma maior atividade dos osteoclastos, os quais absorverão o tecido lesado. Após a ação dos osteoclastos, os osteoblastos fornecem um novo tecido ósseo no local. A fratura por estresse ocorrerá quando os osteoblastos não conseguirem fornecer um novo tecido ósseo a tempo de se iniciar outra atividade dos osteoclastos, ou seja, um novo impacto.

Sem medo de errar

Para auxiliar os professores a respeito das diferentes cargas e possíveis lesões que ocorrem nos ossos em virtude da prática ou falta de exercícios físicos, é necessário que sejam apresentados aspectos relacionados à formação, crescimento e desenvolvimento dos ossos. Entender como os ossos são formados e as ações dos osteoblastos e osteoclastos no processo de crescimento e remodelagem das estruturas ósseas contribuirá para o maior entendimento. Além disso, os conhecimentos sobre a hipertrofia óssea e a atrofia óssea poderão fornecer ao profissional de Educação Física a reflexão sobre a importância da prática de atividade e exercício físico, além da necessidade de um planejamento de atividades de acordo com a população que realizará tais práticas. Por conseguinte, o conhecimento sobre os tipos de fraturas existentes também está relacionado às cargas aplicadas e forças atuantes.

Avançando na prática

Crescimento do aluno

Descrição da situação-problema

Jéssica é técnica de basquete de um famoso clube de seu município. A profissional dá treinos para adolescentes, os quais estão se preparando para o campeonato municipal. Uma das maiores preocupações de Jéssica está relacionada ao desenvolvimento físico de Gabriel, um armador, considerado muito baixo, porém habilidoso. No entanto, após um recesso de 45 dias por conta das férias de fim de ano, Gabriel retornou aos treinos 5 centímetros mais alto, o que acabou melhorando sua técnica de jogo. Perplexa com o desenvolvimento do garoto, Jéssica recorreu a você, amigo de longa data dela, para auxiliá-la no entendimento sobre o repentino crescimento de seu aluno. Como você auxiliaria Jéssica nesse caso?

Resolução da situação-problema

Gabriel apresentou um crescimento longitudinal em seus ossos. Este tipo de crescimento ocorre nas epífises, nas quais são criados novos tecidos ósseos como parte do crescimento normal do indivíduo. Esse crescimento ocorre na adolescência e pode perdurar até o início da fase adulta. Assim, Gabriel apresentou uma estatura maior após tal crescimento.

Faça valer a pena

1. O osso é uma estrutura essencial para o corpo humano, uma vez que fornece sustentação, protege os órgãos e auxilia no movimento humano. Um tipo de osso consiste em um tecido conjuntivo mineralizado com alta porosidade localizado nas extremidades dos ossos longos e nas vértebras.

Como é denominado esse tipo de osso?

- a) Osso cortical.
- b) Osso curto.
- c) Osso plano.
- d) Osso irregular.
- e) Osso trabecular.

2. O esqueleto humano é dividido em duas partes: 1) esqueleto axial e 2) esqueleto apendicular. Em cada tipo podemos encontrar diferentes tipos de ossos, como os ossos longos, curtos, planos ou irregulares.

Qual das alternativas a seguir apresenta um tipo de osso longo?

- a) Tíbia.
- b) Carpais da mão.
- c) Ílio.
- d) Esterno.
- e) Pelve.

3. Roberto é um técnico de futsal do time juvenil de seu município. Sua cidade está participando do Campeonato Estadual, no qual o campeão será convidado a participar do campeonato brasileiro da categoria. No meio de um jogo, em uma disputa de bola, o melhor jogador do time acaba se machucando. Após um exame detalhado, verificou-se que o jogador sofreu uma fratura completa em sua tíbia, fragmentando o osso (área lesionada).

Qual tipo de fratura o aluno de Roberto sofreu?

- a) Fratura em galho verde.
- b) Fratura transversa.
- c) Fratura cominutiva.
- d) Fratura oblíqua.
- e) Fratura em espiral.

Seção 2.2

Cinesiologia e biomecânica dos membros superiores

Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo à Seção 2 da segunda unidade do livro de Cinesiologia e biomecânica. Nesta seção, abordaremos a cinesiologia e biomecânica dos membros superiores. Com os membros superiores, podemos realizar movimentos manipulativos, além de arremessar, lançar, rebater, dentre outros movimentos. Conhecer suas estruturas, articulações, músculos e funções é essencial para o profissional de Educação Física, uma vez que este deve saber aspectos básicos anatômicos e cinesiológicos dos segmentos corporais envolvidos nas atividades realizadas, seja no contexto escolar, seja em clubes, associações, academias ou diferentes tipos de treinamentos. Assim, para permear o tema a ser abordado, leia atentamente a seguinte situação-problema.

Após falar sobre o tecido ósseo e a influência das diferentes cargas e forças atuantes sobre esta estrutura, André direciona sua apresentação para os diferentes segmentos corporais. Para iniciar, o profissional de Educação Física aborda assuntos relacionados aos membros superiores. O professor de voleibol, interessado na apresentação de seu companheiro de profissão, tenta relacionar os conteúdos aprendidos com o dia a dia de seus treinos. No momento em que André cita as principais lesões que ocorrem nos membros superiores, o professor de voleibol lembra que um de seus principais jogadores tem reclamado de forma constante de dores em seu ombro após a realização de saques e ataques durante o jogo. Desta forma, como você poderia auxiliar André na explicação das possíveis lesões que ocorrem nos membros superiores?

Não pode faltar

Os movimentos relacionados aos membros superiores ganham bastante atenção da área da Educação Física. Habilidades motoras como o lançar e o arremessar são consistidas de movimentos presentes nos membros superiores. Assim, é importante

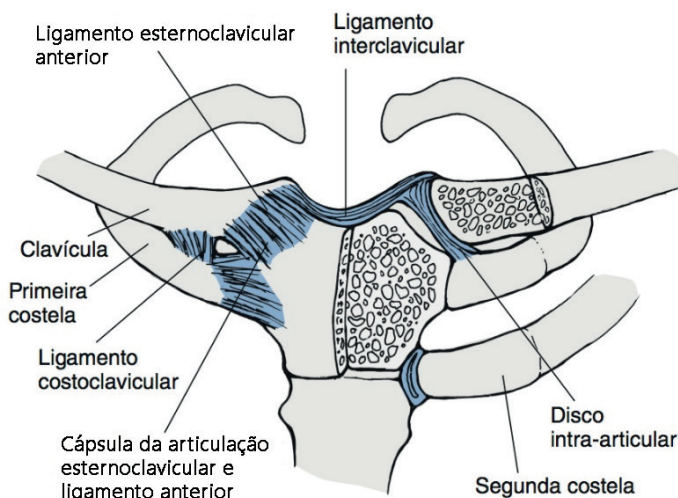
entendermos como tais estruturas são formadas e interligadas para que o movimento ocorra. Desta forma, caro aluno, veja a seguir as estruturas relacionadas aos membros superiores.

Complexo do ombro

O ombro possui diversas articulações, as quais influenciarão os movimentos dos braços. São conhecidas como articulações desta região: escapulotorácica, esternoclavicular, acromioclavicular e do ombro. A seguir, você será apresentado a cada uma delas.

- **Articulação esternoclavicular:** nesta articulação, a clavícula está unida ao manúbrio do esterno. A clavícula serve como local de inserção muscular, proporciona uma barreira para proteção de estruturas próximas, atua como suporte para estabilizar o ombro e previne a migração inferior do cingulo do membro superior. Esta articulação possui três ligamentos: interclavicular, costoclavicular e esternoclavicular, sendo o ligamento costoclavicular o mais importante para a estabilização da articulação. Os movimentos na esternoclavicular ocorrem em três direções: superior e inferior, em movimentos conhecidos como elevação e depressão; anterior e posterior, em movimentos conhecidos como protração e retração; rotação anterior e posterior ao longo do seu eixo longitudinal.

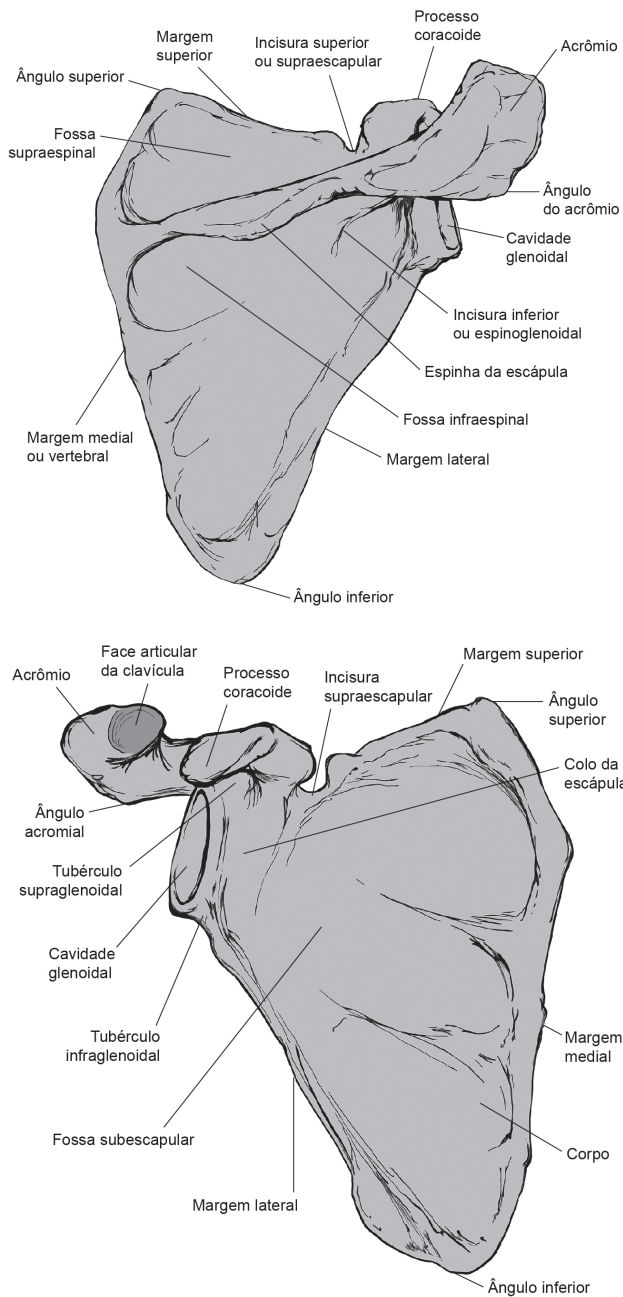
Figura 2.6 | Articulação esternoclavicular



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 138).

- Articulação acromioclavicular: a clavícula fica conectada à escápula em sua extremidade distal. Nesta articulação ocorre a maioria dos movimentos da escápula em relação à clavícula. A articulação acromioclavicular está situada sobre o alto da cabeça do úmero e funciona como limitação óssea aos movimentos do braço acima da cabeça. Os ligamentos presentes dão sustentação à articulação em situações de baixa carga e de pequenos movimentos. O ligamento coracoclavicular auxilia nos movimentos da escápula, pois funciona como um eixo de rotação, fornecendo apoio em movimentos que necessitam de maior amplitude e deslocamento. Já o ligamento coracoacromial protege estruturas próximas ao ombro, limitando o uso excessivo do movimento superior da cabeça do úmero.
- Articulação escapulotorácica: diferentemente das demais articulações, esta não apresenta conexão entre os ossos, mas sim entre estruturas neurovasculares, musculares e bursais, as quais permitem um movimento harmonioso da escápula no tórax. A escápula é um osso grande, plano e triangular com cinco bordas espessas. A articulação escapulotorácica aumenta a rotação total do úmero com relação ao tórax. Outra função presente é a alavanca gerada para os músculos que aderem a escápula. Observe a Figura 2.7, referente à escápula.

Figura 2.7 | Escápula. Superfície dorsal (A) e ventral (B) no lado direito



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p.140).

- Articulação do ombro: de acordo com Hamill, Knutzen e Derrick (2016), esta articulação oferece a maior amplitude de movimento e potencial de mobilidade entre todas as articulações do corpo. O ligamento coracoumeral impede a translação posterior do úmero durante os movimentos do braço e sustenta o peso do braço. Já os três ligamentos glenoumerais impedem o deslocamento anterior da cabeça do úmero e ficam retesados quando o ombro realiza uma rotação lateral. Nesta articulação, temos as conhecidas **bolsas**, as quais são sacos repletos de líquido localizados em pontos estratégicos em torno das articulações sinoviais, reduzindo a fricção na articulação.

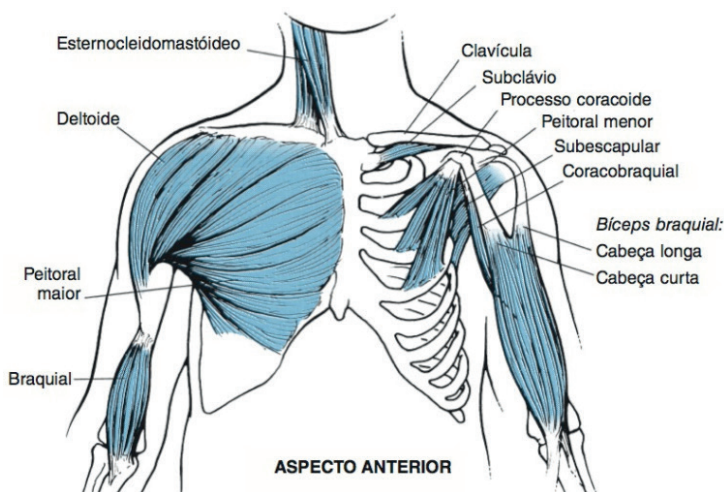


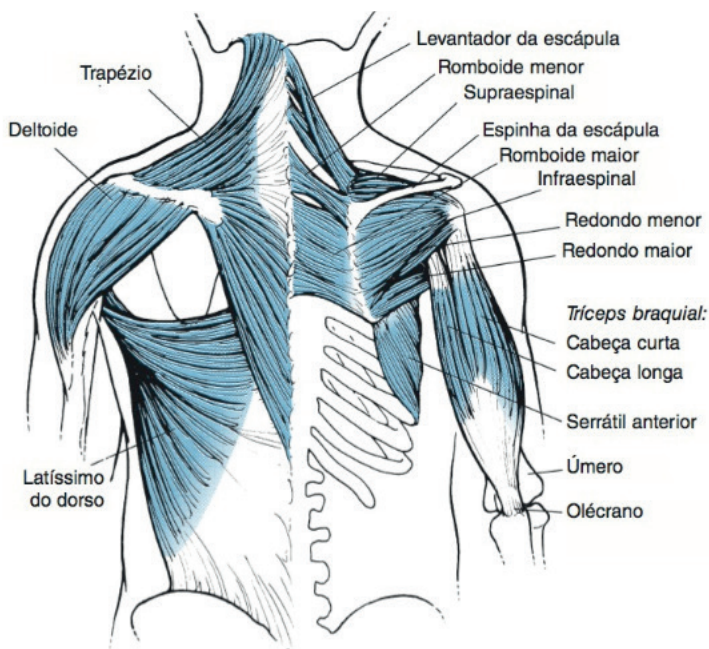
Assimile

Bolsas podem ser consideradas sacos com líquidos localizados cujo intuito é proteger e preservar a articulação.

O ombro possui uma grande amplitude de movimento, a qual caracteriza os movimentos realizados pelo braço. O braço pode se movimentar ao longo de 180° de flexão ou abdução, 60° de hiperextensão, 75° de hiperabdução, 90° de rotação medial e lateral, 135° de flexão horizontal e 45° de extensão horizontal. Os músculos que contribuem para o movimento do ombro são apresentados na Figura 2.8.

Figura 2.8 | Músculos relacionados à articulação do ombro e cingulo do membro





ASPECTO POSTERIOR

Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 145).



Reflita

Quais movimentos esportivos dependem em sua maior parte da ação articular do ombro?

Alguns músculos exercem função fundamental para o movimento do ombro, como o deltoide, o qual contribui de forma significativa para elevação do braço em abdução ou flexão; o manguito rotador auxilia o músculo deltoide durante a elevação, ao estabilizar a cabeça do úmero. De acordo com Thompson e Floyd (2002), é necessário agrupar os músculos de acordo com sua localização e função. Os músculos originados na escápula e clavícula são considerados músculos glenoumerais intrínsecos. Os músculos intrínsecos permeiam o deltoide, o coracobraquial, o redondo maior e o grupo do manguito rotador (subescapular, supraespinhoso, infraespinhoso e redondo menor). O grande dorsal e o peitoral maior podem ser classificados como músculos glenoumerais extrínsecos. Por conseguinte, o bíceps do braço auxilia na flexão e adução horizontal, enquanto o tríceps ajuda na extensão e abdução horizontal.

As lesões no ombro podem ser provenientes de traumas ou inflamações por causa de movimentos repetidos. É comum, por exemplo, que a articulação esternoclavicular sofra entorse ou luxação caso o indivíduo caia sobre a parte superior do ombro. Outra região bem afetada por traumas é a clavícula, por conta de contatos de forte impacto; a lesão mais comum na clavícula é a fratura do terço médio desta estrutura. Na articulação acromioclavicular, as lesões podem limitar o movimento dos ombros, causando perturbação. Por conseguinte, outra lesão conhecida é a bursite, caracterizada pela inflamação da bursa (bolsa), a qual já foi explicada nesta seção.



Exemplificando

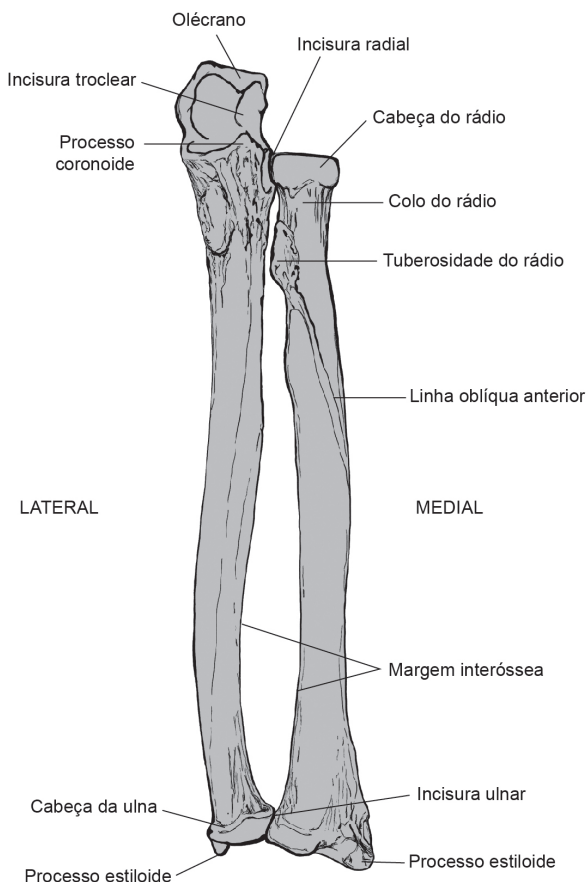
A inflamação na bursa (bursite) é comum em atletas de arremesso de peso, por conta do movimento específico da prova. Arremessadores em outros esportes ainda podem desenvolver a tendinite do bicipital, quando o tendão do bíceps é subluxado ou irritado.

Cotovelo e articulação radioulnar

De acordo com Hamill, Knutzen e Derrick (2016), o antebraço tem como função o auxílio ao ombro na aplicação de força e no controle do posicionamento da mão no espaço. O cotovelo possui três articulações que auxiliam nos movimentos de três ossos do braço e antebraço, a saber: úmero, rádio e ulna. A partir de agora, serão apresentadas tais articulações.

- Articulação umeroulnar: localizada entre a ulna e o úmero, responsável pela flexão e extensão do antebraço.
- Articulação umerorradial: também participa na flexão e extensão do antebraço. Possui uma estrutura que funciona como contraforte para a compressão lateral e outras forças absorvidas durante o arremesso e demais movimentos rápidos realizados pelo antebraço.
- Articulação radioulnar: estabelece movimento entre o rádio e a ulna em pronação e supinação.

Figura 2.9 | Estruturas do rádio e ulna que se articulam com o úmero na formação das articulações da região



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 154).

São conhecidos 24 músculos que cruzam a articulação do cotovelo, divididos em quatro grupos principais, a saber: flexores anteriores, extensores posteriores, extensores laterais-supinadores e flexores mediais-pronadores. Na Figura 2.10, você poderá observar os músculos presentes que interferem no movimento da articulação do cotovelo.

Figura 2.10 | Músculos do antebraço (A- vista anterior, B- vista posterior)



Fonte: <<https://goo.gl/BDuv88>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

Assim como na articulação do ombro, existem dois tipos de lesões que mais acometem a articulação do cotovelo: as lesões traumáticas e as lesões decorrentes de movimentos repetidos, por

exemplo, quedas e repetições extenuantes de movimentos como o arremesso no basquetebol ou movimento de braçada na natação. Nas modalidades esportivas que envolvem as lutas, é comum a ocorrência de luxações nesta região. De acordo com Hamill, Knutzen e Derrick (2016), o cotovelo é a segunda articulação que apresenta mais luxações em todo o corpo. Ainda são conhecidas como lesões nesta articulação: síndrome da tensão medial, epicondilite, tendinite, osteocondrite dissecante, entre outras.

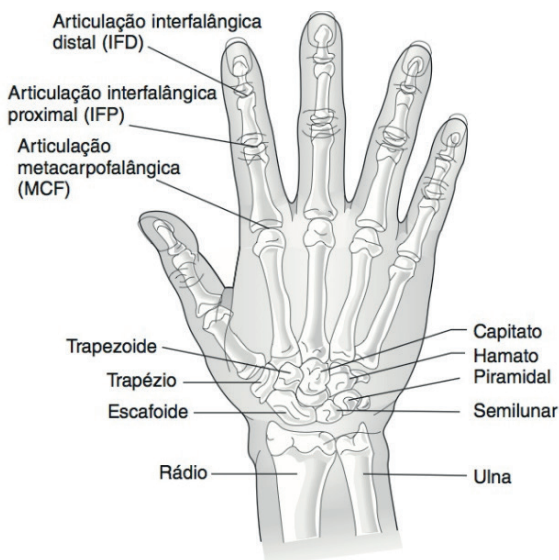
Articulação do punho

A mão é utilizada para tarefas de manipulação, e assim, apresenta diversos segmentos com ações musculares e articulações complexas. A seguir, você aprenderá as diferentes articulações presentes nessas estruturas.

- Articulação radiocarpal: é onde ocorre o movimento da mão como um todo. Permite movimentos em dois planos, a saber: flexão-extensão e flexão radioulnar.
- Articulação radioulnar distal: articulação que auxilia a ulna no deslizamento sobre um disco fibrocartilaginoso em movimentos de pronação ou supinação.
- Articulações mediocarpais e intercarpais: são articulações deslizantes, nas quais os movimentos de translação são gerados simultaneamente com os movimentos do punho.
- Articulações carpometacarpais: conecta os carpais com cada um dos cinco dedos. Contribui para a maioria dos movimentos do polegar e alguns movimentos dos demais dedos.
- Articulações metacarpofalângicas: tipo de articulação que interfere predominantemente nos movimentos dos dedos indicador, médio, anelar e mínimo, permitindo movimentos em dois planos: flexão-extensão e abdução-adução.
- Articulações interfalângicas da mão: são as articulações mais distais na interligação do membro superior. Permitem movimentos em apenas um plano (flexão e extensão). E a força de flexão nestas articulações determina a força de preensão.

Os músculos na mão são originados fora dela e chegam até o segmento por meio de seus longos tendões. Todos os músculos presentes agem em pares, ou seja, o agonista em relação ao seu antagonista. São músculos que promovem força e destreza aos dedos, sem acarretar em aumento do volume muscular na mão. Os músculos mais conhecidos para o movimento do punho são os flexores do punho (flexor ulnar do carpo, flexor radial do carpo e palmar longo) e os extensores do punho (extensor ulnar do carpo, extensor radial longo do carpo e extensor radial curto do carpo).

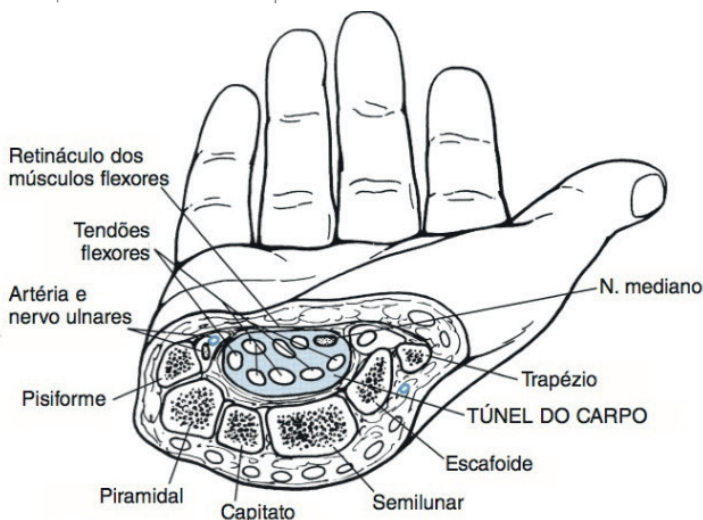
Figura 2.11 | Punho e mão



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 162).

Diversas lesões podem ocorrer no punho e mão como resposta a uma absorção de força brusca, em impactos com o chão, bola ou outros objetos. Um exemplo de lesão que pode ocorrer é a tenossinovite dos flexores radiais e dos músculos do polegar decorrente de atividades como canoagem, remo, tênis e esgrima. Outra lesão bem conhecida é a síndrome do túnel do carpo, a qual ocorre a partir das ações repetitivas no punho, como a flexão repetida. Assim, os tendões flexores do punho ficam inflamados até o momento em que passa a haver pressão e constrição do nervo mediano. A compressão do nervo pode causar dor, atrofia dos músculos ténares e sensações de formigamento no lado radial da mão.

Figura 2.12 | Visão do túnel do carpo



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 169).



Pesquise mais

No artigo de Campos e colaboradores (2003), um questionário a respeito da avaliação de gravidade dos sintomas e do estado funcional na síndrome do túnel do carpo é apresentado. É uma ferramenta de importante de conhecimento que você poderá acessar por meio do link a seguir.

CAMPOS, Carmelinda C. et al. Tradução e validção do questionário de avaliação de gravidade dos sintomas e do estado funcional na síndrome do túnel do carpo. **Arq. Neuropsiquiatr**, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 51-55, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/andp/v61n1/15015.pdf>>. Acesso em: 19 out. 2017.

Sem medo de errar

Para auxiliar André na explicação das possíveis lesões que ocorrem nos membros superiores é necessário que, em primeiro lugar, as estruturas sejam apresentadas. Assim, será possível entender os mecanismos e características das lesões. Para responder à pergunta do professor, podemos relembrar o conteúdo relacionado à articulação do ombro e às bolsas presentes, que são sacos repletos de líquido localizados em pontos estratégicos em torno das articulações sinoviais para reduzir a fricção na articulação.

A inflamação desta bolsa é conhecida por bursite e pode acometer muitos indivíduos que realizam movimentos esportivos específicos com os membros superiores.

É importante salientar que nas demais articulações também podem ocorrer lesões por traumas ou esforços repetidos. No cotovelo, é possível encontrar lesões como a síndrome da tensão medial, epicondilite, tendinite, osteocondrite dissecante e luxações. Na articulação do punho, as lesões são provenientes de uma resposta a uma absorção de força brusca, como os impactos com o chão ou objetos. São comuns: tenossinovite e síndrome do túnel do carpo.

Avançando na prática

O novo judoca

Descrição da situação-problema

Renan é um adolescente de 15 anos que começa a praticar judô, uma modalidade oferecida no contraturno escolar. Os pais de Renan, ao saber do interesse do filho, ficam preocupados com a integridade do garoto, uma vez que ele sempre foi suscetível a lesões e traumas. Assim, os pais foram até a instituição para conversar com você, professor de Renan. Eles perguntaram quais as principais lesões que podem ocorrer por causa do judô. Como você responderia tal pergunta?

Resolução da situação-problema

Você responde à pergunta dos pais de Renan considerando a articulação do cotovelo. Nesta articulação, por causa dos impactos, é comum a ocorrência de luxações na região (principalmente em modalidades de lutas). Além das luxações, podem ocorrer: síndrome da tensão medial, epicondilite, tendinite, osteocondrite dissecante, entre outras lesões. No entanto, apesar de tais lesões, você poderá estimular a prática do aluno, uma vez que você, como profissional, tomará cuidado com a integridade de todos os alunos.

Faça valer a pena

1. Em diversos movimentos esportivos as articulações predominantes podem sofrer lesões.

Quando pensamos na articulação do ombro, a inflamação de bolsas repletas de líquido localizadas em pontos estratégicos em torno das articulações sinoviais pode desencadear qual patologia?

- a) Síndrome do túnel do carpo.
- b) Estiramento muscular.
- c) Torção.
- d) Luxação.
- e) Bursite.

2. As estruturas radioulnares e do cotovelo possuem diferentes tipos de articulações.

Assim, sobre as articulações presentes nessas estruturas, qual é a articulação localizada entre a ulna e o úmero, responsável pela flexão e extensão do antebraço?

- a) Articulação umeroulnar.
- b) Articulação umerorradial.
- c) Articulação radioulnar.
- d) Articulação radiocarpal.
- e) Articulação mediocarpal.

3. O punho, apresenta diferentes articulações, sendo que cada uma possui sua particularidade. Desta forma, a articulação mais distal na interligação do membro superior, a qual permite movimentos em apenas um plano (flexão e extensão) é denominada como _____.

Qual alternativa preenche corretamente a lacuna apresentada?

- a) articulação metacarpofalângica.
- b) articulação interfalângica.
- c) articulação radioulnar.
- d) articulação mediocarpal.
- e) articulação radiocarpal.

Seção 2.3

Cinesiologia e biomecânica do tronco e coluna vertebral

Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo à Seção 3 da segunda unidade do livro de Cinesiologia e biomecânica. Após abordarmos os aspectos relacionados ao tecido ósseo na primeira seção e a cinesiologia e biomecânica dos membros superiores na Seção 2.2, você aprenderá, nesta seção, a cinesiologia e biomecânica do tronco e coluna vertebral. Em nosso dia a dia, vivenciamos situações em que a atenção está voltada à nossa postura e coluna vertebral. Situações desde a forma de sentar em uma cadeira em uma sala de aula ou no trabalho até a postura em movimentos específicos no esporte podem ser analisadas pela cinesiologia e biomecânica. No entanto, para realizar tais análises, precisamos conhecer as estruturas presentes, as possibilidades de movimento e cargas impostas. Assim, para permear nosso processo de ensino-aprendizagem, leia atentamente a situação-problema a seguir.

André tem auxiliado cada vez mais os professores de Educação Física de uma instituição escolar a aprofundar os conhecimentos na área de cinesiologia e biomecânica. Nos intervalos de cada apresentação, o profissional de Educação Física gosta de andar pelas dependências da instituição observando o comportamento dos alunos durante as atividades escolares. Ao passar por uma sala de aula, ele se surpreendeu com os alunos que se sentavam de forma inadequada na carteira, sobrecarregando a coluna vertebral. Assim, André teve a ideia de falar sobre a estrutura do tronco e coluna vertebral em sua apresentação. Para relacionar tal conhecimento com o ambiente prático dos professores, André fez a seguinte pergunta: "A má postura de nossa coluna durante o dia a dia pode afetar nosso desempenho nos exercícios físicos?"

Como você, companheiro de profissão, auxiliaria os professores a responder tal questionamento?

Não pode faltar

De acordo com Hall (2000), a coluna vertebral é um segmento complexo e funcionalmente significativo do corpo humano. É uma estrutura importante por estabelecer a ligação entre as extremidades superiores e inferiores do corpo. Além disso, outra função essencial é que a coluna vertebral é um protetor ósseo da medula espinhal. Portanto, vamos conhecer a estrutura da coluna vertebral.

Coluna vertebral

A coluna vertebral consiste em uma sequência de 33 vértebras divididas em cinco regiões, a saber: sete vértebras cervicais, doze vértebras torácicas, cinco vértebras lombares, cinco vértebras sacras fundidas e quatro vértebras coccígeas fundidas. As duas primeiras vértebras cervicais possuem formato singular, o qual permitirá que a cabeça tenha uma ampla capacidade de movimento giratório para os lados, para frente e para trás. Além disso, a coluna possui três curvaturas normais em suas vértebras móveis. Na região torácica, a curvatura é côncava anteriormente e convexa posteriormente, já na região cervical e lombar, as curvaturas são côncavas posteriormente e convexas anteriormente. De acordo com Floyd (2011), as curvaturas normais da coluna permitem que esta absorva golpes e impactos. A seguir, veja a coluna vertebral (Figura 2.12).

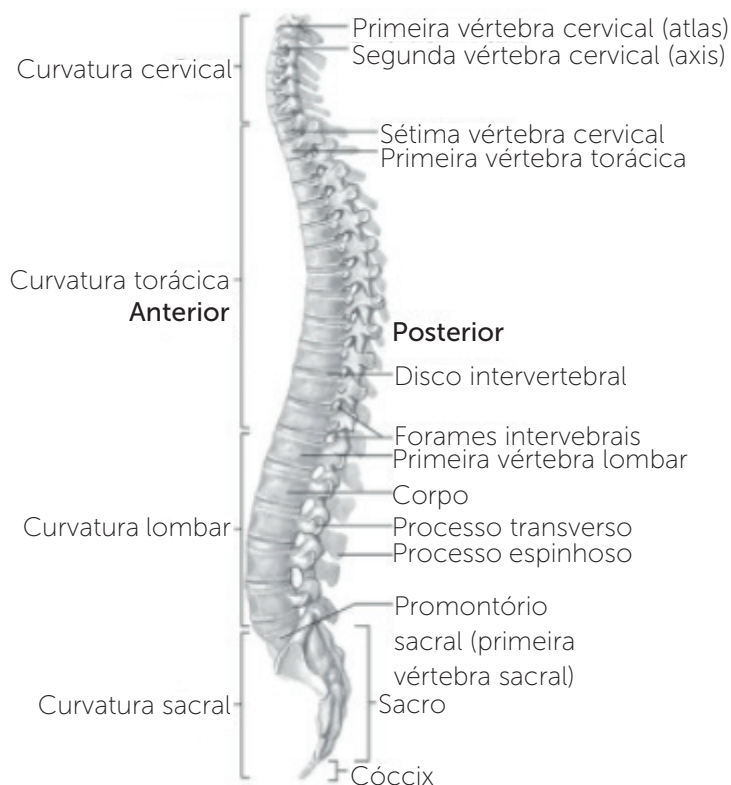


Assimile

Na coluna vertebral temos 33 vértebras, dispostas em:

- sete vértebras cervicais.
- doze vértebras torácicas.
- cinco vértebras lombares.
- cinco vértebras sacras fundidas.
- quatro vértebras coccígeas fundidas.

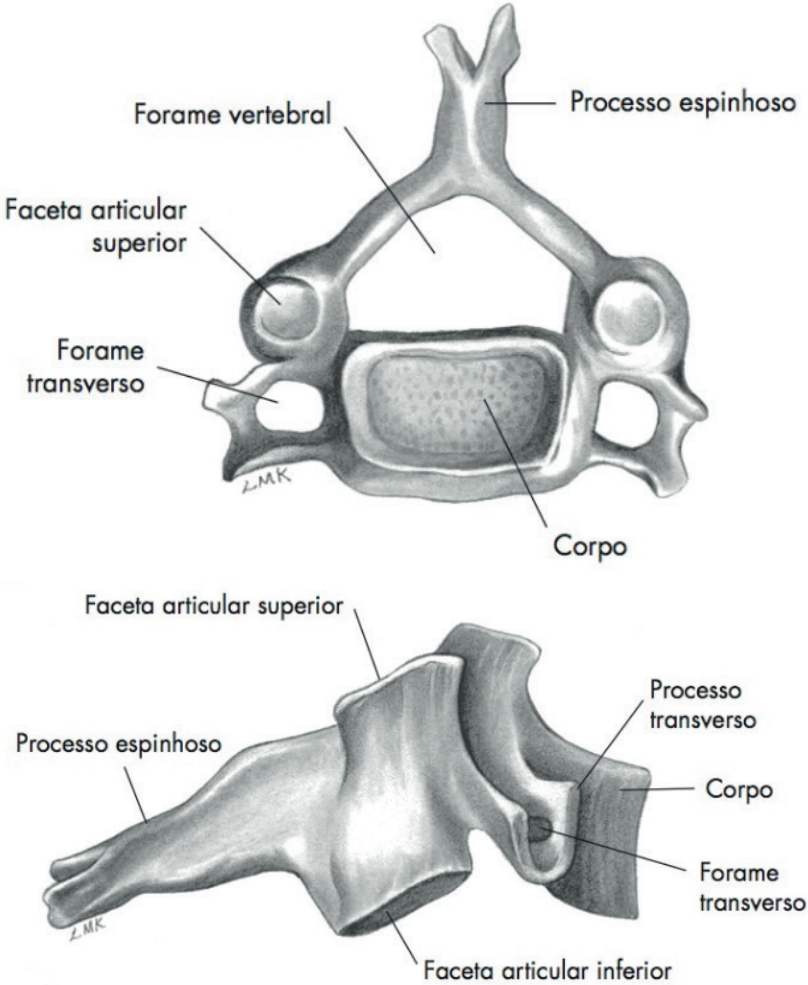
Figura 2.13 | Visão da coluna vertebral



Fonte: Floyd (2011, p. 322).

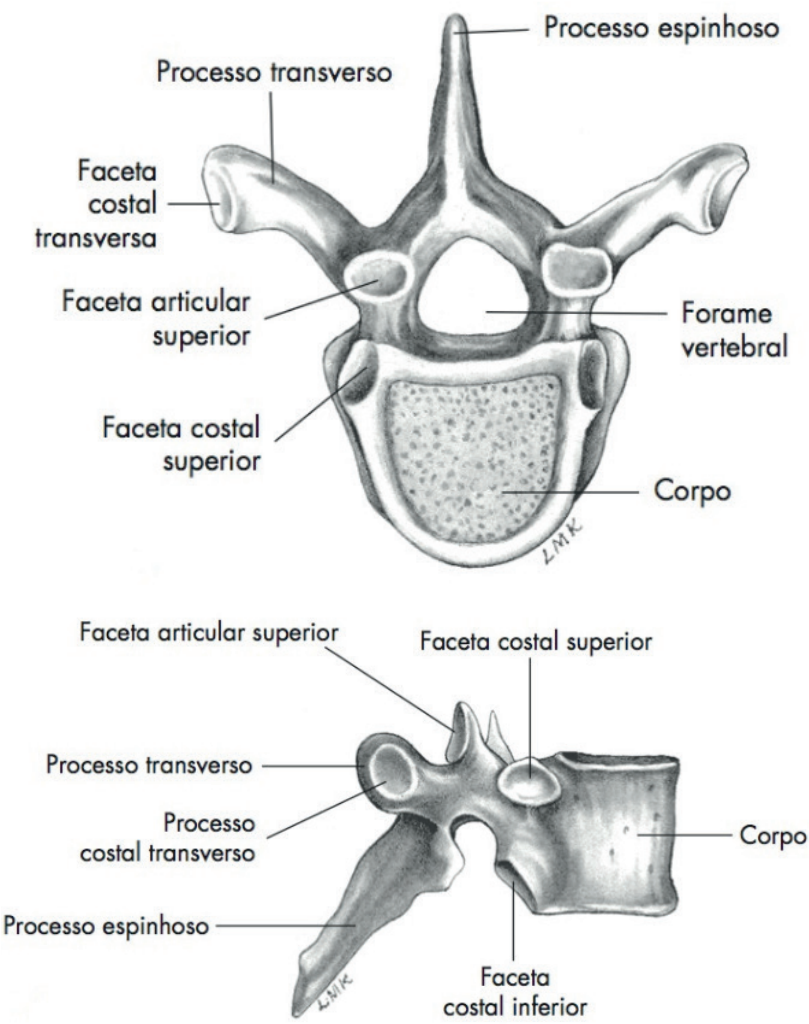
As vértebras consistem em um corpo, um arco (arco neural), e diversos processos ósseos. Os corpos vertebrais funcionam como componentes primários da coluna, sendo responsáveis pela sustentação do peso. Os ossos, em cada parte da coluna possuem tamanhos e formas diferentes, o que favorece a aplicação de diferentes funções. Por exemplo, as vértebras lombares são maiores e mais espessas que as demais vértebras da coluna. Isso ocorre quando o corpo está em posição ereta, as vértebras têm que sustentar o peso não apenas dos membros superiores e cabeça, mas de todo o tronco posicionado. A maior área das vértebras lombares reduz o estresse ao qual estas são submetidas. A seguir, você poderá ver as vértebras cervicais, torácicas e lombares.

Figura 2.14 | Vista da vértebra cervical (cima e lado)



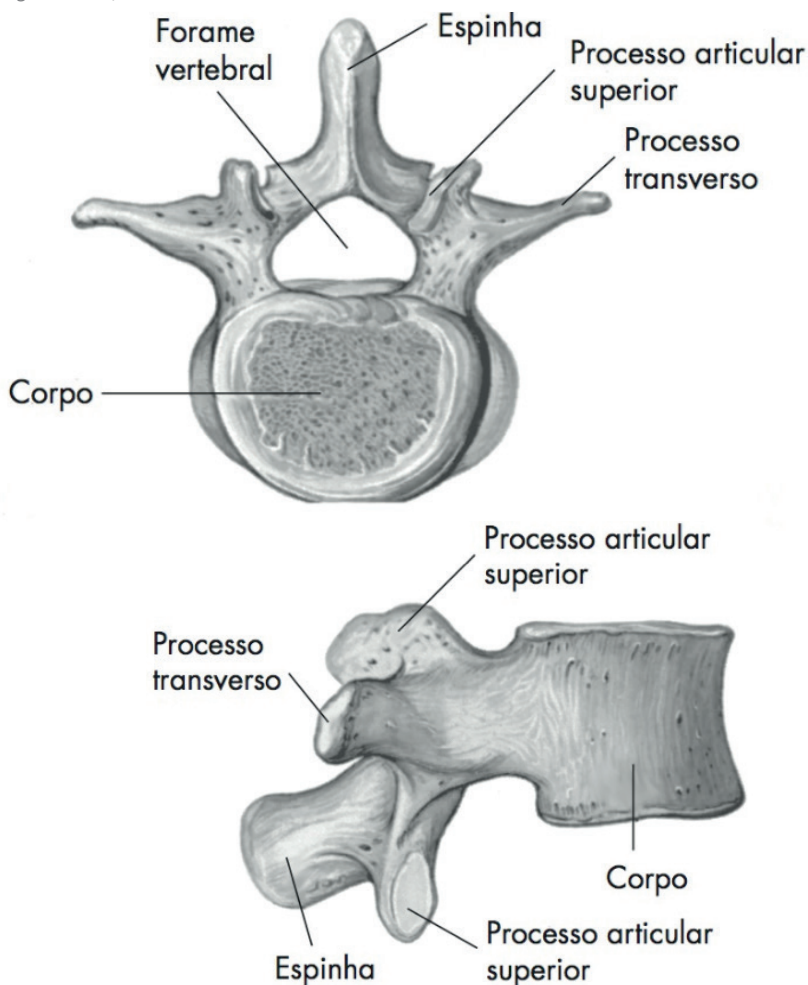
Fonte: Floyd (2011, p. 323).

Figura 2.15 | Vista da vértebra torácica (cima e lado)



Fonte: Floyd (2011, p. 323).

Figura 2.16 | Vista da vértebra lombar (cima e lado)



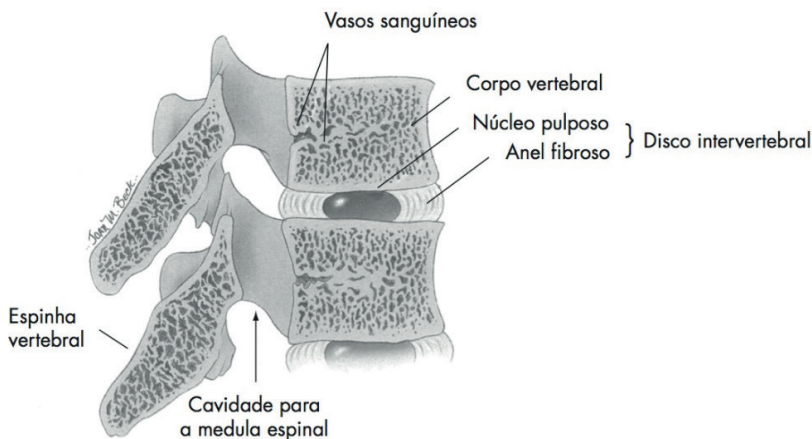
Fonte: Floyd (2011, p. 323).

Entre as vértebras, temos discos fibrocartilaginosos, conhecidos como discos intervertebrais. Estes discos possuem um anel fibroso e uma substância pulposa, denominada núcleo pulposo. Por conta de sua composição, o disco permite ser comprimido e torcido em qualquer direção. No entanto, no avançar da idade, ou por causa de traumas e lesões, os discos tornam-se menos flexíveis, acarretando no enfraquecimento do anel fibroso e protusão do núcleo pelo anel, gerando uma hérnia.



Durante a realização de tarefas cotidianas, ocorre a compressão sobre os discos intervertebrais, a qual gera uma redução na hidratação do disco. Por esse motivo, a coluna sofre uma diminuição na altura de até 2 centímetros no decorrer do dia.

Figura 2.17 | Disco intervertebral



Fonte: Floyd (2011, p. 323).

Desvios posturais

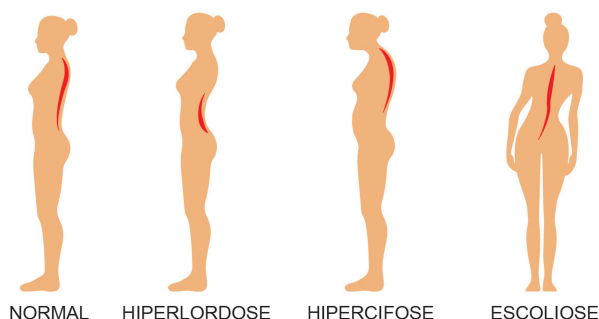
Em relação à curvatura da coluna, desvios indesejáveis podem ocorrer por diversos fatores. A seguir serão relatados os principais desvios.

Lordose: formada pelo aumento da concavidade posterior das curvaturas lombares e cervicais. De acordo com Hall (2000), está associada a músculos abdominais enfraquecidos e inclinação pélvica anterior. As principais causas decorrem de deformidade vertebral congênita, hábitos posturais inadequados e treinamentos excessivos em esportes que exigem hiperextensão lombar.

Cifose: formada pelo aumento da concavidade anterior da curvatura torácica normal. Frequentemente observada em adolescentes e idosos, decorrente em muitos casos de uma má formação na placa epifisária.

Escoliose: curvaturas ou desvios da coluna para os lados. Pode ter formato de “C” ou de “S”, envolvendo a coluna torácica, lombar ou ambas. Pode ser proveniente de uma deformidade congênita, no entanto, frequentemente possui causa desconhecida. Os pequenos desvios podem ser corrigidos com o tempo, os médios podem ser corrigidos por meio da prática de exercícios apropriados, no entanto, os casos mais graves podem necessitar de órteses ou cirurgias.

Figura 2.18 | Desvios posturais

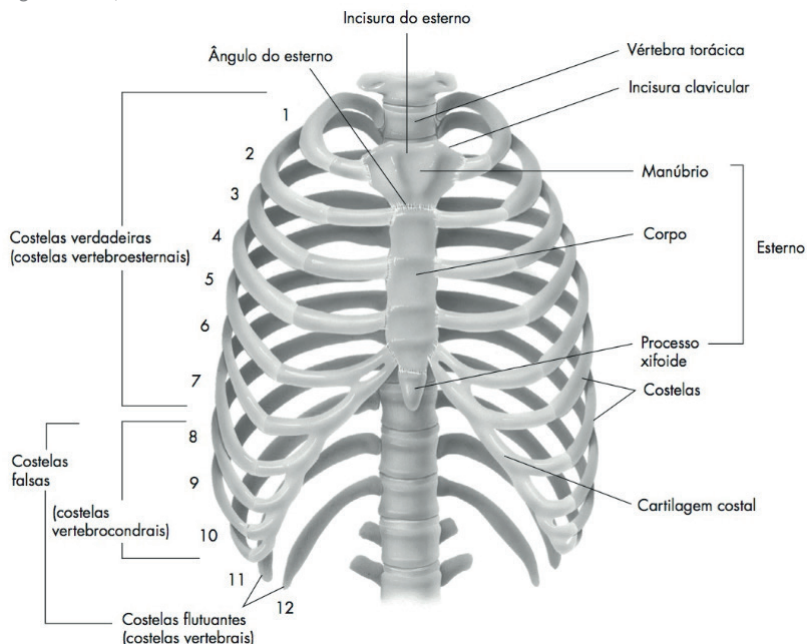


Fonte: <<https://goo.gl/kaxj5H>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

Tórax

O tórax é uma estrutura formada por doze pares de costelas. Sete pares são fixados diretamente ao esterno, três são fixados indiretamente ao esterno e duas são costelas “flutuantes”, uma vez que suas extremidades ficam livres. Ainda são conhecidos como outros ossos do tórax: manúbrio, corpo do esterno e processo xifoide. De acordo com Floyd (2011), as principais referências ósseas para localizar os músculos do pescoço incluem os processos mastoide, transversos e espinhais da parte cervical da coluna vertebral, o processo espinhoso das quatro vértebras torácicas superiores, o manúbrio do esterno e a clavícula medial. As costelas posteriores e os processos transversos e espinhais da parte torácica são áreas de fixação para os músculos posteriores da coluna.

Figura 2.19 | Tórax



Fonte: Floyd (2011, p. 324).

Movimentos

São conhecidos como movimentos da coluna:

- flexão da coluna vertebral – movimento anterior da coluna vertebral no plano sagital. Em relação à região cervical, a cabeça aproxima-se do peito, enquanto na região lombar o tórax se aproxima da pelve;

- extensão da coluna vertebral – consiste no retorno da flexão. Movimento posterior da coluna no plano sagital. Na região cervical, a cabeça afasta-se do peito, enquanto que, na região lombar, o tórax se afasta da pelve;

- flexão lateral – movimento no qual a cabeça se move lateralmente em direção ao ombro, enquanto o tórax se move lateralmente em direção à pelve. Tais movimentos ocorrem no plano frontal (ver Unidade 1, Seção 1.1 para planos e eixos);

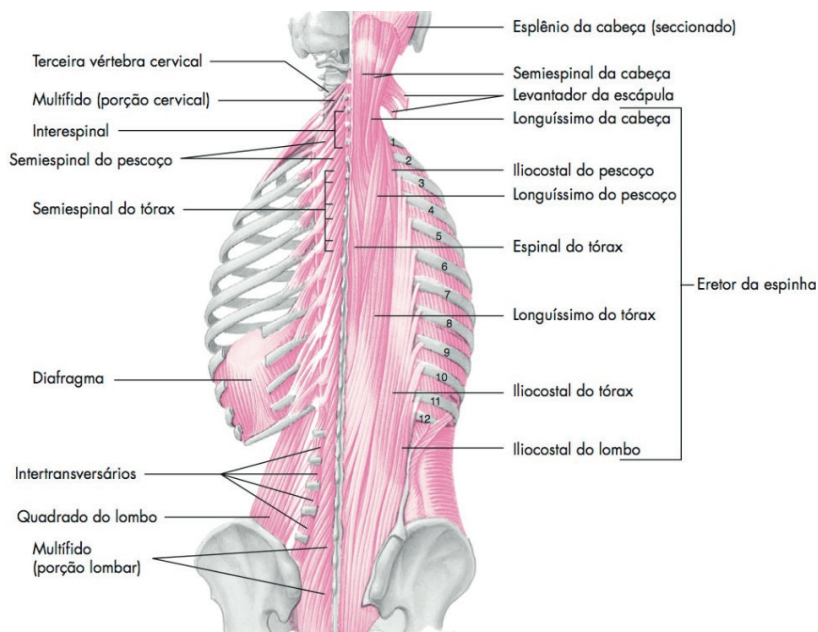
- rotação da coluna vertebral – movimento giratório da coluna no plano transverso;

- redução – movimento de retorno da flexão lateral para a posição neutra no plano frontal.

Músculos da coluna vertebral e tórax

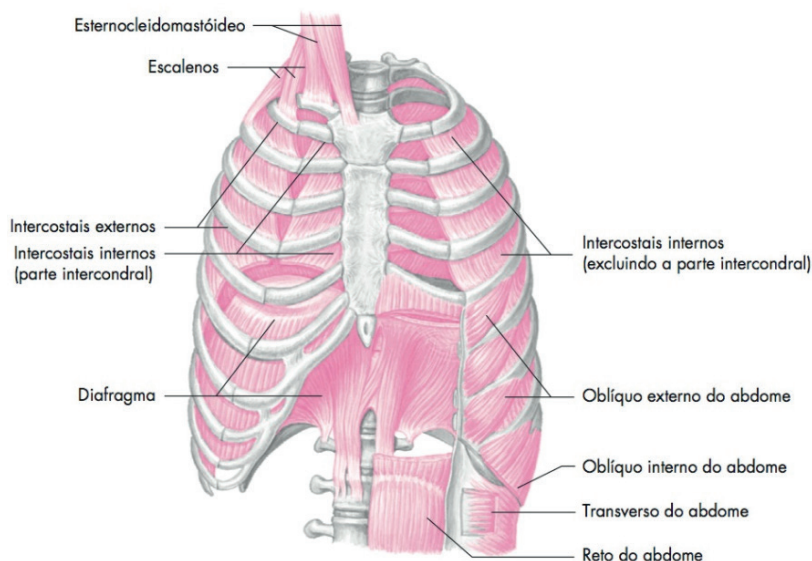
O maior grupo muscular presente nestas estruturas é o eretor da espinha, o qual se estende de cada lado da coluna vertebral, da região da pelve até o crânio. Na região da coluna vertebral, diversos músculos pequenos são encontrados, os quais se originam em uma vértebra e se inserem na vértebra seguinte. Para o melhor entendimento dos músculos pertencentes à coluna vertebral e ao tórax, observe com atenção as figuras a seguir.

Figura 2.20 | Músculos presentes na coluna



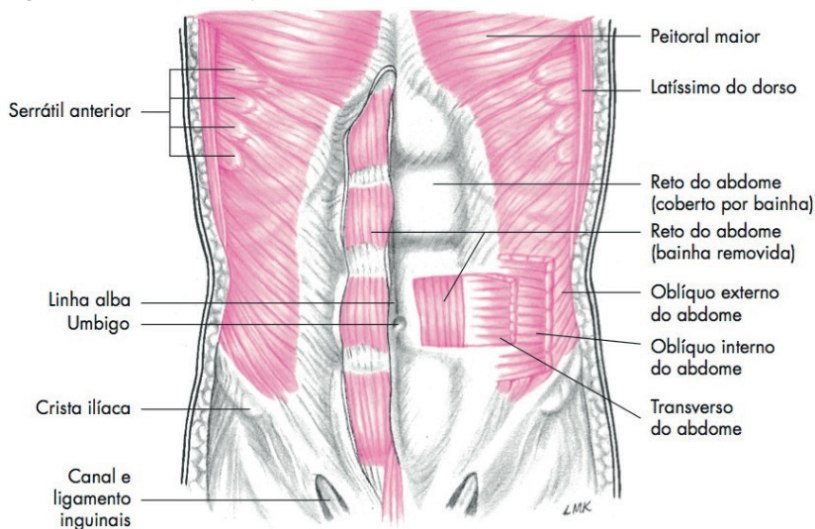
Fonte: Floyd (2011, p. 337).

Figura 2.21 | Músculos do tórax relacionados à respiração



Fonte: Floyd (2011, p. 339).

Figura 2.22 | Músculo da parede abdominal



Fonte: Floyd (2011, p. 343).

Cargas impostas

De acordo com Hall (2000), quando o corpo se encontra em posição ereta, a principal forma de carga que atua sobre a coluna é axial. Assim, a massa corporal, qualquer carga mantida nas mãos e a tensão nos ligamentos e músculos presentes contribuirão para a **compressão vertebral**. Para manter a postura, os músculos vertebrais deverão realizar grande força para adquirir estabilidade. Assim, a principal força que atua sobre a coluna é a força derivada da atividade muscular. Quando pensamos na carga presente durante a postura ereta, esta apresenta menor compressão da coluna lombar quando comparada à flexão vertebral e à posição sentada-relaxada, ao sentar.

Quando o indivíduo se encontra em posição ereta, a massa corporal também sobrecarrega a coluna por meio do cisalhamento. O cisalhamento é a força dominante que atua sobre a coluna durante a flexão e em movimentos que requeiram inclinação para trás do tronco. Outro fator importante a ser destacado é que o cisalhamento excessivo pode contribuir para formação de hérnias discais. Por conseguinte, outro fator que afeta diretamente as cargas vertebrais é a velocidade do movimento. De acordo com Hall (1985), a realização de um levantamento de forma rápida faz aumentar de maneira significativa as forças de compressão e cisalhamento sobre a coluna vertebral.

Lesões

A dor lombossacral é um tipo de dor que pode acometer desde crianças até idosos. As causas desta dor podem estar relacionadas a distensões musculares e entorses ligamentares, trabalho em postura pouco natural com movimentos súbitos, sobrecarga por grandes cargas em poucas repetições de movimento ou numerosas repetições de movimento com cargas repetidas.

Outros tipos de lesões que podem ocorrer são as contusões, distensões musculares e entorses ligamentares, as quais são provenientes principalmente de atividades esportivas. Essas lesões podem ser decorrentes de um trauma ou sobrecarga impostos aos músculos (principalmente os da região lombar). As fraturas também podem ocorrer, sendo que as fraturas cervicais são ocasionadas por trauma direto, envolvendo uma força aplicada à cabeça ou ao

tronco. As fraturas por compressão também podem ocorrer, por exemplo, por causa das grandes cargas que os levantadores de peso necessitam erguer. É importante ressaltar que as fraturas vertebrais são sérias, uma vez que possuem como possíveis consequências, a paralisia ou até a morte. Quando pensamos nas costelas, as fraturas nesta região se dão normalmente por impactos, por exemplo, em golpes nas artes marciais.

O tipo de fratura mais comum na coluna vertebral é a fratura por estresse. Esta pode apresentar dois tipos: espondilólise e espondilolistese. A espondilólise ocorre na presença de uma fratura na parte interarticular do arco neural vertebral. Já a espondilolistese é uma fratura bilateral completa da parte interarticular, a qual resulta em deslizamento anterior da vértebra. Por conseguinte, como já apontado anteriormente, a hérnia de disco também é uma lesão comum. Ela consiste na protrusão de parte do núcleo pulposo. A hérnia pode ser causada por um trauma ou estresse e acomete um disco que já demonstra sinais de degeneração. No caso de a hérnia oferecer pressão sobre a medula espinhal, sintomas como dor ou dormência podem aparecer.



Refleta

Em seu dia a dia, a qual tipo de carga sua coluna vertebral está mais exposta? Você percebe alguma sobrecarga em alguma região dessa estrutura?



Pesquise mais

No link a seguir, você poderá ter acesso a um estudo relacionado à influência da prática de exercício físico sobre a dor e estabilidade lombar. É um artigo interessante que mostra como a prática de exercício físico da maneira correta pode auxiliar no tratamento e prevenção de dores lombares, sem intervenção farmacológica. Disponível em: <<https://goo.gl/sAm44A>>. Acesso em: 31 out. 2017.

Sem medo de errar

Como podemos relembrar da situação-problema desta seção, André questionou os professores da instituição se a má postura

da coluna durante o dia a dia pode afetar nosso desempenho nos exercícios físicos. Veja que André não foi específico nos alunos, mas sim, em todos os indivíduos. Ele se referiu a todos, pois naturalmente realizamos movimentos bruscos ou ficamos em posições que podem sobrecarregar a coluna vertebral. Como apresentado, a compressão vertebral ocorre desde o momento em que levantamos da cama, e ainda pode ser acentuada pelas cargas que carregamos durante o dia, como mochilas, ou trabalhos que requeiram o carregamento de grandes cargas materiais.

Má postura, traumas e sobrecargas podem causar lesões, como a dor lombossacral, fraturas, fraturas por estresse e hérnias discais. Assim, respondendo ao questionamento de André, a má postura pode influenciar de forma negativa o desempenho em exercícios físicos e também em modalidades esportivas, principalmente aquelas que necessitam de movimentos específicos da coluna vertebral, como a ginástica.

Avançando na prática

Auxílio ao professor

Descrição da situação-problema

Durante uma aula de Educação Física, um aluno que estava jogando basquetebol salta para pegar um rebote e no momento da queda se desequilibra, batendo com as costas no chão. Apesar da queda, o aluno levanta rápido para continuar jogando, no entanto, ele se queixa de um incômodo (dor) na coluna vertebral. Ao ouvir o relato do aluno, o professor decide averiguar por meio da palpação o ponto de maior dor na coluna vertebral do menino. No entanto, no momento de averiguar em qual parte da coluna a dor está presente (cervical, torácica ou lombar), o profissional se “esquece” da quantidade de vértebras existentes em cada região. Assim, como você poderia auxiliar o professor com a informação correta?

Resolução da situação-problema

Para auxiliar o professor, você deverá relembrar as estruturas presentes na coluna vertebral. A coluna possui 33 vértebras, divididas em cinco regiões, de cima para baixo. No entanto, como a dor presente se refere a uma das três regiões, dentre elas: cervical,

torácica ou lombar, você poderia relatar ao professor que existem sete vértebras cervicais, doze vértebras torácicas e cinco vértebras lombares. Assim, por meio da palpação, o professor poderá identificar a região que o aluno se queixa de dor.

Faça valer a pena

1. A coluna vertebral é uma região que possui diversas vértebras, as quais podem ser divididas em cinco regiões. Além disso, por conta de suas diferentes formas, as vértebras possuem diferentes funções, as quais caracterizam cada região. Assim, quantas vértebras lombares o corpo humano possui?

Selecione a alternativa correta:

- a) 10.
- b) 8.
- c) 12.
- d) 3.
- e) 5.

2. Entre as vértebras, existe uma estrutura com anel fibroso e substância pulposa, que funciona como um coxim, evitando atritos entre as vértebras. Quando comprimido, ocorre uma redução em sua hidratação, podendo até influenciar a estatura do indivíduo durante o dia. Qual é o nome dessa estrutura?

Selecione a alternativa correta:

- a) Discos intervertebrais.
- b) Cóccix.
- c) Sacro.
- d) Processo espinhoso.
- e) Processo transversal.

3. Em relação à curvatura da coluna, leia atentamente o trecho a seguir: "Este tipo de desvio é formado pelo aumento da concavidade posterior das curvaturas lombares e cervicais. Tem como principais causas: deformidade vertebral congênita, hábitos posturais inadequados e treinamentos excessivos em esportes que exigem grande trabalho na região".

Qual tipo de desvio é citado no trecho?

- a) Cifose.
- b) Escoliose.
- c) Lordose.
- d) Hérnia discal.
- e) Espondilolistese.

Referências

FLOYD, R. T. **Manual de cinesiologia estrutural**. 11. ed. São Paulo: Manole, 2011.

HALL, S. **Biomecânica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

_____. Effect of attempted lifting speed on forces and torque exerted on the lumbar spine. **Med Sci Sports Exerc**, v. 17, n. 440, 1985.

HAMILL, J; KNUTZEN, K. M.; DERRICK, T. R. **Bases biomecânicas do movimento humano**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2016.

THOMPSON, C. W.; FLOYD, R. T. **Manual de cinesiologia estrutural**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2002.

Cinesiologia e biomecânica do movimento humano: membros inferiores e sistema locomotor

Convite ao estudo

Caro aluno, seja bem-vindo à Unidade 3 do livro da disciplina de *Cinesiologia e Biomecânica*. Após verificarmos os principais conceitos referentes à Cinesiologia e Biomecânica, os membros superiores e a coluna vertebral, iremos ver nesta unidade os conteúdos relacionados aos membros inferiores e sistema locomotor. Os membros inferiores são caracterizados por apresentar uma maior amplitude de movimentos quando comparado aos membros superiores. Além disso, os membros inferiores estão completamente ligados ao aspecto locomotor, o qual também será conteúdo desta unidade (Seções 2 e 3).

Para entendermos como realizamos atividades como andar, correr, saltar, chutar uma bola, nadar (batendo as pernas), precisamos compreender as estruturas presentes nos membros inferiores, afinal, estas são responsáveis pela realização do movimento. Portanto, compreender as articulações presentes, músculos e funções é essencial para entender como o movimento ocorrerá.

Nesta unidade, você também poderá ver as principais lesões referentes aos membros inferiores, além de aspectos específicos como o recrutamento de unidades motoras, tipos de contrações, curva comprimento-tensão e curva força-velocidade. Entender tais componentes musculares, auxiliará na compreensão de questionamentos que podemos lidar no dia a dia de nossa profissão, por exemplo, por que as fibras predominantes em corredores de longa distância são

de um determinado tipo, enquanto as fibras predominantes em corredores de velocidade são de outro? Quanto mais força eu faço, necessariamente eu gero maior velocidade? Portanto, para responder a essas perguntas, é necessário que você estude com atenção esta unidade e leia atentamente o contexto de aprendizagem a seguir.

André é um profissional da área de Educação Física que foi contratado por uma instituição escolar para capacitar os profissionais da área sobre aspectos relacionados à Cinesiologia e Biomecânica. Após abordar os principais conceitos sobre a área e as estruturas dos membros superiores, ele verificou em seu organograma que era o momento de falar sobre os membros inferiores e o sistema locomotor. No entanto, devido à grande diversidade existente entre as modalidades presentes no campeonato escolar, o profissional estava com dificuldade de encontrar uma atividade que apresentasse familiarização com a maioria dos esportes disputados. Após conversar com alguns professores sobre cada modalidade esportiva, André elencou diversas atividades que poderiam ser apresentadas com ênfase no desenvolvimento dos membros inferiores.

Bons estudos!

Seção 3.1

Cinesiologia e Biomecânica dos membros inferiores

Diálogo aberto

Após estudarmos os principais conceitos em Cinesiologia e Biomecânica, os membros superiores e a coluna vertebral, estudaremos nesta seção os membros inferiores. O conhecimento a respeito das estruturas presentes nos membros inferiores é importante para o profissional de Educação Física. Com este saber, é possível entender as estruturas responsáveis por diferentes movimentos, como a flexão, extensão, abdução, adução, entre outros. Para permear nosso processo de ensino-aprendizagem, leia atentamente a situação-problema a seguir.

André segue suas apresentações a respeito da área de Cinesiologia e Biomecânica. Após verificar o domínio dos princípios básicos relacionados à área, André modifica a organização de sua aula. Em vez de apresentar o conteúdo referente aos membros inferiores, ele determina que os professores, em grupos, deverão realizar uma apresentação sobre cada estrutura (articulações principais) componente dos membros inferiores. Assim, André divide os participantes em 3 grupos, de modo que cada grupo falará de uma das partes, a saber: 1 – pelve e quadril; 2 – joelho; 3 – tornozelo e pé. Para auxiliar os grupos, André pede que você instrua cada profissional sobre quais aspectos relacionados às estruturas necessitamos ter conhecimento para a realização da profissão. Portanto, como você poderia auxiliar?

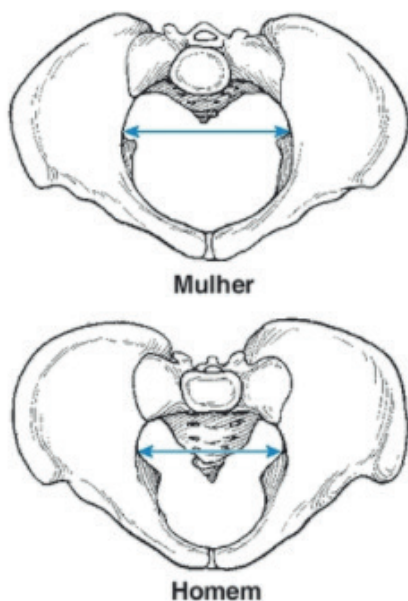
Não pode faltar

Os membros inferiores são caracterizados por apresentar a maior amplitude de movimento quando comparados aos membros superiores. Além disso, estes são suscetíveis a maiores forças geradas a partir do contato entre o pé e o solo. De acordo com Hamill, Knutzen e Derrick (2016), os membros inferiores estão conectados entre si e ao tronco por meio do cingulo do membro

inferior (cinta pélvica). Segundo os autores, tal cingulo desempenha um papel fundamental na sustentação do peso do corpo, além de oferecer mobilidade ao aumentar a amplitude de movimento nos membros inferiores. O cingulo do membro inferior ou cinta pélvica, é formada pelos ossos do quadril e sacro.

A região pélvica é caracterizada por apresentar diferenças entre os sexos na população. Nas mulheres, a pelve se expande mais lateralmente em sua parte frontal, além de ser mais leve, delgada e ampla quando comparada à pelve do homem (veja na Figura 3.1). Outra diferença notável é que a mulher apresenta um sacro mais amplo na parte de trás.

Figura 3.1 | Pelve da mulher e do homem



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 181).

A pelve está ligada ao tronco por meio da articulação sacroilíaca, a qual transmite o peso do corpo para o quadril e está submetida a cargas da região lombar ou do solo. Nesta articulação podemos encontrar outra diferença entre sexos, uma vez que, nas mulheres, tal articulação apresenta maior mobilidade causada pela frouxidão nos ligamentos de apoio da articulação. Tal frouxidão ainda pode

aumentar durante ciclos hormonais mensais e ficar significativamente frouxa e móvel durante a gravidez.

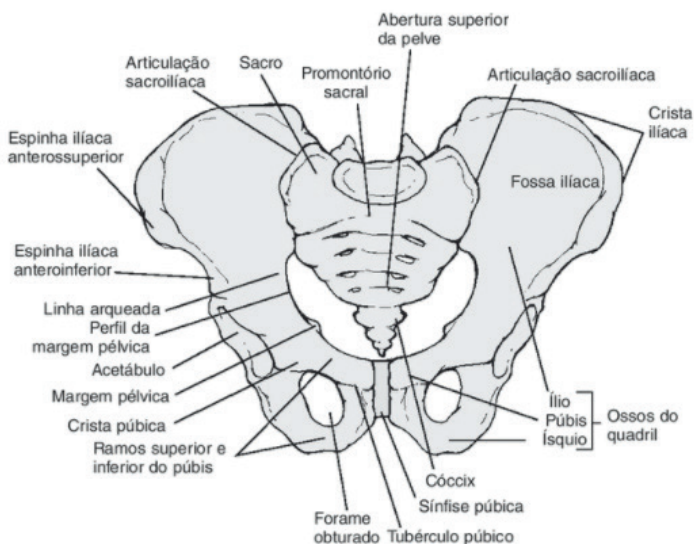


Assimile

O cingulo do membro inferior é formado pelos ossos do quadril e do sacro e realizam a ligação entre o tronco e os membros inferiores. É uma estrutura fundamental na sustentação do corpo e aumento na amplitude de movimento.

O movimento pélvico pode ser descrito baseado na monitoração do ílio (HAMILL; KNUTZEN; DERRICK, 2016). Na sustentação do peso em cadeia fechada, a pelve se moverá em torno do fêmur, ocorrendo a inclinação anterior. Já a inclinação posterior é criada pela extensão do tronco ou por retificação da região lombar e extensão do quadril. Além disso, a pelve também pode realizar inclinações laterais. A seguir, veja as estruturas presentes na região pélvica (Figura 3.2).

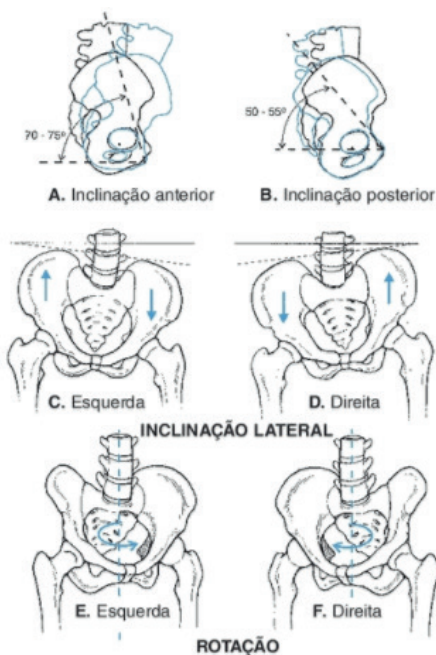
Figura 3.2 | Região pélvica



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p.182).

Agora, veja os movimentos possíveis realizados pela pelve:

Figura 3.3 | Movimentos da pelve



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 184).



Reflita

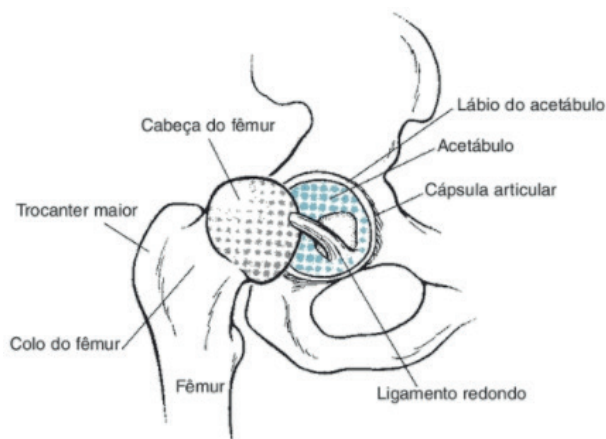
Quais movimentos esportivos necessitam de grande movimento pélvico? Pense em algum movimento específico esportivo que requeira um dos movimentos apresentados na Figura 3.3.

Articulação do quadril

O quadril é uma articulação estável (mesmo que apresente diferentes movimentos), com ligamentos fortes e músculos grandes com alta capacidade de sustentação (THOMPSON; FLOYD, 2002). O quadril consiste na articulação entre o acetábulo da pelve e a cabeça do fêmur. O acetábulo é uma superfície côncava que se posiciona nos sentidos anterior, lateral e inferior. O quadril atua na descarga de peso e na locomoção, a qual é favorecida pela grande

amplitude de movimento, resultando na capacidade de correr, saltar, entre outras atividades.

Figura 3.4 | Articulação do quadril



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 186).

Não podemos falar do quadril sem citar o fêmur. O fêmur é o principal osso atuante na sustentação do peso, sendo caracterizado por seu grande comprimento, volume e resistência (é o osso mais resistente do corpo). De acordo com Hall (2000), o fêmur forma um ângulo orientado medialmente e para baixo em relação ao quadril durante a fase de apoio da marcha e da corrida, sendo possível o apoio em uma única perna debaixo do centro de gravidade do corpo.

Três ligamentos são apresentados na articulação do quadril. O **ligamento iliofemoral**, também conhecido como ligamento em Y, possui uma forte estrutura e oferece sustentação à articulação do quadril anterior em posição ereta, oferecendo resistência à extensão, rotação lateral e adução. De acordo com Hamill, Knutzen e Derrick (2016), este ligamento é capaz de sustentar a maior parte do peso corporal, desempenhando um papel importante para a manutenção da postura ereta.

O **ligamento pubofemoral** possui como principal função à resistência à abdução, e possui certa resistência à rotação lateral e extensão. Por conseguinte, outro ligamento presente na articulação do quadril é o **ligamento isquiofemoral**, o qual oferece resistência à

extensão, adução e rotação medial. É importante salientar que nenhum dos ligamentos apresentados opõe resistência à flexão do quadril, sendo que todos apresentam frouxidão durante tal movimento. Portanto, caro aluno, a flexão é o movimento com maior amplitude nessa articulação. Para compreender os movimentos realizados pelo quadril, é necessário saber os músculos que atuam sobre a articulação, acarretando os movimentos. Portanto, a seguir serão apresentadas tais informações.

Flexão: é caracterizado pelo movimento anterior do fêmur em direção à pelve. Para que ocorra a flexão do quadril, seis músculos podem contribuir: ilíaco, psoas maior, pectíneo, reto femoral, sartório e tensor da fáscia lata. Segundo Hall (2000), pelo fato de o reto femoral ser um músculo biarticular, ou seja, atua tanto na flexão do quadril, quanto na flexão do joelho, tal músculo funciona de forma mais efetiva como flexor do quadril quando o joelho se encontra em flexão, como ao chutar uma bola.

Extensão: os músculos extensores do quadril são: glúteo máximo e os isquiotibiais (bíceps femoral, semitendíneo e semimembranoso). É o movimento posterior do fêmur, afastando-se da pelve.

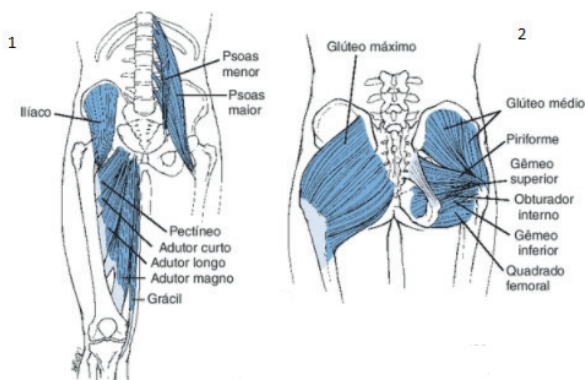
Abdução: para realizar a abdução, o glúteo médio e o glúteo mínimo trabalham em conjunto. Tais músculos estabilizam a pelve durante a fase de apoio da marcha e da corrida e em momentos em que uma pessoa fica apoiada em uma perna só. É caracterizado pelo movimento lateral do fêmur para o lado, afastando-se da linha média. Os abdutores do quadril são muito utilizados em movimentos de dança, por exemplo.

Adução: para que ocorra a adução, são ativados o adutor longo, adutor curto, adutor magno e grácil, os quais cruzam a articulação do quadril medialmente. Tais músculos são ativados durante a fase de balanceio do ciclo da marcha para que o pé fique colocado debaixo do centro de gravidade do corpo durante a fase de apoio.

Rotação medial e lateral do fêmur: são considerados como rotadores laterais os seguintes músculos: piriforme, gêmeo superior, gêmeo inferior, obturador interno, obturador externo e quadrado femoral. Para a rotação medial, temos como principal rotador, o glúteo mínimo, o qual tem ajuda da fáscia lata, do semitendíneo, do semimembranoso e do glúteo médio.

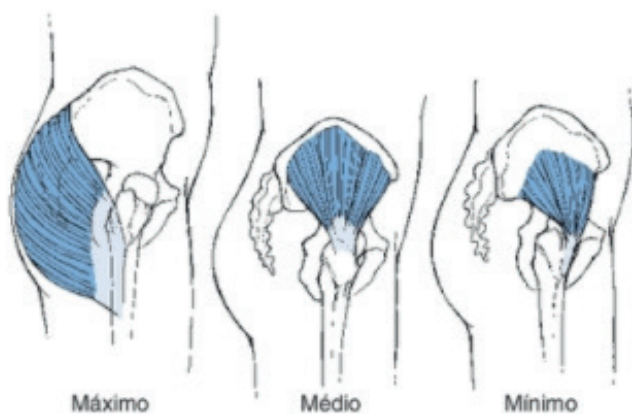
Veja a seguir os músculos que envolvem os movimentos relacionados à articulação do quadril:

Figura 3.5 | 1- Adutores e Flexores; 2- Rotadores externos



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 192).

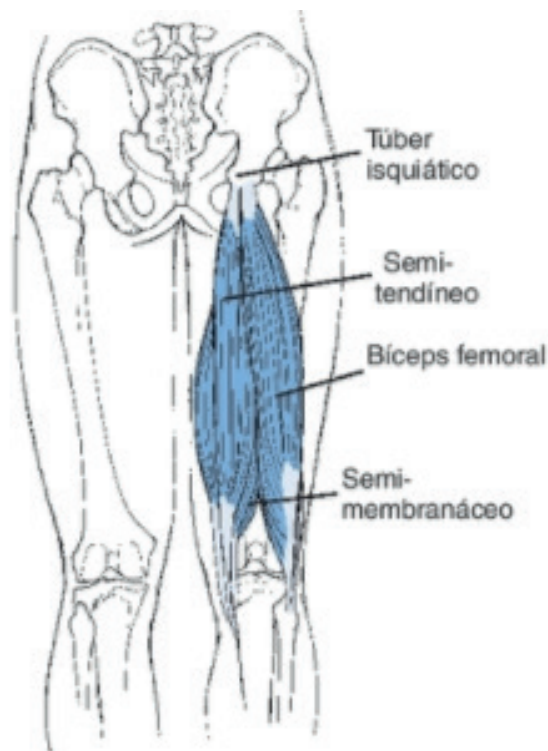
Figura 3.6 | Músculos abdutores



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 192).

Pelo fato do quadril ser a principal articulação responsável pela sustentação do corpo, este é submetido a grandes cargas. Quando o peso é distribuído de forma uniforme nos membros inferiores, o peso sustentado em cada quadril está relacionado à metade do peso dos segmentos corporais acima do quadril. Além disso, as forças de impacto transferidas por meio do esqueleto a partir do pé e a tensão corporal contribuem como cargas compressivas no quadril.

Figura 3.7 | Músculos extensores



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 192).

Devido às grandes cargas que o quadril necessita suportar, lesões podem ocorrer, como as fraturas. Um exemplo são as fraturas do colo do fêmur, a qual é uma lesão debilitante que ocorre com certa frequência entre as pessoas idosas com osteoporose. São lesões ainda comuns nessa articulação as contusões e distensões nos músculos que atuam nos movimentos do quadril.



Exemplificando

Um exemplo de contusão que pode ocorrer nos músculos relacionados aos movimentos do quadril é durante a realização de esporte de contato, nos quais, um golpe pode acarretar hemorragias internas e aparecimento de hematomas.

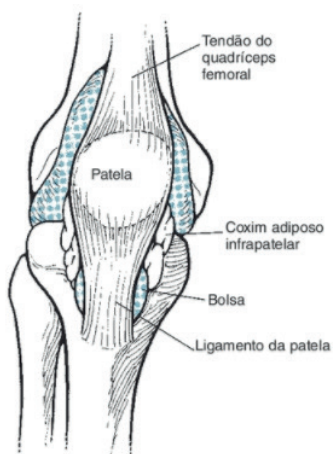
Articulação do joelho

A articulação do joelho é considerada a maior articulação do corpo. De acordo com Thompson e Floyd (2002), esta articulação consiste basicamente em uma articulação de dobradiça, sujeita a considerável estresse devido às suas funções de sustentação de peso e locomoção. Os ligamentos presentes no joelho dão apoio passivo à articulação apenas quando estão sofrendo algum tipo de tensão. Na estrutura do joelho, estão presentes 3 articulações, a saber: articulação tibiofemoral, articulação patelofemoral e articulação tibiofibular proximal.

A articulação tibiofemoral está presente entre o fêmur e a tíbia, ou seja, dois ossos bem resistentes. De acordo com Hall (2000), é a principal articulação em dobradiça do joelho. Nesta articulação os movimentos de flexão e extensão ocorrem de forma semelhante aos referentes movimentos na articulação do cotovelo. Relacionada à articulação tibiofemoral, temos os **meniscos**, os quais são discos cartilaginosos localizados entre os côndilos tibiais e femorais. A principal função dos meniscos é distribuir a carga no joelho sobre uma maior área superficial e absorver os choques.

A articulação patelofemoral é a articulação da patela com incisura troclear sobre o fêmur. A patela pode ser considerada um osso sesamoide triangular que possui como principal função o aumento da vantagem mecânica do quadríceps femoral. Você poderá ver uma imagem referente à patela na Figura 3.8.

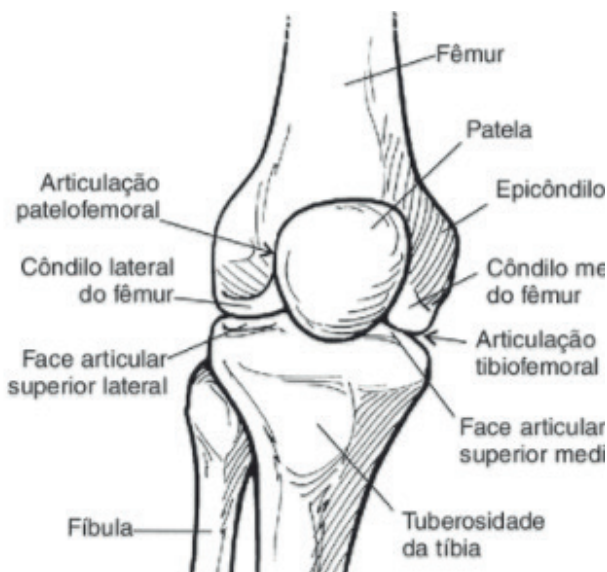
Figura 3.8 | Estruturas próximas à patela



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 206).

A articulação tibiofibular está localizada entre a cabeça da fíbula e as faces posterolateral e inferior do côndilo da tibia. É uma articulação deslizante que possui como principais funções: a dissipação das forças de torção aplicadas pelos movimentos do pé e a atenuação do curvamento tibial lateral. Veja a seguir mais estruturas presentes no joelho.

Figura 3.9 | Estruturas presentes no joelho



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 202).

Outras estruturas presentes na articulação do joelho são os ligamentos, os quais auxiliam na estabilidade de toda a estrutura dessa articulação. Segundo Hall (2000), a localização de cada ligamento determina a direção na qual será capaz de opor resistência a uma luxação do joelho. Os **ligamentos colaterais** são os principais ligamentos que cruzam as faces medial e lateral do joelho. Tais ligamentos previnem a movimentação lateral do joelho. Os **ligamentos cruzados** são os principais ligamentos que se cruzam mutuamente ao conectar as faces anterior e posterior do joelho (HALL, 2000). Esse tipo de ligamento limita o deslizamento para frente e para trás do fêmur, durante a flexão e a extensão do joelho, além de limitar sua hiperextensão. A seguir, veja os posicionamentos dos ligamentos do joelho.

Figura 3.10 | Ligamentos do joelho



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 205).

Como já apresentado, o joelho pode fazer flexão e extensão, sendo que os três músculos isquiotibiais são os flexores primários e os músculos que compõem o quadríceps (reto femoral, vasto lateral, vasto medial e vasto intermédio) são os extensores do joelho. Além disto, os músculos semimembrâneo, semitendíneo e poplíteo produzem a rotação medial da tíbia, enquanto o bíceps femoral atua na rotação lateral da tíbia.

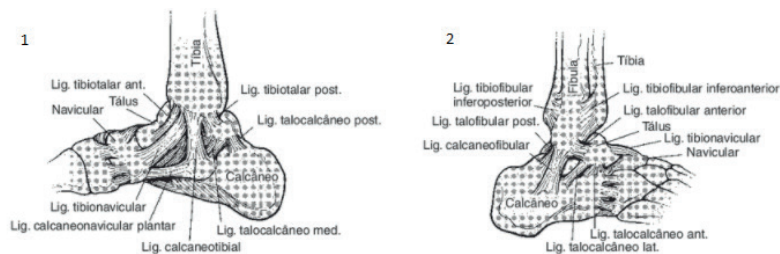
O joelho é uma das articulações responsáveis pela sustentação do peso, assim, é acometido por grandes cargas. Tais cargas podem acarretar lesões, como as ligamentares, provenientes de sobrecargas sobre a articulação. As forças aplicadas em uma direção anterior ao joelho podem romper o ligamento cruzado posterior, enquanto as forças aplicadas na direção posterior podem romper o ligamento cruzado anterior. Por conseguinte, os ligamentos colaterais também estão suscetíveis ao rompimento devido às diferentes cargas direcionais. Outra lesão comum está relacionada ao menisco, o qual pode sofrer laceração, interferindo na mecânica articular normal. Sintomas como bloqueio ou falha na articulação são comuns.

Tornozelo e pé

Juntos, o tornozelo e o pé compõem uma estrutura anatômica que consiste em 26 ossos de formas irregulares, 30 articulações sinoviais, mais de 100 ligamentos e 30 músculos (HAMILL; KNUTZEN; DERRICK, 2016). Destaca-se que os principais movimentos no pé ocorrem a partir de 3 articulações, a saber: talocrural, talocalcânea e transversa do tarso.

A articulação talocrural é também conhecida como articulação do tornozelo. Essa estrutura tem como objetivo criar estabilidade. Os ligamentos que atravessam o tornozelo limitam a flexão plantar e a dorsiflexão, o movimento anterior e posterior do pé, a inclinação do tálus e a inversão e eversão. A articulação talocalcânea consiste na articulação entre o tálus e o calcâneo. É uma estrutura que tem como principais movimentos a pronação e supinação, além de ter como função a absorção de choques. Por conseguinte, a articulação transversa do tarso apresenta a maior importância funcional (HAMILL; KNUTZEN; DERRICK, 2016). Os movimentos possíveis nesta articulação são: inversão e eversão, abdução e adução, dorsiflexão e flexão plantar nas demais articulações reportadas. A seguir, você poderá ver os ligamentos do tornozelo.

Figura 3.11 | Ligamentos do tornozelo



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 220).

São conhecidos como músculos do tornozelo e pé:

Flexores plantares: gastrocnêmio, flexor longo dos dedos, flexor longo do hálux, peroneal longo, peroneal curto, plantar, sóleo e tibial posterior.

Eversores: peroneal longo, peroneal breve, peroneal terceiro e extensor longo dos dedos do pé.

Dorsiflexores: tibial anterior, peroneal terceiro, extensor longo

dos dedos do pé, extensor longo do hálux.

Inversores: tibial anterior, tibial posterior, flexor longo dos dedos do pé e flexor longo do hálux.

Como já apresentado em nosso conteúdo, são conhecidos como movimentos realizados pelo tornozelo e pé: dorsiflexão, flexão plantar, eversão, inversão, flexão dos dedos, extensão dos dedos, pronação e supinação.

Entre as principais lesões no tornozelo estão as entorses. De acordo com Hall (2000), as entorses do tornozelo ocorrem habitualmente na face lateral, por causa do apoio ligamentar mais fraco que existe pelo lado medial. A utilização de órteses e faixas são medidas profiláticas utilizadas frequentemente para proteger os tornozelos das entorses durante a participação em atividades esportivas. Além disso, podem ocorrer: lesões ligamentares, fraturas, luxações, entre outros.



Pesquise mais

Leia o estudo de Petermann, Friedrich e Meereis (2017) sobre a Cinesiologia dos complexos articulares, publicado na Revista Perspectiva: Ciência e Saúde. Os membros inferiores são apresentados a partir da página 137. Segue o link:

<<https://goo.gl/3AAbXj>>. Disponível em: 26 jan. 2018.

Organize os boxes seguintes no local do texto em que você considerar mais adequado, inclusive alterando a ordem se preferir.

Sem medo de errar

Como apresentado na situação-problema, André resolveu dividir os participantes da semana de palestras em 3 grupos, para que cada grupo aborde um dos temas a seguir: 1 - pelve e quadril, 2- joelho e 3 - tornozelo e pé. Portanto, André pediu a sua ajuda para instruir os professores sobre quais pontos devem ser apresentados para explicar as diferentes estruturas presentes nos membros inferiores.

Você pode instruir os professores que o conhecimento a respeito das articulações, músculos, funções, possibilidades de movimento, influência de cargas e aparecimento de lesões é importante para o

profissional de Educação Física. A compreensão dessas estruturas auxiliará o profissional em seu dia a dia, principalmente em modalidades esportivas. A melhora em um chute no futsal ou futebol, e a biomecânica do correr e do nadar são exemplos nos quais devemos ter conhecimento sobre a Cinesiologia e Biomecânica dos membros inferiores para aplicar alguma mudança. Portanto, no caso dos professores da instituição, os quais estão participando da semana de palestras com o intuito de aumentar o desempenho dos seus alunos nas diversas modalidades esportivas, tal conhecimento é essencial.

Avançando na prática

Impactos no joelho

Descrição da situação-problema

João é um profissional de Educação Física de um clube de sua cidade natal. Ele dá aulas de basquete para jovens de 14 anos. Após um treino, um aluno afirma para o professor que após uma sequência de diversos exercícios de salto, este se encontra com fortes dores no joelho, sentindo um pouco de bloqueio na articulação, além de pequenos “falseios” durante a caminhada. Assim, qual lesão no joelho está relacionada à realização de exercícios de impacto, bloqueios articulares e pequenos falseios?

Resolução da situação-problema

João poderá verificar se seu aluno apresenta uma lesão no menisco, o qual é a estrutura responsável na absorção de impactos e choques. Como foi realizado um grande número de saltos, o aluno pode ter sofrido uma laceração no menisco, acarretando assim, sintomas reportados.

Faça valer a pena

1. Leia atentamente o trecho a seguir:

O quadril possui estruturas importantes, as quais auxiliam na realização dos movimentos da articulação. Uma destas estruturas é o _____, o qual é o principal osso atuante na sustentação do peso, caracterizado pelo seu grande comprimento, volume e resistência. É o osso mais resistente do corpo.

Qual das alternativas a seguir preenche corretamente a lacuna apresentada?

- a) Menisco
- b) Pé
- c) Tornozelo
- d) Fêmur
- e) Ligamento Iliofemoral

2. O joelho é uma articulação importante para a sustentação de cargas e peso. Esta articulação possui diversas estruturas que podem apresentar diferentes funções. Desta forma, qual o nome da estrutura que é responsável pela absorção de impactos e choques na articulação?

Selecione a seguir a alternativa correta:

- a) Ligamentos.
- b) Pelve.
- c) Fêmur.
- d) Menisco.
- e) Tíbia

3. O quadril é uma articulação que auxilia na sustentação do peso e manutenção da postura ereta. No âmbito da atividade física podemos encontrar diversos movimentos que ocorrem por grande influência do quadril, como o movimento de abdução na dança. Desta forma, quais músculos são responsáveis para a abdução do quadril?

Selecione a seguir a alternativa correta.

- a) Glúteo máximo e glúteo mínimo.
- b) Glúteo médio e glúteo mínimo.
- c) Quadríceps e bíceps femoral.
- d) Isquiotibiais e quadríceps.
- e) Adutor curto e adutor longo.

Seção 3.2

Cinesiologia e biomecânica do sistema locomotor

Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo à Seção 3.2 da terceira unidade do livro de Cinesiologia e Biomecânica. Nesta seção, veremos aspectos essenciais a respeito de estruturas que influenciam o movimento humano: os músculos e articulações. Sem esses componentes, o movimento não ocorreria, uma vez que, estes possuem diversas funções que influenciam toda a nossa estrutura em geral. Assim, para compreender o processo de ensino-aprendizagem desta seção, leia atentamente a situação-problema a seguir.

Após pedir que os professores formassem grupos para realizar apresentações sobre as estruturas dos membros inferiores, André acredita que a realização deste “intensivo” de cinesiologia e biomecânica está rendendo frutos, com conhecimentos tanto no âmbito teórico, como também no âmbito prático. Para continuar com o processo de ensino, André decide abordar aspectos específicos do corpo humano que até então não foram abordados, como o sistema muscular e sistema articular. Assim, o profissional lança a seguinte pergunta para os professores da instituição: quais as funções que o músculo apresenta para a realização do movimento humano? Ao escutar a pergunta, os professores ficam confusos, uma vez que, estes consideraram uma pergunta muito abrangente, a qual pode apresentar uma grande variedade de respostas. Vendo a agitação durante a reunião, André decide tomar uma decisão importante: solicitar a você, ajudante de André, que oriente os professores sobre como responder tal questionamento. Portanto, como você poderia auxiliar esses profissionais?

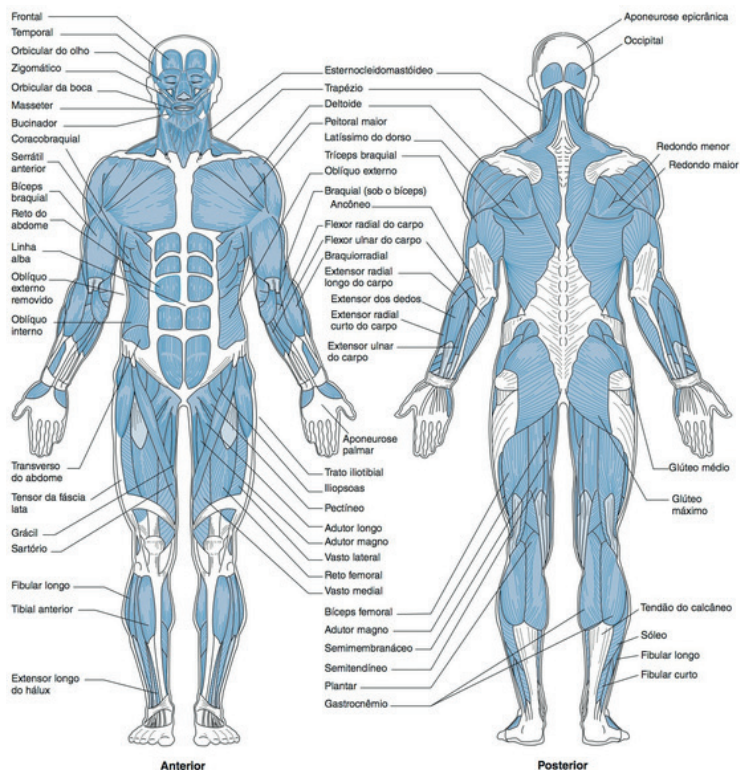
Não pode faltar

Sistema muscular

Os músculos são considerados como elementos de contribuição

do movimento humano por exercerem força. Os músculos são utilizados para manter posição, elevar ou baixar uma parte do corpo, gerenciar um movimento que é realizado em velocidade e gerar grande velocidade no corpo ou em um objeto. De acordo com Hall (2000), o músculo possui quatro propriedades comportamentais, a saber: extensibilidade, elasticidade, irritabilidade e a capacidade de desenvolver tensão (contratilidade).

Figura 3.12 | Músculos do corpo humano (vista anterior e vista posterior)



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 63).

Extensibilidade

É a capacidade do músculo de alongar além do comprimento em repouso. É importante salientar que para causar o alongamento do músculo, é necessária a participação de outro músculo ou ação de força externa. A quantidade de extensibilidade do músculo é determinada pelo tecido conjuntivo que o circunda e está situado em seu interior.

Elasticidade

É a capacidade da fibra muscular de retornar a seu comprimento de repouso após um alongamento. A elasticidade do músculo é também determinada pelo tecido conjuntivo. De acordo com Hamill, Knutzen e Derrick (2016), as propriedades de elasticidade e extensibilidade são mecanismos protetores que mantêm a integridade e o comprimento básico do músculo. O músculo possui em seu comportamento elástico dois tipos de componentes principais, a saber: o componente elástico em paralelo e o componente elástico em série.

O **componente elástico em paralelo** é uma propriedade elástica passiva do músculo derivada das membranas musculares, o qual fornece resistência quando um músculo é estirado passivamente. Já o **componente elástico em série** é uma propriedade elástica passiva do músculo derivada dos tendões, a qual age como uma mola ao armazenar energia elástica quando um músculo sob tensão é estirado. Ambos os componentes fazem parte do **componente contrátil**, o qual é uma propriedade do músculo que torna possível o desenvolvimento de tensão pelas fibras musculares estimuladas (HALL, 2000). A ação do componente elástico em série, ou seja, o “efeito mola” após o estiramento de um músculo sob tensão, gera um padrão denominado **ciclo de alongamento-encurtamento**. Este ciclo é caracterizado pela ação excêntrica, seguida de uma ação concêntrica.



Exemplificando

O ciclo alongamento-encurtamento é realizado de forma constante em gestos esportivos, como o saltar no voleibol, com a realização de um agachamento (fase excêntrica), seguida de uma impulsão no sentido vertical (fase concêntrica). Outra tarefa que apresenta tal ciclo é a corrida, por causa do armazenamento e utilização de energia elástica.

Irritabilidade

Também conhecida como excitabilidade, é a capacidade de responder ao estímulo (Hamill, Knutzen e Derrick, 2016). No músculo, o estímulo ocorre a partir de um motoneurônio que libera um transmissor químico.

Contratilidade

É a capacidade do músculo de gerar tensão e encurtar ao receber estímulo suficiente. De acordo com Hamill, Knutzen e Derrick (2016), alguns músculos podem encurtar em até 50 a 70% seu comprimento em repouso. Segundo os autores, a faixa média é de cerca de 57% do comprimento em repouso para todos os músculos esqueléticos.

Estrutura muscular

Para compreender as diferentes capacidades e ações musculares, é necessário entender as estruturas relacionadas ao sistema muscular. Assim, do que é composto um músculo? Quais são suas partes, compartimentos? Bom, caro aluno, a partir de agora você poderá ver a organização estrutural do músculo esquelético.

Os grupos de músculos estão localizados em compartimentos, denominados **fáscia**, a qual é uma lâmina de tecido fibroso que divide os músculos em grupos funcionais. É importante ressaltar que os músculos localizados em um mesmo compartimento são inervados pelo mesmo nervo. Uma única célula muscular é chamada de **fibra muscular**. A membrana que envolve a fibra muscular é chamada de **sarcolema**, enquanto o citoplasma recebe o nome de **sarcoplasma**. Na Figura 3.13 é apresentada a estrutura muscular.

Ao observarmos com um microscópio, ainda podemos verificar que a fibra é decomposta em diversas miofibrilas, as quais apresentam estrias transversais resultantes de filamentos claros e escuros dispostos em uma ordem que forma padrões repetidos de faixas. A faixa escura é denominada **miosina**, enquanto a faixa clara é chamada de actina.

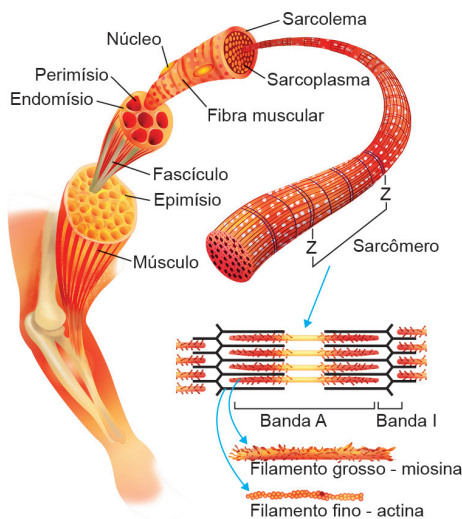


Assimile

O **epimísio** reveste a parte externa do músculo. O epimísio é importante para a transferência da tensão muscular para o osso. Os feixes de fibras musculares podem ser denominados de fascículos. Um fascículo pode ter até 200 fibras musculares. O fascículo é revestido pelo **perimísio**, o qual protege as fibras musculares e proporciona vias para os nervos e vasos sanguíneos. As fibras musculares são revestidas por uma

membrana, denominada **endomísio**, o qual contém capilares e nervos que nutrem e inervam cada fibra muscular.

Figura 3.13 | Estrutura muscular



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 68).

Uma **unidade motora** é caracterizada por um grupo de fibras musculares que são inervadas pelo mesmo motoneurônio. É uma estrutura importante para o processo de contração muscular, o qual ocorre mediante um sinal que é transmitido desde o motoneurônio até o músculo, denominado potencial de ação. É importante salientar que o aumento da produção de força está relacionado com a quantidade de unidades motoras recrutadas.

De acordo com Hall (2000), um músculo ativado consegue realizar uma função em específico: desenvolver tensão. No entanto, quando pensamos em um conjunto de músculos, ou seja, caro aluno, quando dois ou mais músculos estão presentes em uma determinada ação, podemos encontrar outras funções. Um exemplo é quando um músculo se contrai, e este gera movimento de um segmento corporal em uma articulação. Tal ação é vista como **agonista**, quando o papel desempenhado por um músculo causa o movimento. Os músculos com ações opostas

aos agonistas são denominados como **antagonistas**. Este papel é desempenhado por um músculo que atua para tornar mais lento ou interromper um movimento. Além disto, o músculo ainda pode atuar na estabilização (**músculos estabilizadores**) de uma parte do corpo contra uma força em particular. Por conseguinte, o músculo pode ser **neutralizador**, no qual este atua para eliminar uma ação indesejada produzida por um agonista.



Refleta

Imagine um movimento específico e pense em qual seria o músculo com ação agonista e qual músculo desempenharia uma ação antagonista para que o movimento ocorra.

Outro fator que influencia a função muscular é o arranjo das fibras musculares. De acordo com Hall (2000), as orientações das fibras dentro do músculo e os arranjos pelos quais as fibras se fixam aos tendões musculares podem variar de forma significativa entre os músculos do corpo humano. Aspectos como a força da contração muscular e a amplitude de movimento são influenciadas pelo tipo de arquitetura das fibras. Existem duas categorias de arranjo de fibras musculares, a saber: **arranjo de fibras paralelas** e arranjo de fibras peniformes. O arranjo de fibras paralelas é o padrão das fibras dentro de um músculo no qual as fibras são aproximadamente paralelas ao eixo longitudinal do músculo. Já o **arranjo de fibras peniformes** é o padrão das fibras dentro de um músculo com as fibras curtas inserindo-se em um ou mais tendões.

Figura 3.14 | Arranjo de fibras peniformes

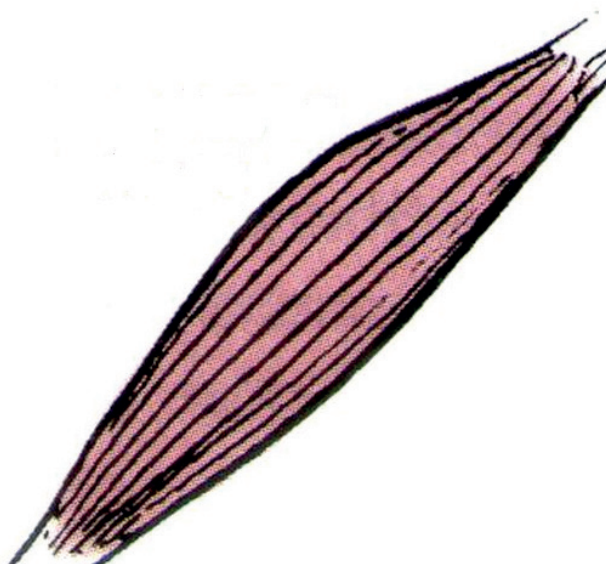


Fonte: Disponível em: <<https://goo.gl/UE3syL>>. Acesso em: 18 nov. 2017.



Leia este estudo de revisão de Minamoto (2005) a respeito da classificação e adaptação das fibras musculares. É uma importante referência para compreender os diferentes tipos de fibras existentes. MINAMOTO, V. B. Classificação e adaptações das fibras musculares: uma revisão. **Fisioterapia e Pesquisa**, 12(3), p. 50-55. Disponível em: <<https://goo.gl/S9Jz7M>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

Figura 3.15 | Arranjo de fibras em paralelo



Fonte: <<https://goo.gl/zwYzmb>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

Sistema articular

Caro aluno, apesar da prévia apresentação a respeito das articulações nas seções anteriores, você irá conhecer a seguir, mais aspectos relacionados a esse sistema. As articulações possuem diferentes classificações relacionadas às capacidades de se realizar movimentos. Assim, podemos classificar as articulações entre 3 tipos: **sinoartroses**, **anfiartroses** e **diartroses**.

As **sinoartroses** são articulações fibrosas que podem atenuar a força, no entanto, permitem poucos movimentos nos ossos articulados. As **anfiartroses** são articulações cartilaginosas que

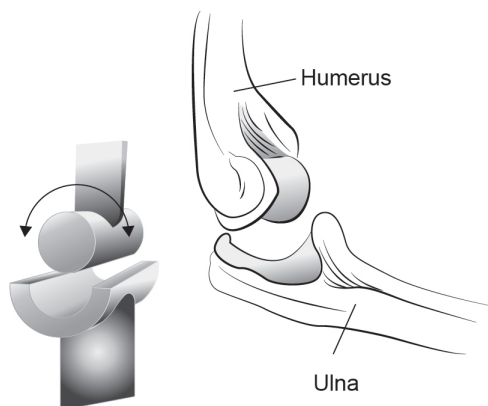
atenuam as forças aplicadas e permitem mais movimentos dos ossos adjacentes quando comparadas às articulações sinartrodiais. As **diartroses** são articulações, nas quais as superfícies ósseas articuladas são cobertas por cartilagem articular, uma cápsula articular que circunda a articulação e uma membrana sinovial que reveste o interior da cápsula articular.

Outro tipo de articulação é a articulação sinovial. Essas articulações, de acordo com Hall (2000), variam amplamente em sua estrutura e nas capacidades de realizar movimentos. São classificadas de acordo com o número de eixos de rotação presentes. As articulações que permitem movimentos ao redor de um, dois e três eixos de rotação são chamadas de articulações uniaxiais, biaxiais e triaxiais, respectivamente. Sobre as possibilidades de movimento e funções, podemos ainda dividir as articulações em: deslizante, dobradiça, em pivô, condiloidea, em sela e esferoidal.

A **articulação deslizante** possui superfícies ósseas articuladas quase planas, com movimento de deslizamento não axial. Um exemplo são as articulações presentes nos ossos do carpo e do tarso. A **articulação em dobradiça** possui uma superfície óssea articulada convexa e outra côncava. Alguns ligamentos colaterais restringem o movimento a um deslocamento planar, como uma dobradiça. Um exemplo são as articulações ulnohumeral e interfalângianas. A articulação em pivô permite a rotação ao redor de um único eixo. Um exemplo são as articulações radioulnares proximal e distal.

A **articulação condiloidea** possui uma superfície óssea articulada em formato convexo, e outra superfície em formato côncavo. Os movimentos realizados são: flexão, extensão, abdução e circundação. As articulações radiocárpicas são exemplos desse tipo. A **articulação em sela** possui superfícies ósseas articuladas em formato de assento de uma sela de equitação. Possui a mesma capacidade de movimento da articulação condiloidea, no entanto, com maior amplitude de movimento. Um exemplo é a articulação carpometacárpica do polegar. Por conseguinte, na **articulação esferoidal**, as superfícies dos ossos articulados são convexas e côncavas. Ocorre rotação nos três planos de movimento. São exemplos: articulação do quadril e articulação do ombro.

Figura 3.16 | Articulação em dobradiça (exemplo)



Fonte: <<https://goo.gl/uuJA3f>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

Ergonomia

De acordo com Laville (1977), a ergonomia pode ser definida como a área que estuda o desempenho do homem em atividade, com intuito de aplicá-lo a concepção de tarefas, instrumentos, máquinas e sistemas de produção, para que o homem desenvolva suas atividades com o máximo de conforto, eficiência e segurança (ANARUMA, CASAROTTO; 1996). No entanto, caro aluno, apesar de agora você conhecer o conceito de ergonomia, como podemos aplicar essa atividade na Educação Física?

De acordo com Anaruma e Casarotto (1996), os movimentos esportivos têm sido estudados com o objetivo de prevenir lesões decorrentes da prática e melhorar o desempenho. Segundo os autores, a ergonomia com sua metodologia de análise de atividades, desenvolve a busca de fatores que possam interferir na realização de qualquer atividade física, buscando soluções para o aperfeiçoamento em qualquer ocupação.

Podemos encontrar aspectos ergonômicos em simples situações de nosso dia a dia profissional. Em uma escola, por exemplo, um professor pode notar a má postura de um aluno ao sentar ou se posicionar em uma cadeira. Quando pensamos no esporte, a altura do selim de uma bicicleta pode influenciar todo o movimento de um ciclista e, assim, seu desempenho. Além disto, é comum

encontrarmos ofertas sobre diferentes calçados que oferecem maior estabilidade na pisada e, assim, um movimento de corrida mais eficiente.



Pesquise mais

Para um maior conhecimento a respeito da ergonomia e sua relação com a Educação Física, leia na íntegra o estudo de Anaruma e Casarotto (1996). Disponível em: <<https://goo.gl/ghJcJ4>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

Sem medo de errar

Você poderia auxiliar os professores a responder à questão indicada por André começando pelas funções gerais do sistema muscular, como manter a posição, elevar ou baixar uma parte do corpo, gerenciar um movimento que é realizado em velocidade e gerar grande velocidade no corpo ou em um objeto. É importante ressaltar que para realizar tais funções, o músculo necessita de suas quatro capacidades comportamentais, como a extensibilidade, elasticidade, irritabilidade e contratilidade.

Após isto, você pode explicar as diferentes ações musculares, como a ação agonista, caracterizada pela contração do músculo que gera o movimento; a ação antagonista, que apresenta uma ação oposta ao agonista, ou seja, torna o movimento mais lento ou até interrompe a ação. As ações estabilizadoras e neutralizadoras do músculo também devem ser mencionadas. Por conseguinte, a arquitetura muscular, os diferentes tipos de fibras podem influenciar as funções realizadas pelo sistema muscular em sua contribuição para o movimento humano.

Avançando na prática

Músculo agonista

Descrição da situação-problema

Um rapaz de 25 anos quer realizar exercícios na academia de seu bairro com o intuito de conseguir hipertrofia em seus membros superiores. Ao relatar seu objetivo para o instrutor da academia,

o rapaz disse que sempre gostou de exercícios para membros superiores como a “rosca direta”. No entanto, o mesmo rapaz informou que apesar de gostar de algumas atividades, este não tinha noção de qual músculo que era mais exigido durante o movimento. Assim, o rapaz pergunta ao instrutor: qual o músculo que sofre maior contração durante o exercício de “rosca direta”?

Resolução da situação-problema

O músculo que realiza a maior contração durante o exercício de “rosca direta” é o bíceps. É importante que o profissional de Educação Física conheça os principais músculos atuantes no movimento, para que consiga instruir seus alunos da melhor forma.

Faça valer a pena

1. Para exercer suas funções, o tecido muscular apresenta diferentes capacidades. Uma destas capacidades é referente ao alongamento do músculo além do comprimento em repouso, a qual é determinada pelo tecido conjuntivo que circunda o tecido. Portanto, qual capacidade é esta?

Selecione a seguir a alternativa correta.

- a) Elasticidade.
- b) Extensibilidade.
- c) Irritabilidade.
- d) Sensibilidade.
- e) Contratilidade.

2. O tecido muscular possui diversas funções e ações. Uma destas ações é a contração do músculo que gera movimento de um segmento corporal em uma articulação, denominada _____. Além disto, ainda temos a ação dos músculos _____, os quais atuam para tornar mais lento ou interromper um movimento.

Selecione a alternativa que preenche corretamente as lacunas apresentadas, respectivamente:

- a) Neutralizadora; Agonistas.
- b) Estabilizadora; Antagonistas.

- c) Agonista; Antagonistas.
- d) Agonista; Neutralizadores.
- e) Estabilizadora; Neutralizadores.

3. A articulação esferoidal é caracterizada por possuir superfícies ósseas convexas e côncavas. É um tipo de articulação que possui rotação nos três planos de movimento. Qual das alternativas a seguir apresenta o exemplo correto de articulações esferoidais?

Selecione a alternativa correta a seguir:

- a) Articulação do quadril e articulação do ombro.
- b) Articulações radiocárpicas.
- c) Articulação carpometacárpica do polegar.
- d) Articulações interfalângicas.
- e) Articulações dos ossos do tarso.

Seção 3.3

Análises relacionadas ao sistema locomotor

Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo à Seção 3.3 do livro de Cinesiologia. Nesta seção, veremos aspectos relacionados à análise do sistema locomotor humano. Para permear o aprendizado, você conhecerá elementos importantes do sistema musculoesquelético como o recrutamento das unidades motoras, tipos de fibras e ações musculares. Outro assunto a ser abordado nesta seção é o instrumento responsável pela análise da atividade elétrica do músculo, a Eletromiografia. Assim, para auxiliar no entendimento do conteúdo, leia atentamente a situação-problema a seguir.

As apresentações de André têm sido um sucesso entre os professores. A cada novo conteúdo explicado, a participação dos professores durante as aulas tem apresentado um grande aumento. Após compreender as funções musculares para o movimento humano, os professores deverão compreender as diferenças entre os tipos de fibras musculares existentes no sistema musculoesquelético. Apesar da explicação de André sobre o assunto, principalmente, referente às características de cada tipo de fibra, os professores ainda possuem algumas dúvidas. A principal dúvida dos docentes é sobre as diferentes atividades que realizamos e a predominância do tipo de fibra. Quando a fibra do tipo I (lenta) é predominante? E em relação à fibra do tipo II (rápida)? É possível um músculo apresentar ambos tipos de fibras? Como você auxiliaria André a explicar tais dúvidas?

Não pode faltar

Recrutamento de unidades motoras

O recrutamento de unidades motoras no sistema muscular ocorre por meio do processo de contração. O potencial de ação é considerado o sinal para essa contração, o qual é transmitido do motoneurônio até o músculo. Quando um motoneurônio

é estimulado o suficiente para causar contração, todas as fibras musculares por ele inervadas irão se contrair. De acordo com Hamill, Knutzen e Derrick (2016), o tamanho do potencial de ação e da ação muscular resultante é proporcional ao número de fibras na unidade motora. No entanto, caro aluno, para entender o recrutamento de unidades motoras, precisamos compreender como ocorre todo o processo de contração muscular.

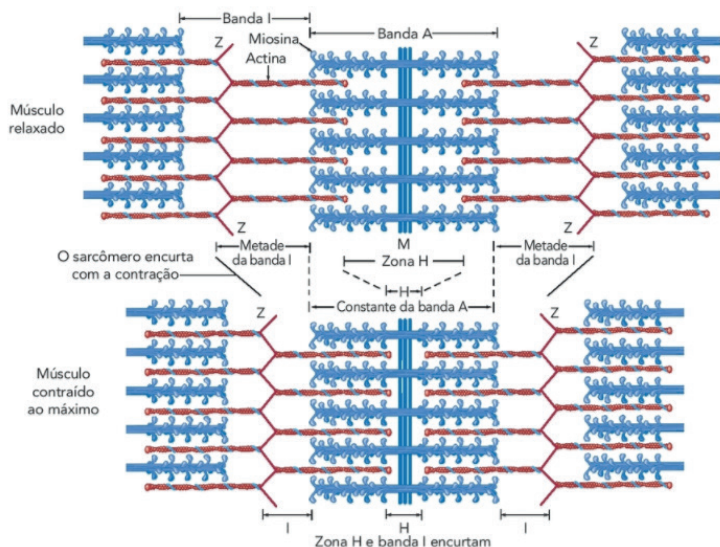
Contração

O processo se inicia com o potencial de ação de um motoneurônio alcançando uma fibra muscular em junção neuromuscular. Quando o potencial de ação chega aos terminais axônicos, as extremidades nervosas secretam uma substância neurotransmissora chamada de **acetilcolina**. Se uma quantidade suficiente de acetilcolina se ligar aos receptores, o potencial de ação será transmitido por toda a extensão da fibra, gerando uma despolarização. Com esta carga elétrica, o retículo sarcoplasmático libera para o interior do sarcoplasma uma grande quantidade de íons cálcio (Ca^{2+}). Tais íons promovem a formação de pontes cruzadas, gerando uma maior interação entre os filamentos de actina e miosina.

Para compreender o processo de contração muscular, também precisamos entender a **teoria dos filamentos deslizantes**. De acordo com Kenney, Wilmore e Costill (2013), quando as pontes cruzadas de miosina estão ativas, estas são ligadas à actina, resultando em mudança na posição das pontes cruzadas, o que faz com que a cabeça da miosina se incline e arraste o filamento fino na direção do centro do sarcômero. A mudança de posição da cabeça da miosina é conhecida como movimentação das pontes cruzadas, sendo que a tração do filamento fino para além do filamento grosso encurta o sarcômero e gera força. A repetição dos acoplamentos e movimentação das cabeças de miosina faz com que os filamentos deslizem entre si, caracterizando, desta forma, o nome dessa teoria.

É importante salientar que o processo citado no parágrafo anterior apresenta continuidade até que as extremidades dos filamentos de miosina atinjam os discos Z ou até o cálcio ser bombeado de volta para o retículo sarcoplasmático. Na figura a seguir (3.17), você poderá compreender melhor as estruturas citadas no processo de contração muscular.

Figura 3.17 | Filamentos deslizantes



Fonte: Kenney, Wilmore e Costill (2013, p. 35).

Tipos de ações musculares

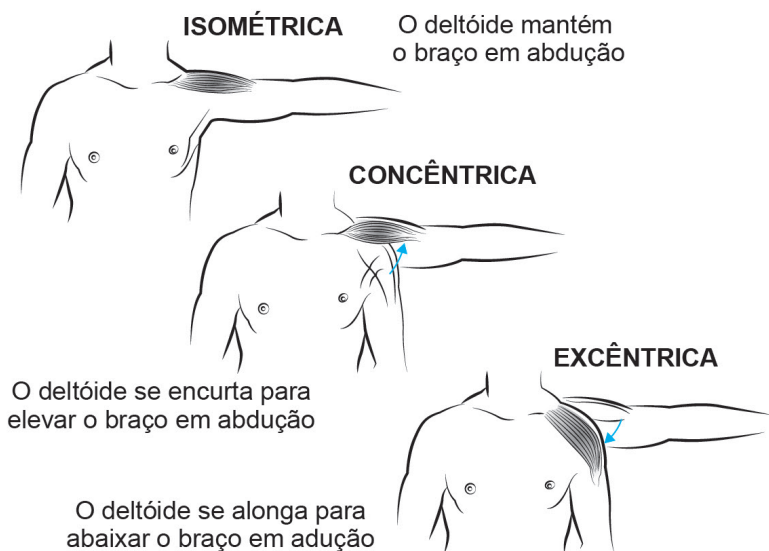
O músculo possui diferentes ações envolvendo seu comprimento. Estas ações são caracterizadas em três tipos, a saber: **concêntrica**, excêntrica e isométrica. A ação concêntrica é uma contração envolvendo o encurtamento de um músculo. Neste tipo de ação, as forças musculares que produzem o movimento se encontram na mesma direção da mudança do ângulo articular, sendo assim, os agonistas são os músculos que controlarão tal movimento. A ação concêntrica ocorre quando a tensão muscular produz um torque maior que o torque resistivo em uma articulação. São exemplos de ações concêntricas: impulsão para o salto no voleibol e elevação de uma barra com pesos no exercício de supino.

A ação **excêntrica**, ao contrário da ação concêntrica, envolve a contração relacionada ao alongamento de um músculo. Esta ação ocorre quando o músculo é submetido a um torque externo maior do que o torque gerado por ele mesmo. Este torque externo pode ser proveniente da gravidade ou ação de um grupo muscular antagonista. Um exemplo de ação excêntrica é o ato de agachar, o

qual envolve a flexão dos quadris e joelhos, exigindo um movimento excêntrico controlado pelos extensores do quadril e do joelho.

A ação **isométrica** é caracterizada por uma contração que não envolve qualquer mudança no comprimento do músculo. Portanto, se o músculo estiver ativo e criar tensão sem mudança visível ou externa na posição da articulação, tal ação pode ser considerada isométrica. Um exemplo ocorre nos fisiculturistas, os quais desenvolvem tensão isométrica em seus músculos para exibirem o tamanho e a definição destes. A seguir, veja uma figura explicativa a respeito das ações musculares.

Figura 3.18 | Ações musculares



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 78).

Tipos de fibras

Dentro do músculo podemos encontrar diferentes tipos de fibras presentes. Tais fibras podem ser diferenciadas de acordo com diversos aspectos, como a velocidade de encurtamento e habilidade de gerar força máxima. As fibras podem ser classificadas em: fibras de contração lenta, também conhecidas como fibras do **tipo I**, e as fibras de contração rápida, também denominadas como fibras do **tipo II**. De acordo com Bosco (2007), as fibras do tipo I produzem

uma tensão fraca por um longo período de tempo, são resistentes à fadiga e possuem neurônios motores de menor diâmetro. Em contrapartida, as fibras do tipo II conseguem desenvolver altíssimas tensões em curto período de tempo, cansam-se rapidamente e possuem nervos motores de diâmetro grosso. Esta diferença no diâmetro de cada neurônio motor auxilia a explicar como ocorre a ativação destas fibras. Por apresentar um menor diâmetro em seu motoneurônio, as fibras do tipo I possuem um limiar de ativação mais baixo quando comparadas às fibras do tipo II. Em outras palavras, caro aluno, para ativar as fibras rápidas, precisamos de um estímulo mais forte.



Assimile

De acordo com Kenney, Wilmore e Costill (2013), as fibras do tipo I levam aproximadamente 110 ms para atingir a tensão de pico quando estimuladas. As fibras do tipo II podem atingir a tensão do pico em cerca de 50 ms.

Outros fatores associados aos tipos de fibra podem estar associados à sua natureza e até a cor. As fibras do tipo I são oxidativas e apresentam cor vermelha por causa da grande quantidade de mioglobina no músculo. É um tipo de fibra presente principalmente em atletas de resistência. Já as fibras do tipo II ainda podem ser classificadas em tipo IIa (oxidativo-glicolíticas) e tipo IIb (glicolíticas). A fibra tipo IIa é de cor vermelha e de contração rápida intermediária, uma vez que, pode sustentar a atividade durante longos períodos ou se contrair com uma explosão de força, e, a seguir, entrar em fadiga. Por sua vez, a fibra do tipo IIb é branca, permite rápida geração de força e, a seguir, entra rapidamente em fadiga.

Quadro 3.1 | Características dos tipos de fibras musculares

Características dos tipos de fibras			
Tipo	Tipo I	Tipo IIa	Tipo IIb
Capacidade oxidativa	Alta	Moderadamente alta	Baixa
Capacidade glicolítica	Baixa	Alta	Muito alta

Velocidade de contração	Lenta	Rápida	Rápida
Resistência à fadiga	Alta	Moderada	Baixa
Força da unidade Motora	Baixa	Alta	Alta
Tamanho do neurônio motor	Pequeno	Grande	Grande

Fonte: elaborada pelo autor.



Refleta

Em atletas que realizam modalidades esportivas que requerem uma grande potência muscular associada a movimentos rápidos e ágeis, qual o tipo de fibra deveria prevalecer?

Análise eletromiográfica do movimento humano

A Eletromiografia (EMG) é um instrumento que tem como função a verificação da atividade elétrica do músculo. No entanto, como que o músculo está relacionado a uma atividade elétrica? Para responder a essa questão é importante apresentar as descobertas do cientista italiano Luigi Galvani (1737–1798), que verificou que o músculo esquelético desenvolve tensão quando estimulado eletricamente e, que o músculo produz corrente ou voltagem identificável quando desenvolve tensão, mesmo quando o estímulo é um impulso nervoso (HALL, 2000).

De acordo com De Luca (1997), a EMG é um método que fornece fácil acesso em processos fisiológicos que permitem ao músculo gerar força e produzir movimentos. Além disto, a eletromiografia também é usada clinicamente para avaliar as velocidades de condução nervosa e a resposta dos músculos em combinação com o diagnóstico e o rastreamento de condições patológicas do sistema neuromuscular (HALL, 2000).

A coleta de dados na EMG é realizada a partir de um aparelho denominado eletromiógrafo, o qual possui receptores de sinais para avaliação da atividade elétrica muscular. Eletrodos (discos com material condutivo) são posicionados em locais específicos do músculo com o objetivo de captar o sinal. Os locais para colocação

dos eletrodos podem ser padronizados com o objetivo de diferentes estudos apresentarem a mesma metodologia de coleta de dados. Um exemplo é o SENIAM (*Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles*), o qual apresenta detalhes sobre a colocação dos eletrodos no corpo humano. Após a coleta de dados, o sinal proveniente do eletromiógrafo é processado e filtrado com o objetivo de facilitar a interpretação dos dados.



Pesquise mais

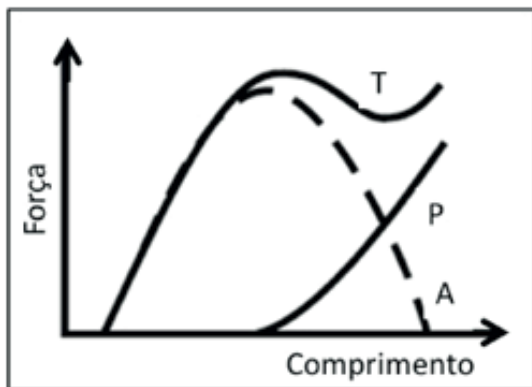
No link a seguir, você poderá conhecer as localizações recomendadas pelo SENIAM para a colocação dos eletrodos nos diferentes músculos do corpo humano. Disponível em:

<<http://www.seniam.org/>>. Acesso em: 29 nov. 2017.

Relação comprimento – tensão

A quantidade de tensão isométrica máxima que um músculo é capaz de produzir depende de seu comprimento (HALL, 2000). De acordo com a autora, no corpo humano, a capacidade de geração de força aumenta quando o músculo está ligeiramente estendido. Os músculos de fibras em paralelo produzem tensões máximas acima de seu comprimento em repouso.

Figura 3.19 | Relação comprimento-tensão



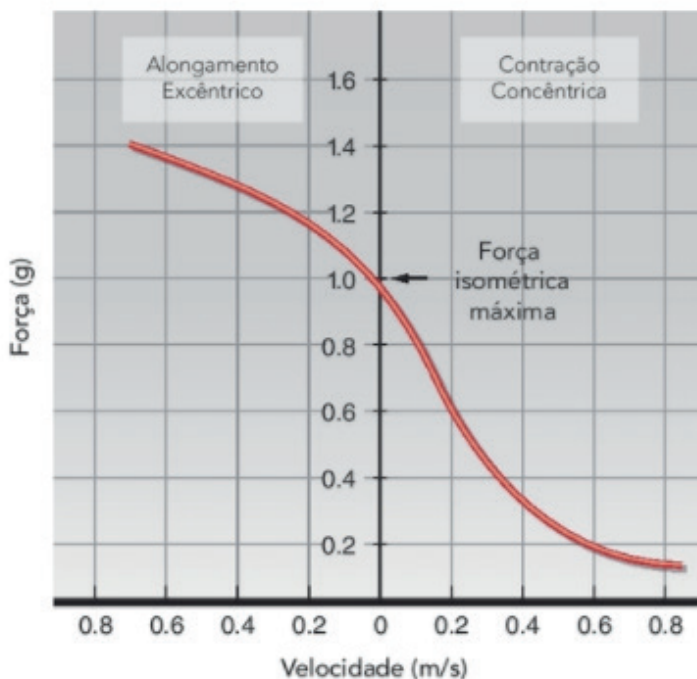
Legenda: T – Força total; A – Força ativa; P – Força passiva.

Fonte: Adaptada de Kronbauer e Castro (2013).

Relação força-velocidade

A capacidade de desenvolver força depende da velocidade de contração muscular. Em contrações concêntricas, o desenvolvimento de força máxima diminui progressivamente em velocidades mais altas. No entanto, em contrações excêntricas rápidas ocorre o contrário. Este tipo de contração permite a máxima aplicação de força. Veja a seguir na figura.

Figura 3.20 | Relação força-velocidade



Fonte: Kenney, Wilmore e Costill (2013, p. 46).



Exemplificando

Um exemplo da relação força-velocidade é quando levantamos um objeto muito pesado. Neste movimento, erguemos o objeto de forma lenta, necessitando aplicar maior força. O contrário também acontece, quando levantamos um objeto leve conseguimos realizar o movimento de forma rápida e com pouca aplicação de força.

Sem medo de errar

Como acompanhamos na situação-problema desta seção, os professores estavam com dúvidas a respeito dos tipos de fibra muscular e sua utilização em algumas tarefas específicas. Para auxiliar André nestes questionamentos, você pode explicar as principais diferenças entre os tipos de fibras, assim como abordado no Quadro 3.1. A fibra do tipo I está associada às tarefas que necessitam de resistência e longa duração, uma vez que estas, não são facilmente fadigáveis. A fibra do tipo II é relacionada com as tarefas que requeiram uma maior potência muscular, caracterizada em movimentos rápidos e de curta duração. No entanto, as fibras do tipo II apresentam maior tendência a entrar em fadiga, quando comparada às fibras do tipo I. No corpo humano, um mesmo músculo possui os dois tipos de fibras, mesmo que, em proporções diferentes. Assim, nenhum músculo possui apenas um tipo de fibra.

Avançando na prática

Força-velocidade

Descrição da situação-problema

Lívia é uma estagiária em um clube que oferece diversas modalidades esportivas. Ao acompanhar o treino de musculação da equipe de natação, a jovem percebe que o técnico da equipe estimulava os atletas a realizarem os movimentos da forma mais rápida possível. No entanto, Lívia viu que os atletas apresentavam menor velocidade de movimento em cargas mais pesadas. Como você explicaria esta relação de força-velocidade para a jovem?

Resolução da situação-problema

Na relação força-velocidade a capacidade de desenvolver força depende da velocidade de contração muscular. Assim, em contrações concêntricas, o desenvolvimento de força máxima diminui progressivamente em velocidades mais altas. Na situação apontada, os exercícios realizados com maior carga necessitavam de maior aplicação de força por parte dos atletas, logo, a velocidade de realização do movimento era afetada (menores velocidades).

Faça valer a pena

1. Leia com atenção a situação a seguir:

Roberto é um instrutor de academia que realiza o exercício de supino para demonstrar a técnica de execução para seus alunos. Assim, Roberto escolheu uma carga em que pudesse realizar o movimento sem dificuldades.

Após ler a situação, qual tipo de contração será predominante no movimento de elevar a carga escolhida por Roberto?

Selecione a alternativa correta a seguir:

- a) Contração excêntrica.
- b) Contração concêntrica.
- c) Contração isométrica.
- d) Contração genética.
- e) Nenhuma das alternativas estão corretas.

2. Leia atentamente as afirmações a respeito dos tipos de fibras presentes no músculo esquelético e assinale (V) para verdadeiro e (F) para falso.

- () A fibra do tipo I possui alta capacidade oxidativa.
- () A fibra do tipo IIb possui velocidade de contração rápida.
- () A fibra do tipo I tem pouca resistência à fadiga.
- () A fibra do tipo IIa apresenta um grande tamanho de neurônio motor.
- () A fibra do tipo IIb é predominante em atletas que possuem grande potência muscular, quando comparada com a quantidade de fibras do tipo I.

Selecione a alternativa que apresenta a sequência correta:

- a) V – V – F – V – V.
- b) V – V – F – F – V.
- c) F – V – F – F – V.
- d) V – V – V – F – V.
- e) V – V – F – F – F.

3. Leia com atenção:

Na área da Cinesiologia e Biomecânica existem diversos instrumentos que podem ser utilizados para realizar a análise do movimento humano. Um

destes instrumentos consiste na avaliação da atividade elétrica do músculo. Este método fornece acesso a processos fisiológicos que permitem ao músculo gerar força e produzir movimentos.

Qual instrumento é citado no texto-base?

- a) Cinemática.
- b) Aparelho isocinético.
- c) Dinamometria.
- d) Eletromiografia.
- e) Cinética.

Referências

- ANARUMA, C. A.; CASAROTTO, R. A. Um enfoque ergonômico para a Educação Física. **Motriz**, v. 2, n. 2, 1996.
- BOSCO, C. **Força muscular**: aspectos fisiológicos e aplicações práticas. São Paulo: Phorte, 2007.
- DE LUCA, C. J. **The use of Surface Electromyography in Biomechanics**. Journal of Applied Biomechanics, v. 13, n. 2, 1997.
- HALL, S. J. **Biomecânica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M.; DERRICK, T. R. **Bases biomecânicas do movimento humano**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2016.
- HILL, A. V. **The Heat of Shortening and the Dynamic Constants of Muscle**. Proc R Soc Lond, 1938.
- KENNEY, W. L.; WILMORE, J. H.; COSTILL, D. L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício**. 5. ed. São Paulo: Manole, 2013.
- KRONBAUER, G. A.; CASTRO, F. A. S. Estruturas elásticas e fadiga Muscular. **Rev. Bras. Ciên. Esporte**, v. 35, n. 2, 2013.
- LAVILLE, A. Ergonomia. São Paulo, EduspEpu, 1977. p. 1-10. McCLELLAND, I. L. and WARD, J. S. The ergonomics of toilet seats. Human Factors. 24(3): 257-259. 1982.
- PETERMANN, X. B.; FRIEDRICH, T. L.; MEEREIS, E. C. W. Estudo de revisão sobre a cinesiologia dos complexos articulares. **Revista Perspectiva: Ciência e Saúde**, v. 2, n. 2, p. 128-140, 2017.
- THOMPSON, C. W.; FLOYD, R. T. **Manual de cinesiologia estrutural**. São Paulo: Manole, 2002.

Marcha humana e movimentos no meio fluido

Convite ao estudo

Caro aluno, seja bem-vindo à Unidade 4, do livro de Cinesiologia e Biomecânica. Até aqui, você já aprendeu os principais conceitos relacionados à cinesiologia e biomecânica, além dos instrumentos de análise e partes estruturais do corpo humano. Assim, na presente unidade, grande atenção será dada ao processo de locomoção humana.

Um dos principais meios de locomoção humana é a marcha. Assim, nas seções 1 e 2, você conhecerá aspectos importantes para o entendimento do deslocamento humano, por exemplo, na Seção 1, a apresentação do centro de gravidade, equilíbrio, estabilidade e aspectos relacionados à biomecânica da marcha humana.

Na Seção 2, você conhecerá a marcha humana mais a fundo, uma vez que toda a seção é destinada a esta forma de deslocamento. Assim, conteúdos como os ciclos e as fases da marcha, o movimento do marchar e os diferentes tipos de marcha serão abordados.

Por fim, na Seção 3, serão apresentados aspectos referentes ao movimento no meio fluido, como suas propriedades e características, flutuabilidade, força de sustentação, propulsão e arrasto. É importante salientar que, com os conhecimentos provenientes desta unidade, você terá vivenciado os principais temas referentes à área, permitindo, desta forma, a aplicação em diversos movimentos envolvidos em seu cotidiano. Portanto, bons estudos!

Seção 4.1

Cinesiologia postural

Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo à Seção 4, do livro de Cinesiologia e Biomecânica. Nesta seção, você conhecerá aspectos relacionados ao centro de gravidade, equilíbrio, estabilidade e marcha humana, e compreenderá como o equilíbrio está relacionado com o posicionamento do centro de gravidade no corpo humano.

Espero que esta seção o auxilie a compreender o comportamento da postura humana em diversos movimentos, sendo estes de nossa rotina ou movimentos esportivos específicos. Para permear tal aprendizado, leia com atenção a situação-problema a seguir.

A semana de apresentações a respeito de cinesiologia e biomecânica está chegando ao fim. André está muito feliz pelo empenho dos professores em adquirir novos conhecimentos. Com as últimas apresentações, surgem algumas perguntas específicas, relacionadas a cada modalidade esportiva oferecida. Assim, um professor apresentou o seguinte relato sobre a prática do salto em altura no atletismo: “Um aluno possui grande impulsão vertical e desenvolvimento de velocidade para a prova do salto em altura. No entanto, ao aprender as técnicas desenvolvidas, notei que o rapaz consegue saltar uma maior altura quando realiza o estilo técnico Fosbury Flop, ao invés do rolamento ventral. Qual explicação relacionada à área de cinesiologia e biomecânica poderia justificar isto?”. Ao escutar o questionamento, André lembrou das características apresentadas pelo Centro de Gravidade. Assim, como você auxiliaria André a formular uma resposta para o questionamento do profissional?

Não pode faltar

Centro de Gravidade

O Centro de Gravidade (CG), também conhecido como centro de massa, é o ponto ao redor do qual a massa e o peso de um

corpo estão equilibrados em todas as direções (HALL, 2000). Outro termo equivalente utilizado para o CG é “centroide de massa”. No entanto, na área da cinesiologia e biomecânica, tal termo é menos utilizado quando comparado aos demais. De acordo com Hall (2000), como as massas dos corpos sobre a Terra estão sujeitas à força gravitacional, o termo “centro de gravidade” é o mais preciso.

O CG de um objeto com perfeita simetria e distribuição homogênea de massa e peso fica exatamente no centro do objeto. Assim, caro aluno, quando objetos apresentarem as características descritas, o CG se encontrará no local indicado. Entretanto, caso a distribuição de massa do objeto não seja equilibrada, ele se desvia na direção da maior massa apresentada.

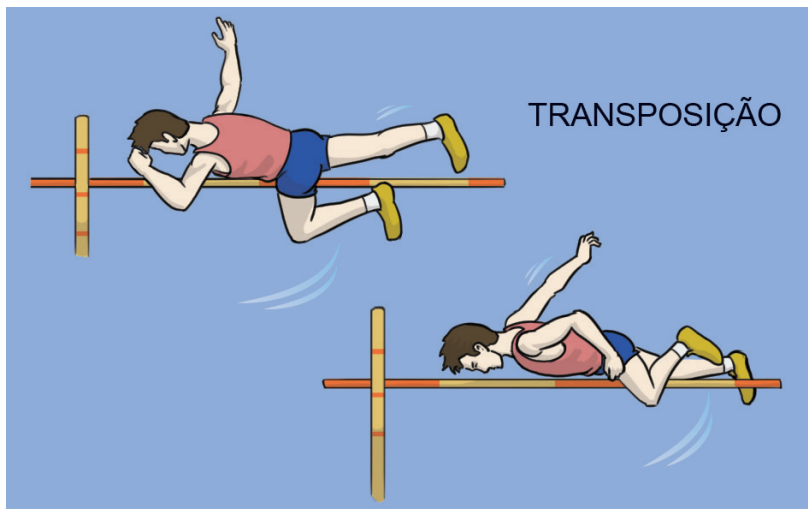


Exemplificando

Quando o corpo humano atua como um projétil, o CG segue uma trajetória parabólica, independentemente de qualquer alteração que possa ocorrer na configuração dos segmentos corporais enquanto estão no ar.

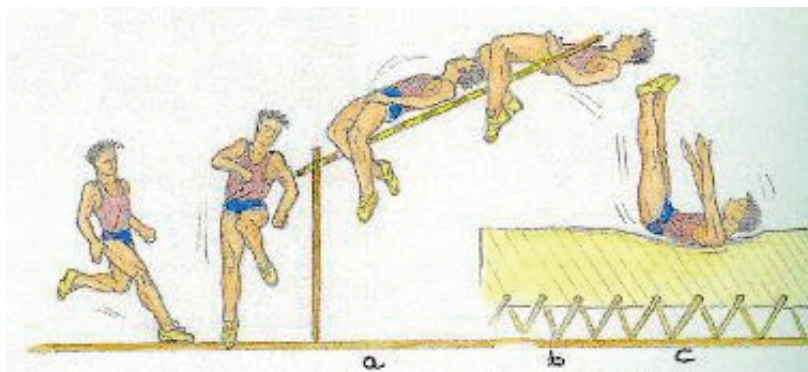
A trajetória do CG também recebe grande atenção em diversos esportes. No atletismo, por exemplo, corredores velocistas tentam manter uma menor oscilação vertical do CG durante a corrida, para, assim, obter melhores desempenhos durante as provas. Nas provas de saltos nesta modalidade (salto com vara, salto em altura, salto em distância e salto triplo), há grande importância para a posição do CG durante a fase de impulsão e sua altura durante a fase de voo. Na prova do salto em altura, por exemplo, em 1968, o americano Dick Fosbury apresentou uma forma de saltar que era considerada completamente diferente das demais até então realizadas. Naquela época, o rolamento ventral (ver Figura 4.1) era a mais utilizada. No entanto, o atleta americano apresentou a técnica que, posteriormente, seria chamada como Fosbury Flop (ver Figura 4.2), a qual consiste na transposição do sarrafo em posição de decúbito dorsal. Essa posição favorecerá uma maior elevação do CG, posicionado próximo à junção lombossacral, resultando na possibilidade de atingir uma maior altura.

Figura 4.1 | Rolamento ventral no salto em altura



Fonte: <<https://goo.gl/aCrPFT>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

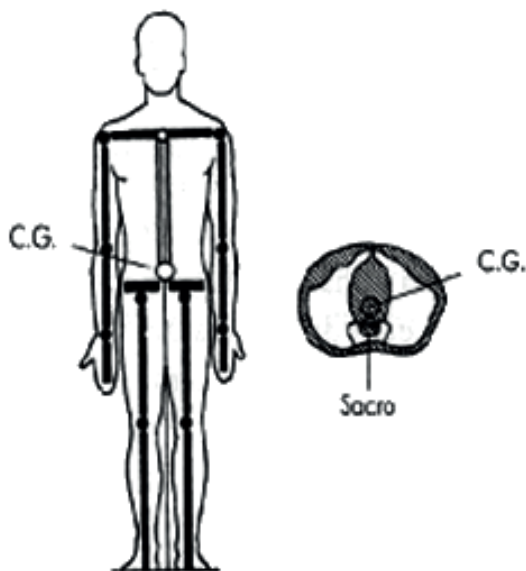
Figura 4.2 | Estilo Fosbury Flop no salto em altura



Fonte: <<https://goo.gl/MkBRZZ>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

De acordo com Whittle (2007), o CG corporal está localizado próximo à junção lombossacral. No entanto, qualquer movimento pode alterar a localização do CG, sendo que, em certas posições, a posição dele pode ser localizada fora do corpo, como quando uma pessoa fica na ponta dos pés. Veja uma representação da posição do CG no corpo humano na Figura 4.3.

Figura 4.3 | Representação do CG no corpo humano



Fonte: <<https://goo.gl/o1WRLp>>. Acesso em: 8 dez. 2017.

Estabilidade

De acordo com Hall (2000), a estabilidade é definida como a resistência tanto à aceleração linear quanto angular, ou como a resistência em romper o equilíbrio. Em alguns tipos de movimentos, os atletas procuram aumentar ou diminuir a estabilidade de forma proposital. Um exemplo, apontado por Hall (2000), é o sumô, no qual o praticante tenta aumentar a sua estabilidade ao alargar a sua base de apoio. Em contrapartida, na posição de partida da natação e no atletismo, os atletas tendem a diminuir sua estabilidade para acelerar de forma rápida e fácil após o som do tiro de partida. Esta capacidade do indivíduo em controlar a estabilidade é denominada como equilíbrio.



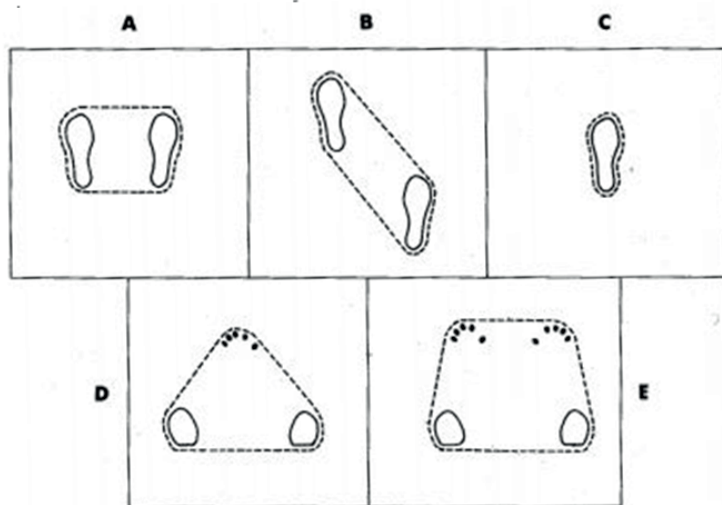
Reflita

Você saberia descrever diferentes situações nas quais os atletas necessitam aumentar sua base de apoio para se manter em equilíbrio?

Um dos fatores que influenciam na estabilidade de um corpo é o tamanho de sua base de sustentação. A base consiste na área circundada pelas bordas externas do corpo em contato com a superfície ou as superfícies de apoio (Ver Figura 4.4.). Quando a linha de ação do peso de um corpo se desloca para fora da base de apoio, será criado um torque que produzirá o movimento angular do corpo, rompendo a estabilidade com o CG localizado em direção ao solo. Portanto, quanto maior a base de apoio, menor será a probabilidade deste tipo de ocorrência.

Outro fator apontado por Hall (2000) se refere à localização horizontal do CG, a qual também pode influenciar na estabilidade. Quanto mais próxima a localização horizontal do CG estiver do limite da borda da base de sustentação, menor será a força necessária para empurrá-lo para fora desta base, rompendo, desta forma, o equilíbrio.

Figura 4.4 | Tipos de base de sustentação



Legenda: A - Apoio quadrilátero; B - Apoio angulado; C - Apoio em um único pé; D - Postura em três pontos; E - Postura em quatro pontos.

Fonte: adaptado de Hall (2000, p. 334).

A altura do CG em relação à base de apoio também afeta a estabilidade. Quanto mais alto o posicionamento do CG, maior será o torque potencialmente destrutivo quando um corpo sofre um deslocamento angular. Em outras palavras, maior será a chance de mudar a posição deste corpo. Hall (2000) apresenta alguns princípios

importantes relacionados à capacidade do corpo em manter o equilíbrio. Quando os demais fatores são mantidos constantes, a capacidade de um corpo em manter o equilíbrio é aumentada por:

1. Uma maior massa corporal.
2. Um maior atrito entre o corpo e a superfície ou as superfícies de contato.
3. Aumento do tamanho da base de apoio na direção da linha de ação de uma força externa.
4. Posicionamento horizontal do centro de gravidade próximo à borda da base de apoio sobre a força externa atuante.
5. Posicionamento vertical do centro de gravidade o mais baixo possível.



Assimile

Uma maior base de sustentação pode auxiliar na manutenção da postura em posição estática, portanto, desta forma, uma maior força será necessária para produzir movimento. Para um corpo se manter em uma postura estática (equilíbrio estático), a soma de todas as forças verticais, horizontais e torques que atuam sobre o corpo deve ser igual a zero. Para a manutenção de um equilíbrio dinâmico, os corpos devem ter todas as forças atuantes resultando em forças inerciais iguais dirigidas em sentidos opostos.

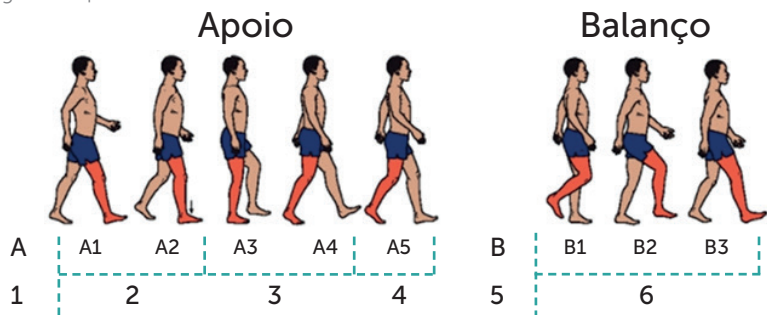
Marcha normal

De acordo com Houglum (2014), a marcha pode ser definida como a maneira ou o estilo da caminhada. Um ciclo de marcha é o período em que o calcanhar de um pé toca o solo até o momento em que ele volta a tocá-lo. De acordo com o autor, partindo do ponto de vista funcional, a marcha possui três tarefas fundamentais, a saber:

- Aceitação do peso.
- Apoio simples.
- Avanço do membro.

Para compreender melhor como cada tarefa está relacionada ao movimento da marcha, observe atentamente a figura a seguir. Os ciclos e a cinemática envolvida na marcha humana e os diferentes tipos de marcha serão apresentados na Seção 4.2.

Figura 4.5 | Marcha humana



Legenda: A - Fase de apoio: A1 - contato inicial; A2 - resposta à carga; A3 - apoio médio; A4 - apoio final; A5 - pré-balanço. B - Fase de balanço: B1 - balanço inicial; B2 - balanço médio; B3 - balanço final. 1 - Tarefa funcional; 2 - Aceitação do peso; 3 - Apoio Simple; 4 - Avanço do Membro; 5 - Tarefa Funcional; 6 - Avanço do membro.

Fonte: Hougum (2014, p. 544).



Pesquise mais

Entenda um pouco mais sobre a análise da marcha humana no artigo de Araújo, Andrade e Barros (2004). Para acessar, entre no link a seguir e acesse a versão completa, em formato PDF.

Disponível em: <<https://goo.gl/hDjd56>>. Acesso em: 22 mar. 2018.

Sem medo de errar

André recebeu um questionamento do professor responsável pela modalidade de atletismo na instituição escolar, relacionado à técnica utilizada para transposição do sarrafo na prova do salto em altura. O rapaz, desta forma, pediu a você que o auxiliasse em formular a resposta para esta pergunta. Como apresentado nesta seção, o estilo *Fosbury Flop* é caracterizado por apresentar uma transposição do sarrafo em posição de decúbito dorsal. Assim, essa posição favorecerá uma maior elevação do centro de gravidade, posicionado próximo à junção lombossacral. Portanto, caro aluno, neste tipo de movimento, será possível atingir uma maior altura.

Avançando na prática

Base de apoio no judô

Descrição da situação-problema

Giovana é uma judoca de 18 anos, considerada como uma grande promessa para o esporte nacional. A garota possui diversos títulos nacionais e internacionais, além de já fazer parte da seleção brasileira adulta da modalidade. No entanto, procurando melhorar cada vez mais seu desempenho, a atleta procura um laboratório especializado em cinesiologia e biomecânica para analisar seus movimentos e, assim, encontrar alguma deficiência. O pesquisador responsável do laboratório, ao analisar as imagens, verificou que a atleta tinha uma grande dificuldade em manter o equilíbrio no momento que a outra atleta tentava derrubá-la. Assim, qual recomendação o pesquisador pode fornecer a Giovana?

Resolução da situação-problema

O pesquisador pode falar para Giovana aumentar a sua base de apoio enquanto luta. Uma maior base de sustentação pode auxiliar na manutenção da postura. Assim, uma maior força será necessária para produzir o movimento. Quanto mais afastada a localização horizontal do CG estiver do limite da borda da base de sustentação, maior será a força necessária para empurrá-lo para fora desta base, ou seja, derrubando a atleta.

Faça valer a pena

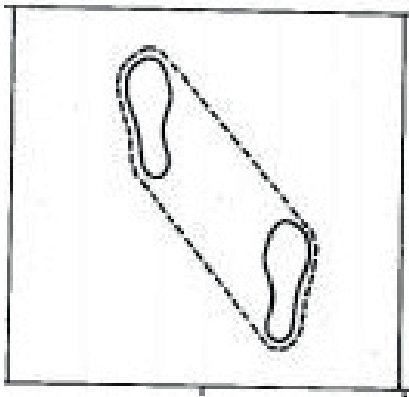
1. Leia atentamente a definição apresentada a seguir:

Ponto ao redor do qual a massa e o peso de um corpo estão equilibrados em todas as direções.

Relembrando os conteúdos abordados nesta seção, sobre qual termo o conceito apresentado se refere? Assinale a alternativa correta.

- a) Cinemática angular.
- b) Reta.
- c) Cinemática linear.
- d) Centro de gravidade.
- e) Centro de pressão.

2. A base de sustentação é uma forma de manter o equilíbrio do corpo. Assim, quanto mais próxima a localização horizontal do centro de gravidade estiver do limite da borda da base de sustentação, menor será a força necessária para empurrá-lo para fora desta base, rompendo, assim, o equilíbrio. Com base nisso, veja a figura a seguir:



Qual tipo de apoio é apresentado na figura? Assinale a alternativa correta.

- a) Apoio quadrilátero.
- b) Apoio angulado.
- c) Apoio em um único pé.
- d) Postura em três pontos.
- e) Postura em quatro pontos.

3. Hall (2000) aponta que, quando os fatores responsáveis por manter o equilíbrio são mantidos constantes, a capacidade do corpo em manter o equilíbrio é aumentada em:

- I. Uma menor massa corporal.
- II. Um menor atrito entre o corpo e a superfície.
- III. Posicionamento vertical do centro de gravidade o mais baixo possível.
- IV. Posicionamento horizontal do centro de gravidade próximo da borda da base de apoio sobre a força externa atuante.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- a) I e II.
- b) II e III.
- c) II e IV.
- d) I e III.
- e) III e IV.

Seção 4.2

Cinesiologia da marcha

Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo à Seção 2, do livro de Cinesiologia e Biomecânica. Nesta seção, abordaremos de forma específica a marcha humana. Aspectos relacionados aos ciclos e às fases de movimento, características dos movimentos articulares e diferentes tipos de marcha serão apresentados, com o intuito de contribuir para o processo de aprendizagem desta disciplina. Assim, leia com atenção a situação-problema a seguir.

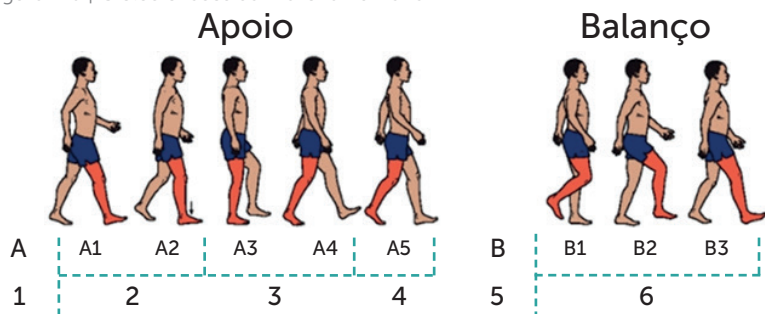
André se apresenta muito satisfeito com todo o avanço do conteúdo relacionado à cinesiologia e biomecânica. Pouco tempo antes de terminar a semana de apresentações, o professor de futsal, aparentemente preocupado, relata o seguinte caso ao jovem profissional: "Durante uma aula de futsal, Nicolas, o melhor jogador da turma, foi dividir uma bola com seu companheiro e acabou torcendo o pé. No momento que vi, me preocupei, no entanto, o menino disse que apenas sentiu uma pequena dor e que logo estaria bem. No entanto, acredito que o pequeno rapaz disse isso porque ficou com medo de que eu o tirasse do primeiro jogo do campeonato. Assim, gostaria de saber se eu conseguiria identificar alguma alteração em seu padrão de movimento de locomoção, como durante sua marcha. Você poderia me ajudar?". Como você auxiliaria André nesta resposta?

Não pode faltar

Ciclos e fases da marcha

Como apresentado na Seção 1, a marcha pode ser definida como a maneira ou o estilo de caminhada (HOUGLUM, 2014). O ciclo da marcha é caracterizado pelo período quando o calcanhar de um pé toca o solo até o momento em que ele volta a tocá-lo. A marcha humana pode ser dividida em duas fases, a saber: fase de apoio e fase de balanço. Cada fase possui suas próprias subdivisões, as quais podem ser verificadas na figura a seguir.

Figura 4.6 | Ciclos e fases da marcha humana



Legenda: A - Fase de apoio: A1 - contato inicial; A2 - resposta à carga; A3 - apoio médio; A4 - apoio final; A5 - pré-balanço. B - Fase de balanço: B1 - balanço inicial; B2 - balanço médio; B3 - balanço final. 1 - Tarefa funcional; 2 - Aceitação do peso; 3 - Apoio Simple; 4 - Avanço do Membro; 5 - Tarefa Funcional; 6 - Avanço do membro.

Fonte: Hougum (2014, p. 544).

Contato inicial: contato com o solo, com o calcanhar. Período caracterizado por um apoio duplo. O membro contralateral está no fim do apoio.

Resposta à carga: o peso do corpo é transferido à perna, e o pé desce em direção ao solo. O membro contralateral se encontra em pré-balanço.

Apoio médio: continuidade da fase de apoio. O centro de massa do corpo se move diretamente sobre o pé.

Apoio final: momento em que o calcanhar sobe, as pernas avançam sobre o antepé e o tronco se move sobre o membro de sustentação, que se apresenta em extensão. O membro contralateral se encontra em balanço final.

Pré-balanço: o contato com o solo é em direção às cabeças dos metatarsais, coincidindo com o pé oposto, o qual faz contato. Este período termina com o levantamento dos dedos.

Balanço inicial: caracterizado pelo momento em que o pé não está mais em contato com o solo. Nesta subdivisão, com o pé levantado, os joelhos se flexionam para encurtar a perna e atender à necessidade de aceleração. O membro contralateral está no início do apoio médio.

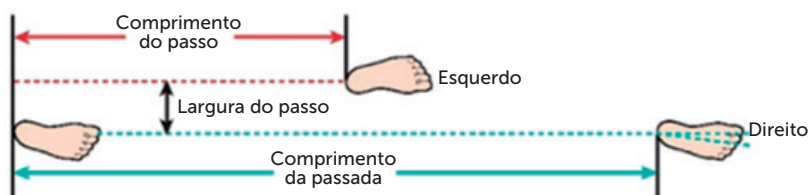
Balanço médio: ocorre quando a tíbia se apresenta perpendicular ao solo e durante a parte média do balanço. O membro contralateral está no fim do apoio médio.

Balanço final: parte final da fase de balanço, quando a perna se prepara para fazer o contato com o solo novamente durante o balanço final. É uma subdivisão que se inicia com a tíbia perpendicular ao solo durante todo o avanço da perna à frente à medida que o membro se desacelera para o contato inicial. O membro contralateral se apresenta em apoio final.

Características do movimento na marcha

Algumas características espaciais podem ser verificadas no marchar: tamanho do passo, comprimento da passada, largura do passo e ângulo de progressão. O comprimento do passo pode ser definido como a distância entre o contato inicial do pé e o contato inicial do pé oposto (WHITTLE, 2007). O comprimento da passada é a distância entre o contato inicial de um pé e o contato inicial do mesmo pé (HOUGLUM, 2014). A largura do passo é a distância entre os dois pés, mensurada do ponto médio do contato de um calcanhar até o ponto médio do calcanhar do membro contralateral. Já o ângulo de progressão pode ser definido como o ângulo formado entre a linha de progressão em uma linha reta e uma linha que corta o pé no ponto médio do calcanhar, localizada entre o segundo e o terceiro dedo. A Figura 4.7 apresenta componentes relacionados às variáveis espaciais.

Figura 4.7 | Componentes espaciais da marcha



Fonte: Houglum (2014, p. 547).

Além disso, a marcha também possui características temporais, como: velocidade, duração do passo e cadência. A velocidade pode ser considerada como a distância coberta durante uma unidade de tempo. A cadência é o número de passos completados por unidade de tempo, geralmente em passos por minuto. De acordo com Houglum (2014), cada pessoa possui sua velocidade de caminhada.

Esta variabilidade pode depender do comprimento da passada, devido ao comprimento da perna.

As mudanças a serem realizadas na velocidade da caminhada são feitas alterando-se o comprimento da passada ou a cadência. Perry (1992) afirma que o aumento da velocidade resulta na diminuição da duração de todas as fases do componente do ciclo de marcha: balanço, apoio e apoio duplo, sendo que a fase de apoio duplo diminui até zero, e a fase de balanço diminui o mínimo. Veja, na figura a seguir, algumas informações a respeito das passadas em adultos saudáveis.

Figura 4.8 | Variáveis relacionadas às passadas em adultos saudáveis

	Homens	Mulheres	Total
Número de Indivíduos	135	158	293
Velocidade (metros por minuto)	86	77	82*
Comprimento da passada (metros)	1,46	1,28	1,41*
Cadência (passos por minuto)	111	117	113*

Fonte: Perry (1992 apud HOUGLUM, 2014, p. 547).



Refleta

Um rapaz realiza, em uma grande avenida em seu município, 472 passos em 4 minutos de caminhada. Qual seria a cadência do marchar deste rapaz?

Características das articulações

No ato de marchar, os membros superiores se movem para a frente e para trás durante o movimento. A velocidade dos segmentos varia, sendo que se apresenta mais rápida durante o momento de duplo apoio e mais lenta no momento do balanço. O quadril tende a flexionar e estender durante o ciclo da marcha. O limite da flexão desta articulação é alcançado próximo à metade da fase de balanço e seu pico de extensão ocorre pouco antes do final da fase de apoio.

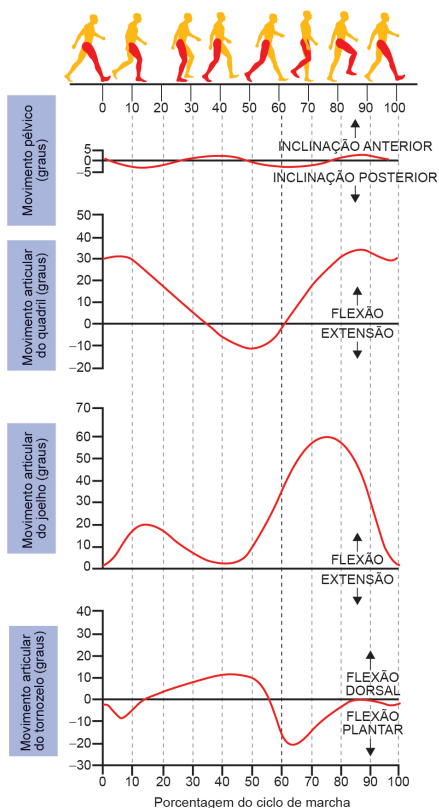
O joelho apresenta uma rápida extensão ao final da fase de balanço. A extensão realizada é, geralmente, passiva. O tornozelo se apresenta em posição neutra de dorsiflexão no momento do contato inicial.



Assimile

O comprimento do passo é caracterizado pela distância entre o primeiro contato de um pé e o primeiro contato do pé contralateral. Diferente desse termo, também existe o comprimento da passada, o qual é caracterizado pela distância entre o contato inicial de um pé e seu próximo contato inicial.

Figura 4.9 | Movimentos articulares durante a marcha



Fonte: adaptado de Houglum (2014, p. 549).

Outros tipos de marcha

A marcha ainda pode apresentar diferentes características, sendo que seu padrão de movimento pode variar a partir de patologias neurológicas ou ortopédicas. Os padrões de marcha afetados por patologia ortopédica tendem a ser mais suscetíveis à correção quando comparados aos padrões afetados por patologias neurológicas. A seguir, serão apresentados diferentes tipos de marcha.

Marcha neurológica (paralisia cerebral)

De acordo com Houghlum (2014), indivíduos com paralisia cerebral apresentam diferenças na marcha, relacionadas à amplitude, ao sequenciamento e ao faseamento da atividade muscular. Durante a marcha, o contato inicial costuma ser feito com o joelho em uma flexão significativa, seguido de uma extensão ou flexão excessiva ao longo da fase de apoio. A fraqueza muscular do gastrocnêmio impede a restrição do movimento da tíbia para frente do apoio, fazendo com que o joelho permaneça em flexão. A falta de flexão dorsal no tornozelo afeta o movimento da tíbia sobre o tálus, agindo para cessar o movimento anterior do tronco.

Marcha atáxica

Também é um tipo de marcha desencadeada por uma patologia neurológica. A marcha possui um comprimento de passo desigual, com largura irregular, configurando uma marcha sem ritmo. A relação entre as fases de movimento é alterada, e os braços, frequentemente, não apresentam balanço. É um movimento com base ampla e incapacidade de regular a postura.

Marcha ortopédica

Pode ser relacionada às fraquezas musculares, às restrições de movimento no quadril, joelho e tornozelo. Em certos casos, pode apresentar marcha antálgica, mais conhecido como o movimento de “mancar”. Um exemplo de marcha ortopédica é quando ocorre uma entorse no tornozelo. Após a lesão, a flexão dorsal do tornozelo é o movimento que poderá ser mais afetado, acarretando no maior desvio da marcha durante o apoio médio. Dependendo do grau de

redução da flexão dorsal, os dedos podem acabar não se afastando o suficiente do solo se o tornozelo não conseguir realizar a flexão dorsal até a posição neutra. Quando isso acontece, o indivíduo afasta o pé do solo durante o balanço, aumentando a flexão do quadril e do joelho ou rodando o membro durante o balanço.



Exemplificando

A marcha antálgica, relacionada ao mancar, é a variação mais comum da marcha quando pensamos na marcha ortopédica. Normalmente, este tipo de marcha é acompanhado de dor, a qual limita a fase de apoio do membro acometido, ou seja, esta fase é mais curta quando comparada ao membro contralateral.



Pesquise mais

Para compreender mais sobre os aspectos cinesiológicos e biomecânicos relacionados à marcha humana, leia este estudo de revisão de Mann et al. (2008). Você encontrará o artigo neste link: <<https://goo.gl/JoHgsp>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

Sem medo de errar

Para auxiliar na resposta para o professor de futsal, devemos retornar aos conhecimentos apresentados sobre os diferentes tipos de marcha existentes. Como visto, a marcha pode apresentar diferentes características, as quais podem variar a partir de patologias neurológicas ou ortopédicas. Os padrões de marcha afetados por patologia ortopédica podem ser mais suscetíveis à correção quando comparados aos padrões afetados por patologias neurológicas. No caso do exemplo apontado pelo professor de futsal, você poderia auxiliar André na resposta ao dizer que o aluno talvez apresentasse uma marcha antálgica, a qual é acompanhada de dor, que limita a fase de apoio do membro acometido, sendo mais curta tal fase. Outro fator que pode ser observado é o marchar sob restrição de movimento do tornozelo. Após a lesão, a flexão dorsal do tornozelo é o movimento que poderá ser mais afetado, acarretando maior desvio da marcha durante o apoio médio. Dependendo do grau de redução da flexão dorsal, os dedos podem acabar não se afastando

o suficiente do solo se o tornozelo não conseguir realizar a flexão dorsal até a posição neutra. Quando isso acontece, o indivíduo afasta o pé do solo durante o balanço, aumentando a flexão do quadril e do joelho ou rodando o membro durante o balanço.

Avançando na prática

Marcha sob patologia neurológica

Descrição da situação-problema

Thiago é um profissional da área de Educação Física que desenvolve um trabalho com esportes coletivos para pessoas com deficiência. Para compreender melhor os padrões de movimento de seus alunos, ele começa a estudar e pesquisar aspectos cinesiológicos da marcha para cada patologia encontrada. Como você, estagiário de Thiago, poderia auxiliar com seu conhecimento a respeito da marcha de indivíduos com paralisia cerebral?

Resolução da situação-problema

Indivíduos com paralisia cerebral apresentam diferenças na marcha, relacionadas à amplitude, ao sequenciamento e ao faseamento da atividade muscular. Durante a marcha, o contato inicial costuma ser feito com o joelho em uma flexão significativa, seguido de uma extensão ou flexão excessiva ao longo da fase de apoio. A fraqueza muscular do gastrocnêmio impede a restrição do movimento da tibia para frente do apoio, fazendo com que o joelho permaneça em flexão. A falta de flexão dorsal no tornozelo afeta o movimento da tibia sobre o tálus, agindo para cessar o movimento anterior do tronco.

Faça valer a pena

1. Um rapaz está atrasado para chegar ao trabalho. Apressado, ele começa a realizar um maior número de passos por minuto, atingindo uma maior velocidade.

Qual é a variável relacionada ao marchar que o rapaz mudou ao pensar em realizar mais passos por minuto? Assinale a alternativa correta.

a) Comprimento de passo.

- b) Comprimento de passada.
- c) Cadência.
- d) Ângulo de projeção.
- e) Largura do passo.

2. A marcha humana apresenta características espaciais e temporais que auxiliam no entendimento deste tipo de ação. Assim, analise com atenção as afirmativas a seguir:

- I. A velocidade pode ser considerada uma característica temporal da marcha humana.
- II. A cadência pode ser considerada uma característica temporal da marcha humana.
- III. O ângulo de projeção pode ser considerado uma característica espacial da marcha humana.
- IV. A largura do passo pode ser considerada uma característica temporal da marcha humana.

Está correto que se apresenta em:

- a) I, apenas.
- b) I e IV, apenas.
- c) IV, apenas.
- d) I, II e III, apenas.
- e) III e IV, apenas.

3. Leia com atenção o trecho apresentado a seguir:

Tipo de marcha desencadeada por uma patologia neurológica. A marcha possui um comprimento de passo desigual, com largura irregular, configurando uma marcha sem ritmo. A relação entre as fases de movimento é alterada, e os braços, frequentemente, não apresentam balanço. É um movimento com base ampla e incapacidade de regular a postura.

O trecho apresentado se refere a qual tipo de marcha? Assinale a alternativa correta.

- a) Marcha atáxica.
- b) Marcha antálgica.
- c) Marcha com restrição de tornozelo.
- d) Marcha normal.
- e) Marcha em indivíduos com paralisia cerebral.

Seção 4.3

Movimentos no meio fluido

Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo à Seção 3, da quarta unidade do livro de Cinesiologia e Biomecânica. Esta é a última seção deste livro, a qual será destinada ao movimento humano no meio fluido. Neste livro, já compreendemos como certos movimentos acontecem e as estruturas inerentes em todo este processo. No entanto, entender a relação do corpo humano no meio fluido poderá auxiliar não apenas em ambientes que envolvam a água, como a natação, mas também em atividades básicas, como o correr em si. Portanto, para compreender esta seção, leia atentamente a situação-problema a seguir.

No encerramento da semana de apresentações sobre cinesiologia e biomecânica, André se sente com o dever cumprido. Os professores compreenderam os assuntos e afirmaram que pretendem aplicar os conhecimentos adquiridos no âmbito prático, com o intuito de obter melhores resultados. Ao sair da sala, o professor de natação abordou André e fez o seguinte questionamento: “André, estou desenvolvendo um projeto para crianças que querem aprender a nadar. Uma das atividades a serem realizadas é a tarefa de flutuar na água. No entanto, como eu posso aplicar meus conhecimentos aprendidos aqui no entendimento de como o corpo realiza a flutuação?”. André ficou lisonjeado com a pergunta, uma vez que é para um diferente fim (não apenas para desempenho em campeonatos). Como você auxiliaria André a responder tal pergunta?

Não pode faltar

Caro aluno, durante todas as seções deste livro, analisamos aspectos relacionados à cinesiologia e à biomecânica do movimento humano. Assim, você pôde conhecer os diferentes conceitos a respeito desses termos e as principais estruturas presentes em nosso corpo, as quais possuem papel fundamental na contribuição para o ato de movimentar-se. No entanto, ainda não vimos como

o corpo interage com o meio fluido e quais forças atuam sobre ele durante o movimento. Assim, esta seção, a última deste livro, será destinada a este assunto.

De acordo com Ackland, Elliot e Bloomfield (2011), o movimento humano pode ser afetado pelo fluido no qual a atividade é realizada. Os autores apresentam termos que podem ser úteis para o entendimento de como o fluido pode influenciar. A **densidade** é a massa dividida pela unidade de volume, enquanto a **viscosidade** é uma medida da resistência do fluido ao fluxo. A força que se opõe ao movimento neste meio é denominada arraste. Este tipo de força age no mesmo sentido do fluxo do fluido ao passar pelo objeto e no sentido oposto ao movimento do objeto. Assim, temos diferentes exemplos de como este **arraste** pode influenciar no movimento. Um desses exemplos é na natação.

Ackland, Elliot e Bloomfield (2011) afirmam que, na natação, o arraste é definido de três formas, quando associado à água:

- De superfície: arraste criado pela superfície do objeto, sendo a razão pela qual os nadadores depilam seus corpos e usam vestes que cobrem parte do corpo. É encontrado pelo corpo quando o fluido entra em contato com ele e é obrigado a alterar a direção ou a velocidade de deslocamento.
- De onda: arraste criado pelo movimento do corpo na superfície em resposta a movimentos excessivos de rotação lateral e rotação longitudinal. É encontrado pelo corpo quando este se desloca entre dois fluidos com densidades diferentes. Um exemplo é quando uma parte da água deslocada pelo corpo ao longo de sua trajetória se move de uma zona de alta pressão para uma baixa de pressão.
- De forma: arraste relacionado à área da superfície frontal do objeto que se move na água. Encontrado pelo corpo quando o fluido entra em contato com ele e altera seu fluxo laminar (camadas finas de moléculas de água, horizontais e paralelas).

De acordo com Hall (2012), a água e o ar possuem as mesmas características mecânicas enquanto fluidos. De fato, a velocidade do fluxo de ar sobre um objeto afeta o que podemos achar de arraste de pressão. No ar, o nível de arraste muda com a velocidade do

indivíduo. O arraste aumenta por um fator ao quadrado para qualquer mudança na velocidade. Por exemplo, se um corredor dobra sua velocidade durante a corrida, o nível de arraste também apresentará o mesmo comportamento, ou seja, duplicará (ACKLAND; ELLIOT; BLOOMFIELD, 2011).

Figura 4.10 | Nadador



Fonte: <<https://goo.gl/sPsfka>>. Acesso em: 29 dez. 2017.

Segundo Hall (2012), quando um corpo se move por um meio fluido (ex.: água), a velocidade relativa do corpo sob o fluido influencia a magnitude das forças atuantes. Se a direção do movimento é oposta à direção do fluxo do fluido, a magnitude da velocidade relativa do corpo sob o fluido é uma soma das velocidades do corpo em movimento e do fluido.



Exemplificando

No ciclismo, os ciclistas conservam energia ao avançar em linha com as rodas próximas às dos demais ciclistas para reduzir o arraste. Os ciclistas também fazem uso de equipamentos especialmente desenvolvidos para reduzir o arraste durante as competições.

Outro exemplo, agora relacionado a outro esporte, é no atletismo. Os velocistas, antigamente, utilizavam roupas mais folgadas, porém, atualmente, usam roupas modeladas, com o objetivo de diminuir a força de arraste. Assim, com estas vestes, é possível até encontrar diferenças nos tempos obtidos por competidores em determinadas provas no atletismo.

Figura 4.11 | Roupas de velocistas antigamente



Fonte: <<https://goo.gl/xwfbG7>>. Acesso em: 29 dez. 2017.

Figura 4.12 | Roupas de velocistas atualmente



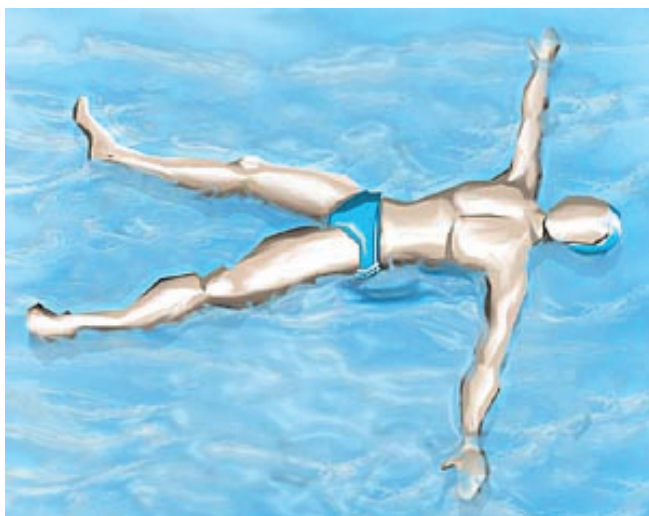
Fonte: <<https://goo.gl/jnGFp8>>. Acesso em: 29 dez. 2017.

Flutuabilidade

Para compreender o conceito de flutuabilidade, é necessário entender dois termos relacionados a esse fenômeno: força peso e força de empuxo. A força peso é definida como a ação de aceleração da gravidade sobre a massa do indivíduo (CÔRREA; MASSETTO; FREIRE, 2011). Já a força de empuxo é igual ao peso do volume da água deslocada pela imersão de um corpo em meio fluido. Assim, segundo as autoras, quanto mais submerso um corpo estiver, maior será o empuxo, no entanto, ao imergir completamente, o empuxo atinge seu máximo, independente da profundidade.

De acordo com Côrrea, Massetto e Freire (2011), a flutuabilidade é caracterizada pela permanência do corpo em um meio líquido. A flutuação pode ocorrer em qualquer posição (até no sentido vertical). Conforme Hall (2012), na flutuação, o indivíduo necessita que a força de empuxo seja pelo menos igual à força peso e, para que a flutuação ocorra, a força de empuxo e a força peso devem estar alinhadas, o que pode ocorrer em uma posição qualquer. A força de empuxo tem ação vertical, naturalmente de baixo para cima, enquanto que a força peso tem ação vertical contrária, ou seja, de cima para baixo, pois a gravidade age diretamente sobre a massa corporal, acarretando no peso no corpo.

Figura 4.13 | Roupa de velocistas atualmente



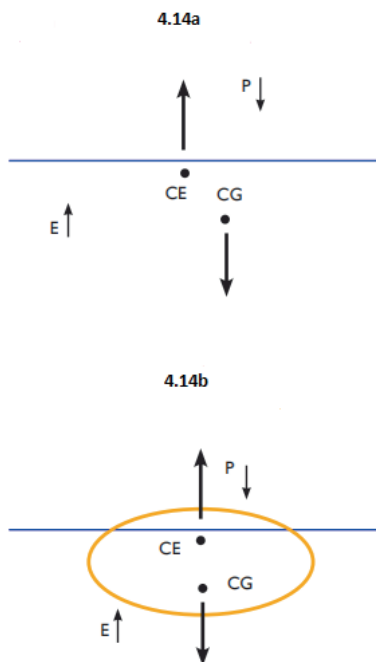
Fonte: <<https://goo.gl/jnGFp8>>. Acesso em: 29 dez. 2017.



Caro aluno, a flutuabilidade ocorrerá quando a força de empuxo e a força peso forem iguais e estiverem alinhadas. Assim, tanto o centro de empuxo como o centro de gravidade necessitam estar alinhados para que ocorra o equilíbrio no meio líquido.

No estudo de Córrea, Masseto e Freire (2011), é apresentada uma figura que demonstra como as forças agem para que ocorra a flutuação:

Figura 4.14 | Esquema de flutuação



Legenda: Figura 4.14a (corpo em desequilíbrio na água); Figura 4.14b (corpo em equilíbrio na água); E = empuxo; P = peso; CE = centro de empuxo; CG = centro de gravidade.

Fonte: adaptado de Córrea, Masseto e Freire (2011, p. 118).

Segundo as autoras, a Figura 4.14a representa um corpo em desequilíbrio na água, uma vez que o centro de gravidade e o centro de empuxo estão desalinhados. Já a Figura 4.14b representa o corpo em equilíbrio, já que o centro de gravidade e o centro de empuxo estão alinhados verticalmente.

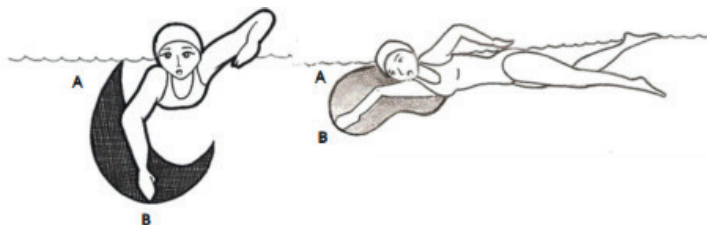
Força de sustentação

A força de sustentação é o tipo de força que surge quando um corpo se movimenta em um fluido, de forma que exista um ângulo que seja diferente de 0° e 90° entre este e o fluxo. De acordo com Córrea, Massetto e Freire (2011), esta força pode ser direcionada para cima, para baixo ou na horizontal.

Forças propulsivas

As forças propulsivas no nadar estão ligadas à terceira Lei de Newton. Assim, quando um nadador movimenta suas mãos e braços para trás na água, uma força resultante para frente é gerada pela água, gerando, assim, o deslocamento. No entanto, tal força resultante não é alterada apenas quando os braços são movimentados para trás, mas para frente e para baixo, para dentro e para fora. O movimento à frente da mão é resultante da soma da velocidade do corpo indo à frente com a velocidade da mão acelerando para trás (CÔRREA; MASSETTO; FREIRE, 2011). Para as autoras, o movimento para dentro e para fora é realizado para conseguirmos apoio na água. Veja atentamente a figura a seguir:

Figura 4.15 | Movimentos do braço durante a braçada



Fonte: adaptado de Córrea, Massetto e Freire (2011, p. 125).

De acordo com Demari (2000), a propulsão de membros inferiores ocorre por meio do batimento de pernas, caracterizado pelo movimento contínuo dos membros inferiores, principalmente no sentido vertical. Esse movimento, quando realizado em alta intensidade, gera um deslocamento rápido na água. Sendo assim, caro aluno, quanto menor o tempo de deslocamento, maior a ação propulsora das pernas no movimento de batida. Outra função importante das pernas é a sustentação e o equilíbrio do corpo durante o nadar.



Pesquise mais

Veja mais informações sobre as forças atuantes no nadar, no link a seguir, relacionado ao artigo de Côrrea, Massetto e Freire (2011). Disponível em: <<https://goo.gl/TnLBNA>>. Acesso em: 29 dez. 2017.



Reflita

Agora que você viu as principais forças atuantes no movimento em meio fluido, como você explicaria a capacidade do corpo de flutuar na água?

Sem medo de errar

Para auxiliar André no questionamento do professor de natação a respeito das aplicações biomecânicas na flutuação do indivíduo em um meio líquido, precisamos relembrar os aspectos básicos relacionados à flutuabilidade abordados nesta seção. Como já informado, a flutuabilidade é caracterizada pela permanência do corpo em um meio líquido. A flutuação ocorrerá quando a força de empuxo for igual à força peso e, para que a flutuação ocorra, as duas forças deverão estar alinhadas. Retome a Figura 4.14, a qual apresenta sobre o equilíbrio do corpo, pois ela auxiliará, uma vez que representa um esquema importante para entender como a flutuação pode ocorrer. Por conseguinte, entender os conceitos de força peso e força de empuxo e como suas ações são realizadas também é essencial, já que a flutuação ocorrerá mediante o comportamento desses dois tipos de forças.

Avançando na prática

Roupas específicas

Descrição da situação-problema

Maria Flor é uma corredora velocista de 16 anos que se prepara para seu primeiro campeonato brasileiro escolar. A garota é

muito dedicada e sempre procura melhorar seus treinamentos, com o intuito de alcançar o melhor resultado ao final da prova. Competindo na prova dos 100 metros rasos, Maria conseguiu um tempo de 12.76 segundos, vestindo a camiseta e a calça de sua instituição escolar. Para melhorar ainda mais o tempo obtido, o professor de Educação Física dela teve a ideia de confeccionar uma roupa parecida com as utilizadas por velocistas profissionais, com a ideia de que essa atitude possa diminuir ainda mais o tempo obtido pela garota. Qual é a explicação, do ponto de vista da biomecânica, para a possível melhora de marca?

Resolução da situação-problema

Atualmente, existem roupas apropriadas para as provas de velocidade no atletismo, as quais possuem maior aderência ao corpo, são menos folgadas e são utilizadas com o objetivo de diminuir a influência da força de arraste. Assim, com essas vestes, Maria poderá percorrer os 100 metros rasos em um menor tempo. Mesmo sendo uma diferença pequena, isso pode auxiliar os atletas.

Faça valer a pena

1. Leia atentamente o trecho a seguir sobre as diferentes formas de resistência na água:

Neste tipo, o arraste é criado pela superfície do objeto, sendo a razão pela qual os nadadores depilam seus corpos e usam vestes que cobrem o corpo inteiro.

Qual tipo de arraste é apresentado no trecho acima? Assinale a alternativa correta.

- a) De superfície.
- b) De onda.
- c) De forma.
- d) De flutuação.
- e) De empuxo.

2. Leia atentamente o trecho a seguir a respeito de diferentes forças:

A força _____ é definida como a ação de aceleração da gravidade sobre a massa do indivíduo. Em contrapartida, a força de _____ é equivalente ao peso do volume da água deslocada pela imersão de um corpo em meio fluido.

Assinale a alternativa que apresenta o preenchimento correto das lacunas apresentadas.

- a) Força de empuxo; força peso.
- b) Força propulsiva; força centrípeta.
- c) Força peso; força de empuxo.
- d) Força centrípeta; força propulsiva.
- e) Força peso; força centrípeta.

3. Analise as afirmativas a seguir sobre a flutuabilidade:

- I. A flutuabilidade é caracterizada pela permanência do corpo em um meio líquido.
- II. Para haver flutuação, o indivíduo necessita que a força de empuxo seja igual à força peso.
- III. Para haver flutuação, a força de empuxo e a força peso deverão estar alinhadas.
- IV. Para haver flutuação, a força de empuxo deve ser igual à força peso, no entanto essas forças não necessitam estar alinhadas.

É correto o que se afirma em:

- a) I, apenas.
- b) II e III, apenas.
- c) I e IV, apenas.
- d) IV, apenas.
- e) I, II e III, apenas.

Referências

ACKLAND, T. R.; ELLIOTT, B. C.; BLOOMFIELD, J. **Anatomia e Biomecânica aplicadas ao esporte**. Barueri, SP: Manole, 2011.

CÔRREA, S. C.; MASSETTO, S. T.; FREIRE, E. S. Mecânica de fluidos: uma proposta de integração da teoria com a prática. **Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte**, v. 10, n. 1, p. 115-129, 2011.

DEMARI, J. L. **A influência da força e da flexibilidade no batimento das pernas e sua relação com a performance total de nadadores de 100 metros nado crawl**. 2000, 78f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Escola de Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

HALL, S. J. **Biomecânica Básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

_____. **Biomecânica Básica**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

HOUGLOUM, P. A. **Cinesiologia Clínica de Brunnstrom**. Barueri, SP: Manole, 2014.

MANN, L. et al. A marcha humana: investigação com diferentes faixas etárias e patologias. **Motriz**, v. 14, n. 3, p. 346-353, 2008.

PERRY, J. **Gait Analysis: Normal and Pathological Function**. Thorofare, NJ: Slack, 1992.

WHITTLE, M. W. **Gait Analysis: an introduction**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

Anotações

[illegible]

Anotações

[illegible]

Anotações

[illegible]

Anotações

[illegible]

ISBN 978-85-522-0535-7



9 788552 205357 >