

Ciências
Morfofuncionais do
Aparelho Locomotor
- Membros Inferiores e
Coluna Vertebral

Ciências Morfofuncionais do Aparelho Locomotor - Membros Inferiores e Coluna Vertebral

João Paulo Manfré dos Santos

© 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

Roberta de Melo Roiz

Editorial

Camila Cardoso Rotella (Diretora)

Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Leticia Bento Pieroni (Coordenadora)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, João Paulo Manfré dos
S237c Ciências morfofuncionais do aparelho locomotor –
membros inferiores e coluna vertebral / João Paulo Manfré
dos Santos. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional
S.A., 2018.
192 p.

ISBN 978-85-522-1095-5

1. Coluna vertebral. 2. Membro inferior. 3. Anatomia. I.
Santos, João Paulo Manfré dos. II. Título.

CDD 612

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

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 Estudo morfofuncional da coluna cervical, coluna torácica e coluna lombar	7
Seção 1.1 - Coluna cervical e torácica	9
Seção 1.2 - Coluna lombar	25
Seção 1.3 - Biomecânica da coluna cervical, torácica e lombar	39
Unidade 2 Estudo morfofuncional do quadril e das articulações sacroilíacas	59
Seção 2.1 - Estudo morfofuncional do quadril e das articulações sacroilíacas	61
Seção 2.2 - Articulação sacroilíaca: articulações e músculos	79
Seção 2.3 - Biomecânica do quadril e da articulação sacroilíaca	90
Unidade 3 Estudo morfofuncional do joelho, tornozelo e pé	105
Seção 3.1 - Joelho: articulações e músculos	107
Seção 3.2 - Tornozelo e pé: articulações e músculos	122
Seção 3.3 - Biomecânica do joelho, tornozelo e pé	140
Unidade 4 Estudo da análise da marcha humana	157
Seção 4.1 - Descritores da marcha humana	159
Seção 4.2 - Cinemática do ciclo da marcha	168
Seção 4.3 - Atividade muscular e cinética no ciclo da marcha	179

Palavras do autor

Prezado aluno,

Seja bem-vindo à nossa disciplina de Ciências Morfofuncionais do Aparelho Locomotor – Membros Inferiores e Coluna Vertebral. Esta disciplina, pela sua denominação, já justifica sua importância na formação de profissionais da área da saúde, principalmente daqueles que atuarão com o sistema musculoesquelético, seja na avaliação ou no tratamento, pois um bom profissional só conseguirá desenvolver adequadamente as suas atividades quando ele detiver amplo conhecimento sobre como o corpo funciona normalmente. Por isso enfatizo a necessidade de dar atenção especial e estabelecer uma rotina de estudos para que esse conteúdo denso seja assimilado adequadamente.

Para isto, dividiremos os nossos estudos desta disciplina em quatro unidades de estudo, as quais estarão dispostas da seguinte forma: na Unidade 1 adentraremos no universo da anatomia e fisiologia articular dos segmentos que compõem a coluna vertebral, iniciando com o estudo morfofuncional das colunas cervical, torácica e lombar, de maneira mais específica, apresentando as vértebras e os músculos da coluna vertebral, localizando-as e classificando-as, verificando os elementos estabilizadores ativos e passivos da coluna vertebral, para, em seguida, conhecermos as ações musculares e as inervações correspondentes, para, finalmente, chegarmos ao estudo do movimento na coluna, passando pela cinesiologia e biomecânica, além de verificarmos as alterações biomecânicas nas disfunções. Já na Unidade 2 estudaremos as articulações do quadril e sacroilíacas, ou seja, abordaremos as estruturas anatômicas que compõem essas articulações, bem como os elementos anatômicos que realizam a estabilização passiva e ativa, os músculos que são acionados nestas articulações e as suas respectivas inervações, para que seja possível realizar estudo cinesiológico e biomecânico destes segmentos, bem como as alterações biomecânicas nas disfunções. Na Unidade 3 passaremos pelos estudos das articulações do joelho, tornozelo e pé, analisando os músculos, os elementos estabilizadores e as inervações destas articulações, para, posteriormente, estudarmos quais movimentos ocorrem e como eles se dão, além de verificarmos

as principais alterações biomecânicas nas disfunções. Na unidade 4 fecharemos nossos estudos com a análise da marcha humana, passando pelos descritores da marcha, as suas fases, como o centro de massa corporal se comporta e como as articulações atuam para que essa função seja realizada adequadamente, além de verificarmos as alterações biomecânicas nas disfunções.

Como pode observar, nosso caminho será extenso e árduo, mas tenho certeza de que, com o foco adequado, rotina nos estudos e muita dedicação, os resultados serão muito frutíferos e você terá, ao final, adquirido uma expertise importante para se destacar no mercado de trabalho.

Bons estudos!

Estudo morfofuncional da coluna cervical, coluna torácica e coluna lombar

Convite ao estudo

Você já deve ter ouvido esta frase famosa: “existem dois tipos de pessoas, as que têm dor na coluna e as que ainda vão ter”. Pois bem, a dor nas costas e na coluna podem possuir diversas causas, mas uma que se destaca está relacionada com o cansaço muscular produzido pelo excesso de carga e pela má postura observada nas atividades de vida diária das pessoas. Por isso o conhecimento acerca das estruturas que formam a coluna vertebral é de fundamental importância no cotidiano do fisioterapeuta, uma vez que, dada a alta prevalência de disfunções cinético-funcionais da coluna vertebral, o profissional necessitará do conhecimento acerca da análise cinesiológica e biomecânica da coluna.

Em uma clínica especializada no tratamento de distúrbios da coluna, vários fisioterapeutas atuavam diariamente nos diversos períodos, devido à grande prevalência dos distúrbios da coluna vertebral na prática clínica. Durante os períodos em que conversavam e discutiam sobre os casos, elencavam como possíveis fatores o estilo de vida moderno associado às atuais exigências laborais, as quais submetem a coluna vertebral a sobrecargas que acabam por provocar lesões ou disfunções neste segmento.

Estes fisioterapeutas resolveram discutir o caso de um paciente chamado Marcelo, 35 anos de idade, com relatos de queixas iniciais sobre as fortes dores que acometiam suas colunas lombar e cervical. Durante a anamnese, Marcelo também relatou que as dores exacerbavam-se durante o

trabalho e pioravam no final do dia, e que acreditava haver associação com a postura adotada fosse ela no trabalho ou em atividades cotidianas, tendo em vista seu estilo de vida sedentário e as atividades laborais de escritório, já que tinha que ficar sentado praticamente o dia todo.

Diante do caso, o fisioterapeuta responsável pelo atendimento explanou as condutas terapêuticas utilizadas no tratamento e os métodos de avaliação empregados. Nesse sentido, os profissionais perceberam a necessidade de estabelecer ampla discussão sobre a morfologia da coluna vertebral, passando até os pontos relacionados à fisiologia articular e biomecânica dos movimentos, tendo em vista a necessidade de se ter como meta de tratamento a devolução da função.

Por fim, é importante refletir sobre o papel de cada estrutura anatômica presente na coluna vertebral e como elas ocorrem do ponto de vista cinesiológico e biomecânico. Além disto, convido a refletir também sobre a relação da alta prevalência de desordens da coluna com as características morfofuncionais da coluna vertebral e o impacto das atividades executadas no nosso cotidiano.

Seção 1.1

Coluna cervical e torácica

Diálogo aberto

Acredito que você já tenha ouvido algumas dessas frases em algum momento da sua vida: “sente-se corretamente com a coluna ereta”, “se você ficar sentado por muito tempo sentirá dor na coluna”, “evite ficar muitas horas em pé”. Saiba que essas frases fazem todo sentido quando estudamos a coluna vertebral. Preparado para se aprofundar nessa temática importantíssima para a sua formação como fisioterapeuta?

Os fisioterapeutas de uma clínica especializada no tratamento de distúrbios da coluna vertebral tinham como ação contínua a realização de reuniões para discussões e debates sobre os casos atendidos na sua clínica. Na primeira semana de estudos, eles debateram sobre as principais disfunções/lesões que acometem as colunas cervical e torácica, como elas estão tão prevalentes atualmente e quais as possíveis causas responsáveis pela geração dessa demanda.

O caso do paciente Marcelo, paciente jovem com 35 anos de idade, foi apresentado destacando o seu estilo de vida sedentário e o tempo de trabalho sentado em frente ao computador. As discussões sobre os elementos importantes da anatomia e da fisiologia articular tomaram o centro do debate, tendo em vista, a importância em se restabelecer a normalidade das funções desses segmentos. Seguindo o foco central da discussão dessa temática, alguns pontos foram muito questionados e focaram basicamente em duas perguntas: quais seriam os elementos anatômicos presentes nas colunas cervical e torácica? Como estes segmentos se movimentam e são regulados?

A busca por rememorar esses conceitos fundamentou-se na necessidade de conhecimento da fisiologia articular para que assim o paciente tenha como resultado final a devolução da função. Baseado nessas diretrizes de discussão, vamos ajudar o fisioterapeuta do Marcelo a estabelecer como esses segmentos são compostos e funcionam fisiologicamente?

A resposta para estas e outras perguntas você encontra no item Não pode faltar.

Bons estudos!

Não pode faltar

Para iniciarmos os estudos sobre as colunas cervical e torácica, devemos, primeiramente, debater sobre a coluna vertebral como um todo. A coluna vertebral, estende-se desde o crânio até o cóccix, formando o esqueleto do pescoço e do dorso, sendo o principal elemento do esqueleto axial. Ela possui como funções: proteção da medula espinal e dos nervos espinais, sustentação do peso corporal dos segmentos acima da pelve, postura e movimento, eixo parcialmente rígido e flexível para o corpo e pivô para os movimentos da cabeça. Formada por 33 vértebras sobrepostas, separadas por discos intervertebrais, estas vértebras estão dispostas em cinco regiões da seguinte maneira: 7 vértebras cervicais, 12 vértebras torácicas, 5 vértebras lombares, 5 vértebras sacrais fundidas e 4 vértebras cóccigeas fundidas.

Como se pode observar na Figura 1.1, a coluna vertebral possui 4 curvaturas, duas cifoses (torácica e sacral – consideradas curvaturas primárias) côncavas anteriormente e duas lordoses (cervical e lombar – consideradas curvaturas secundárias) côncavas posteriormente.



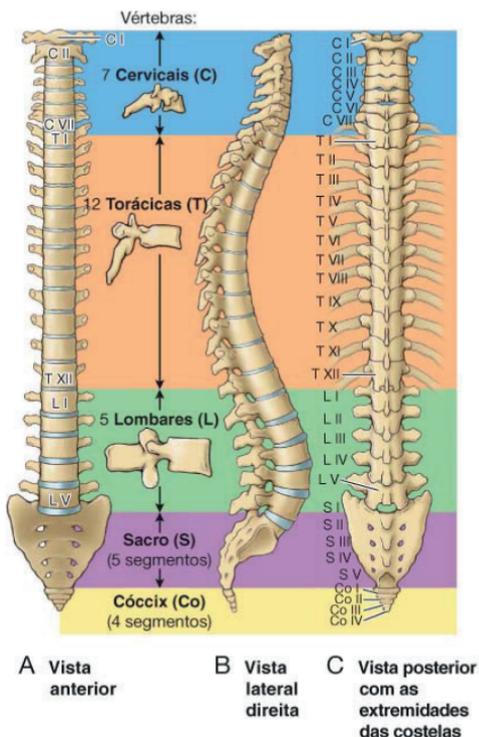
Pesquise mais

Você sabia que a coluna vertebral pode apresentar alterações de posicionamento, as quais podem se dar por exacerbação ou modificação das curvaturas fisiológicas, bem como alteração do alinhamento vertebral?

Recomendo a leitura do artigo para aprofundamento da temática proposta: "Avaliação postural da coluna vertebral em escolares surdos de 7-21 anos".

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fm/v23n3/a04v23n3>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

Figura 1.1 | Coluna vertebral



Fonte: Moore; Agur; Dalley(2017a,[s.p.]).



Refleta

O peso corporal do indivíduo em pé é transmitido da coluna vertebral para os quadris e para os membros inferiores, entretanto, a maior parte da carga continua concentrada anteriormente à coluna vertebral, carga esta que acaba alinhada pelas curvaturas vertebrais. Por isso que, ao sofrer uma sobrecarga acentuada, a coluna, para evitar uma inclinação anterior do tronco, acentua a curvatura lombar, aproximando mais o peso e o centro de gravidade ao eixo corporal.

A conformação das vértebras varia de uma região para outra. Uma vértebra típica possui um corpo vertebral na parte anterior, um arco vertebral na parte posterior, formado pelos pedículos

que o unem ao corpo vertebral e pelas lâminas que se projetam dos pedículos, e se unem na linha mediana. No arco vertebral passa a medula espinal, as raízes nervosas e a vasculatura, que se projetam através das incisuras vertebrais de vértebras adjacentes que formam os forames intervertebrais. Além disto, observam-se na vértebra típica sete processos: um processo espinhoso projetado posteriormente, dois processos transversos projetados lateralmente e quatro processos articulares, dos quais dois são superiores e dois inferiores.

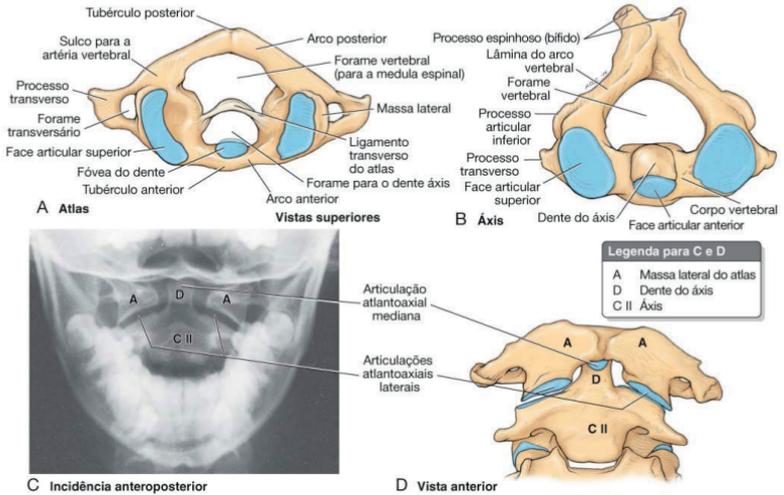


Assimile

A coluna vertebral atua como uma haste flexível e resistente, que permite mobilidade, protege a medula espinal, suporta a cabeça e serve como ponto de fixação para as costelas, cingulo dos membros inferiores e músculos.

As vértebras cervicais possuem algumas peculiaridades: C1, ou atlas, não possui processo espinhoso ou corpo vertebral e tem apenas duas massas laterais que se conectam pelos arcos anterior e posterior; articula-se com os côndilos occipitais (articulações atlantoccipitais) e com C2 (articulações atlantoaxiais laterais). A vértebra C2, ou eixo, tem o processo odontoide ou dente do eixo projetado a partir do corpo vertebral e atua como pivô para movimento de giro do atlas e do crânio. As vértebras C1 e C2 estão representadas na Figura 1.2. De C3 a C7, o corpo vertebral assume morfologia menor e mais largo laterolateralmente, com forame vertebral grande e triangular, presença de forame transversários nos processos transversos (exceto em C3) para passagem dos vasos e plexos simpáticos, as faces articulares tem direção superoposterior e inferoanterior e, os processos de C3 a C5 são pequenos e bifidos e o de C7 o mais proeminente.

Figura 1.2 | Atlas e âxis



Fonte: Moore; Agur; Dalley (2017a, [s.p.]).

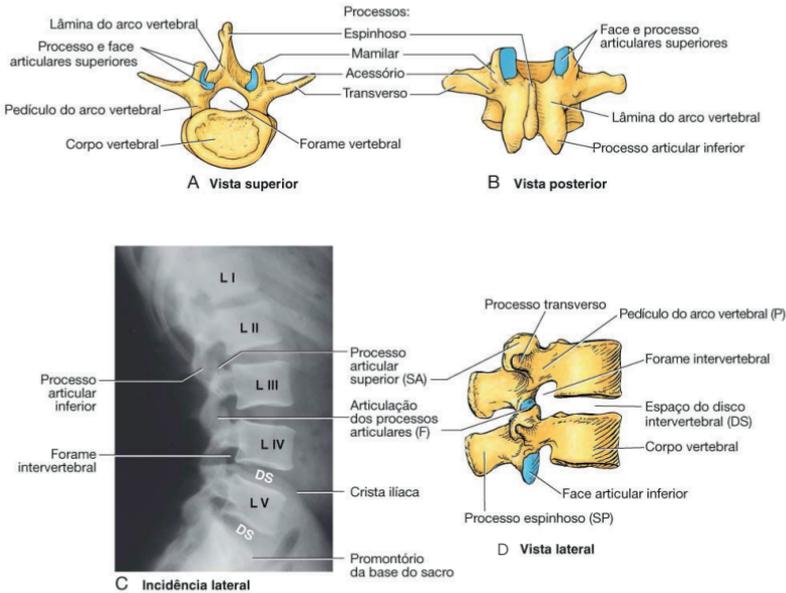


Exemplificando

Acidentes automobilísticos são frequentes e possuem como característica a alta energia cinética gerada pela colisão. É comum jovens terem como resultado da colisão, a fratura do processo odontóide, que ocorre pelo movimento de flexão e extensão exagerada. Esse tipo de fratura geralmente está associada a lesões neurológicas e pode ser de alta gravidade e até mesmo fatal.

As vértebras torácicas, evidenciadas na Figura 1.3, têm como características únicas a articulação com costelas por meio das duas fôveas do corpo vertebral e dos processos transversos. O forame vertebral é circular e menor, os processos transversos são longos e fortes, direcionados posterolateralmente, faces articulares direcionadas posterior e lateralmente e o processo espinhoso inclinado posteroinferiormente.

Figura 1.3 | Vértebra torácica

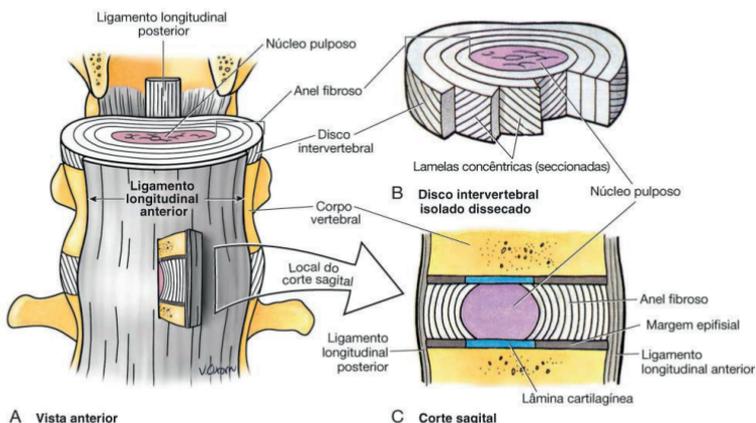


Fonte: Moore; Agur; Dalley (2017a, [s.p.]).

De maneira geral, as articulações da coluna vertebral são compostas pelos corpos vertebrais com discos intervertebrais e ligamentos e com funções antagônicas de estabilização, absorção de impacto e movimento. O disco intervertebral é formado por um anel fibroso (lamelas concêntricas de fibrocartilagem) e núcleo pulposo (massa central gelatinosa), ausente da articulação de C1 e C2. O disco intervertebral está representado na Figura 1.4.

As articulações dos arcos vertebrais, por meio dos processos articulares superior e inferior das vértebras adjacentes, são sinoviais planas, cobertas por cápsula articular fina e frouxa, estabilizada pelo sistema ligamentar e pela movimentação que ocorre conforme a disposição e o formato das faces articulares. Os movimentos comuns da coluna vertebral são: flexão, extensão, flexão lateral para a direita, flexão lateral para a esquerda, rotação para a direita e rotação para a esquerda.

Figura 1.4 | Disco intervertebral

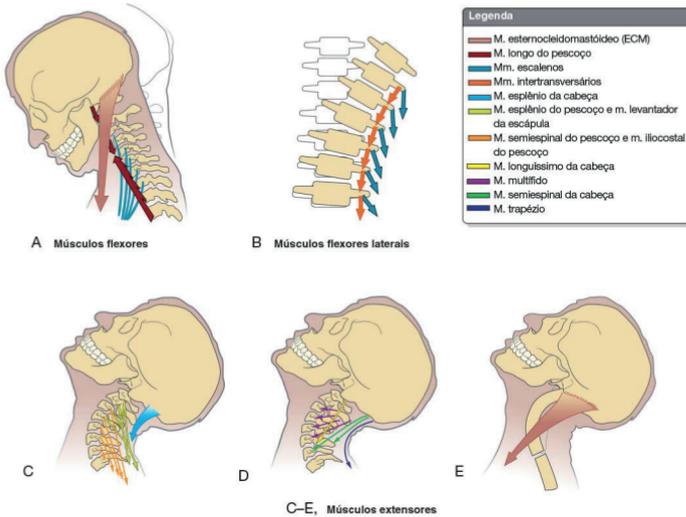


Fonte: Moore; Agur; Dalley (2017a, [s.p.]).

No sistema ligamentar, o ligamento longitudinal anterior cobre e une as faces anterolaterais dos corpos vertebrais e discos intervertebrais, estabiliza as articulações intervertebrais e limita a extensão da coluna. O ligamento longitudinal posterior cobre e une a face posterior dos corpos vertebrais e disco intervertebral, limita a hiperflexão da coluna e a herniação posterior dos discos intervertebrais. O ligamento amarelo, localizado entre as lâminas superior e inferior, preserva a curvatura da coluna e auxilia a extensão após a flexão. Os ligamentos interespinais e supraespinais na coluna cervical fundem-se com o ligamento nucal e limitam a flexão da coluna. Os ligamentos intertransversários unem os processos transversos adjacentes e limitam a flexão lateral.

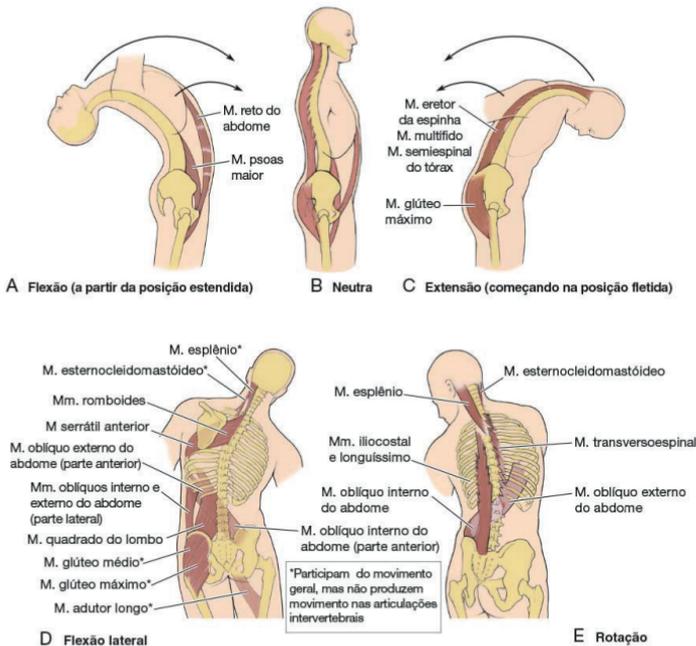
Podemos observar nas colunas cervical e torácica os movimentos de flexão e extensão que ocorrem no plano sagital e no eixo laterolateral, a flexão lateral no plano frontal e no eixo anteroposterior, e a rotação no plano transversal e no eixo longitudinal. Os movimentos e os músculos que participam desses processos podem ser observados na Figura 1.5 (cervical) e na Figura 1.6 (torácica).

Figura 1.5 | Movimentos da coluna cervical



Fonte: Moore; Agur; Dalley (2017a, [s.p.]).

Figura 1.6 | Principais músculos mobilizadores da coluna torácica



(Os músculos mostrados contraem-se para inclinar/girar para o lado oposto [esquerdo])

Fonte: Moore; Agur; Dalley (2017a, [s.p.]).

O sistema muscular nas colunas cervical e torácica é formado por uma série de músculos. Nos quadros a seguir (1.1 e 1.2) analisaremos as principais características por segmento muscular e em seguida podemos visualizar na Figura 1.7 os músculos torácicos.

Quadro 1.1 | Músculos cervicais

Músculo	Origem	Inserção	Inervação
Esternocleido-mastoideo	Manúbrio do esterno e parte medial da clavícula.	Processo mastoide.	C2, C3 e parte espinhal do nervo Acessório (11º par craniano).
Longo do pescoço	Tubérculos anteriores dos processos transversos das vértebras cervicais superiores, corpos das últimas vértebras cervicais e das primeiras vértebras torácicas.	Tubérculo anterior do atlas, processos transversos das vértebras cervicais inferiores e corpos das vértebras cervicais superiores.	Ramos de C2 à C7.
Escaleno anterior	Tubérculos anteriores dos processos transversos das vértebras cervicais.	Tubérculo do músculo escaleno anterior da primeira costela.	Ramos dos nervos cervicais inferiores.
Escaleno médio	Tubérculos anteriores dos processos transversos de C2-C7.	Primeira costela.	Ramos dos nervos cervicais inferiores.
Escaleno posterior	Tubérculos anteriores dos processos transversos de C5 e C6.	Margem superior da costela 2.	Ramos anteriores dos três últimos nervos cervicais.
Esplênio da cabeça	Metade caudal do ligamento nual.	Processos espinhosos da C7 até T3.	Nervos espinhais do segmento correspondente.

Esplênio do pescoço	Processos espinhosos de T3 a T6.	Tubérculos posteriores e processos transversos de C1 e C2.	Nervos espinhais do segmento correspondente.
Levantador da escápula	Tubérculos posteriores do processo transverso de C1-C4.	Ângulo superior da escápula e parte contígua da margem medial da escápula.	Nervo dorsal da escápula (C5).
Semiespinal	Processos transversos de T6 até C7.	Processos espinhosos de C6-C2.	Nervos espinhais (ramos dorsais).
Iliocostal	Ângulo das costelas 3-7.	Processo transverso e tubérculos posteriores de C3 a C6.	Nervos espinhais (ramos dorsais).
Longuíssimo da cabeça	Processo transverso de C3 até T3.	Processo mastoide.	Ramo lateral do segundo ramo dorsal cervical.
Multífido	Processos articulares inferiores de C7-C4.	Processos espinhosos C7-C2.	Nervos espinhais do segmento correspondente.
Trapézio	Parte ascendente: processos espinhosos de T4 a T12. Parte transversa: ligamento nucal e processos espinhosos de C5-T3. Parte descendente: protuberância occipital externa, linha nucal superior e ligamento nucal.	Parte ascendente: espinha da escápula. Parte transversa: espinha da escápula e acrômio. Parte descendente: terço lateral da clavícula e acrômio.	Nervo acessório (XI par craniano) e nervo do trapézio (C3 – C4).

Fonte: elaborado pelo autor.

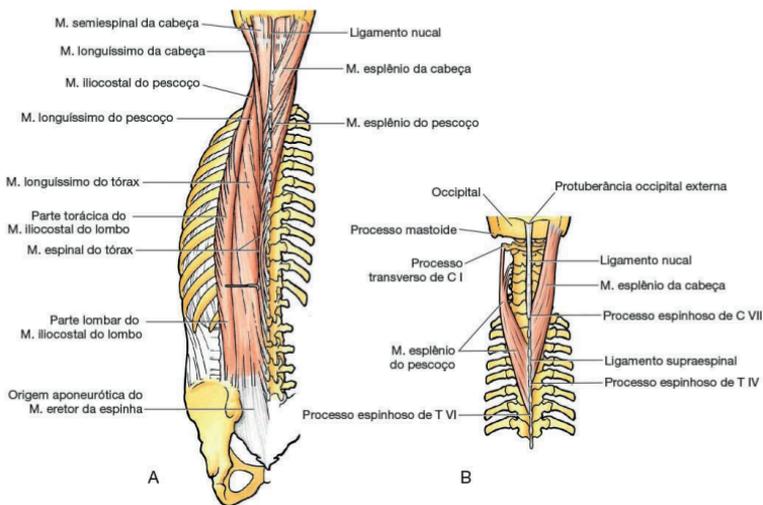
Na coluna torácica, nota-se a ação de músculos das regiões cervical e lombar, além dos músculos que estão localizados na coluna torácica.

Quadro 1.2 | Músculos torácicos

Músculo	Origem	Inserção	Inervação
Semiespinal do tórax	Processo transverso de T12 até C7.	T3 até C6	Nervos espinhais (ramos dorsais).
Romboide maior	Processos espinhosos de T1 a T5.	Margem medial da escápula.	Nervo dorsal da escápula (C5).
Romboide menor	Processos espinhosos de C5 e C6.	Margem medial da escápula.	Nervo dorsal da escápula (C5).
Transversoespinal	Processo transverso de T1 a T12.	Processos espinhosos T11-T1 e C7.	Nervos espinhais (ramos dorsais).

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 1.7 | Músculos torácicos



Fonte: Moore; Agur; Dalley (2017a, [s.p.]).

Na camada mais profunda dos músculos das colunas cervical e torácica estão os músculos rotadores mais desenvolvidos da região torácica, enquanto que os músculos interespiniais, intertransversários e levantadores das costelas são músculos relativamente pequenos na região torácica e mais desenvolvidos na coluna cervical.

A vascularização na região cervical é formada pelas artérias vertebrais e cervicais ascendentes, e artérias intercostais posteriores, na região torácica. As veias formam um plexo venoso vertebral interno e um plexo venoso vertebral externo. A inervação da coluna vertebral dá-se pelos ramos meníngeos dos nervos espinais. Da medula espinal sai a intumescência cervical (C4 a T1) que forma o plexo braquial. Existem oito pares de nervos espinais cervicais e 12 torácicos formados pelas raízes anterior (fibras eferentes) e posterior (fibras aferentes) dos nervos espinais.



Pesquise mais

No artigo de Teixeira et al. (2017), você encontrará um estudo que analisa e compara as fusões cervicais como possíveis tratamentos para fraturas, por meio de um estudo biomecânico da coluna cervical com patologia. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213131515000668>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

Sem medo de errar

O debate sobre o caso do Marcelo reforçou a importância em se conhecer a fundo os componentes morfofuncionais dos segmentos cervical e torácico para que a avaliação consiga realmente estabelecer quais estruturas estão em sofrimento e quais funções deixaram de ser executadas corretamente.

Isso porque foi consenso que a avaliação da coluna vertebral deve passar pelo exame das vértebras e dos discos intervertebrais e, posteriormente, pela avaliação dos tecidos moles, para só depois verificar se as funções específicas da coluna estão normalizadas, principalmente, as de proteção da medula espinal e dos nervos espinais, de sustentação do peso corporal, deflexibilidade para movimentos, além da manutenção da postura. Tais elementos

só podem ser conhecidos com amplo estudo das características das vértebras, ligamentos, articulações, vasculatura, inervação e músculos que atuam nas colunas cervical e torácica.

No início desta seção apresentamos um contexto onde os fisioterapeutas de uma clínica especializada no tratamento da coluna debatiam sobre a alta demanda dos serviços, provocada pela grande prevalência das desordens da coluna vertebral, e focaram as discussões inicialmente sobre quais seriam os elementos anatômicos que estão presentes nas colunas cervical e torácica e como estes segmentos se movimentam e são regulados.

Em relação aos elementos anatômicos temos que as vértebras cervicais possuem corpos pequenos, processos espinhosos bifidos e processos transversos com tubérculos anterior e posterior e forame intertransversário para passagem da artéria vertebral. A primeira vértebra (atlas) não possui corpo vertebral e é formada por dois arcos vertebrais, articulando-se com o occipital e com a segunda (áxis) que possui o dente do áxis (processo odontoide). As vértebras torácicas possuem corpos maiores, fôveas costais superiores e inferiores para as cabeças das costelas, processos espinhosos longos e angulados inferiormente, e longos processos transversos com fôveas costais para os tubérculos das costelas.

As vértebras articulam-se com as faces superior e inferior dos corpos vertebrais, sendo cobertas com cartilagem hialina e separadas das faces de vértebras adjacentes por discos intervertebrais fibrocartilágeos. São unidas por ligamentos que conectam cada componente de uma vértebra ao seu correspondente. Neste caso, temos: ligamentos longitudinais anterior e posterior; ligamentos supraespinais e interespinais; ligamentos intertransversários; ligamentos amarelos e ligamentos capsulares.

Os movimentos ocorrem pela ação dos músculos presentes nas colunas cervical e torácica, que em associação com a disposição das faces articulares podem promover na cervical o movimento livre de flexão e extensão, flexão lateral (associada à rotação para o lado oposto) e rotação. Na rotação da cabeça, o atlas roda em torno do dente do áxis, e na flexão da cabeça, os côndilos occipitais movimentam-se sobre as faces articulares superiores do atlas. Já na torácica, o movimento é relativamente limitado pelos discos intervertebrais e pela presença das costelas, mas a rotação é livre.

Análise morfofuncional após intervenção cirúrgica

Descrição da situação-problema

Juliane, fisioterapeuta famosa pela sua expertise na reabilitação pós-cirúrgica da coluna vertebral, estava com um caso de intervenção cirúrgica para correção da escoliose de uma paciente de 45 anos de idade, bancária e que já havia realizado tratamento conservador sem o sucesso esperado.

Após a avaliação inicial, Juliane explicou à paciente como se daria o processo reabilitativo e quais as diretrizes seriam seguidas para que pudesse ter a sua condição da coluna normalizada. Para isto, ela pontou de maneira bem específica a necessidade de se estabelecer novamente as funções da coluna vertebral.

Como Juliane explicou para a paciente as funções e características da coluna vertebral dentro do processo de reabilitação?

Resolução da situação-problema

A coluna vertebral é formada por vértebras sobrepostas separadas pelos discos intervertebrais. Essas vértebras são formadas pelos corpos vertebrais, que sustentam o peso, e pelos arcos vertebrais, que abrigam e protegem a medula e as raízes dos nervos espinais. A partir do arco vertebral estendem-se processos que servem de local de fixação e alavanca para os músculos ou de movimentos diretos entre vértebras.

Todavia, os segmentos possuem particularidades importantes como a presença dos forames transversários, nas vértebras cervicais, e das fôveas costais, nas vértebras torácicas. Os discos intervertebrais devem suportar cargas e fornecer a flexibilidade necessária para o movimento entre as vértebras, porém, com o passar do tempo eles tornam-se mais rígidos e mais resistentes à deformação. E, como a escoliose é caracterizada por uma curvatura lateral anormal acompanhada por rotação das vértebras, há necessidade de ajustar o tônus dos músculos que atuam diretamente sobre a coluna, principalmente a musculatura extensora da coluna, por meio de técnicas que utilizem fortalecimento muscular, que trabalhem com a propriocepção e com a correta ativação dos músculos posturais.

Faça valer a pena

1. Adriano, ao realizar uma avaliação postural, foi identificado, no seu diagnóstico cinético-funcional, com a determinação de um desvio postural denominado hiperlordose cervical e caracterizado por um aumento anormal da curvatura da coluna cervical. Sobre a curvatura da coluna cervical, analise os itens a seguir:

I – A curvatura fisiológica da coluna cervical é denominada lordose cervical.

II – A curvatura fisiológica da coluna cervical é classificada em curvatura primária.

III – A curvatura fisiológica da coluna cervical é côncava posteriormente.

Com base nos itens expostos, é correto o que se afirma em:

- a) Somente a sentença I está correta.
- b) Somente a sentença II está correta.
- c) Somente a sentença III está correta.
- d) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- e) Somente as sentenças I e III estão corretas.

2. Um método muito utilizado no tratamento fisioterapêutico para pacientes com cervicálgia crônica é a realização de treinamento da estabilização central ou do core, que estimula a musculatura profunda para que ela possa produzir a contração prévia necessária, a fim de evitar movimentos translacionais capazes de gerar lesões nas articulações vertebrais.

Sobre os músculos profundos da coluna cervical, podemos afirmar que deles fazem parte:

I – Músculos romboides maior e menor.

II – Músculos multifídeos e intertransversários.

III – Músculos trapézio e escalenos.

Diante do exposto acima é correto o que se afirma em:

- a) Somente a sentença I está correta.
- b) Somente a sentença II está correta.
- c) Somente a sentença III está correta.
- d) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- e) Somente as sentenças II e III estão corretas.

3. Sobre as vértebras cervicais altas, complete a frase a seguir:

Articulando-se com o occipital tem-se a vértebra C1 ou _____, caracterizada pela _____ de corpo vertebral e a presença de dois arcos

vertebrais direito e esquerdo. Logo abaixo tem-se a vértebra C2 ou _____, caracterizada pela presença do processo odontóide que serve de pivô para os movimentos de _____ da cabeça.

Assinale a alternativa que contenha a complementação correta da frase:

- a) Atlas – ausência – áxis – giro.
- b) Atlas – presença – áxis – flexão.
- c) Áxis – ausência – atlas – flexão.
- d) Áxis – presença – atlas – giro.
- e) Atlas – ausência – áxis – flexão.

Seção 1.2

Coluna lombar

Diálogo aberto

Os fisioterapeutas de uma clínica especializada no tratamento de distúrbios da coluna vertebral, em reuniões para discussões e debates sobre os casos atendidos, debateram o caso do paciente Marcelo, de 35 anos de idade, com histórico de estilo de vida sedentário e atividade laboral sentada em frente a um computador.

Na primeira semana, discutiram sobre as funções das colunas cervical e torácica para que estas sejam o norte dos processos terapêuticos e avaliativos. Na semana seguinte, os fisioterapeutas discutiram sobre as características do caso de Marcelo, principalmente sobre a necessidade de recuperar a função da coluna lombar e, novamente, a discussão encaminhou para os componentes anatómicos desta, em dois eixos principais: quais estruturas anatómicas da coluna lombar deveriam ser amplamente discutidas? Quais movimentos ocorrem na coluna lombar e como ocorrem?

A resposta para estas e outras perguntas você encontrará na seção Não Pode Faltar. Bons estudos!

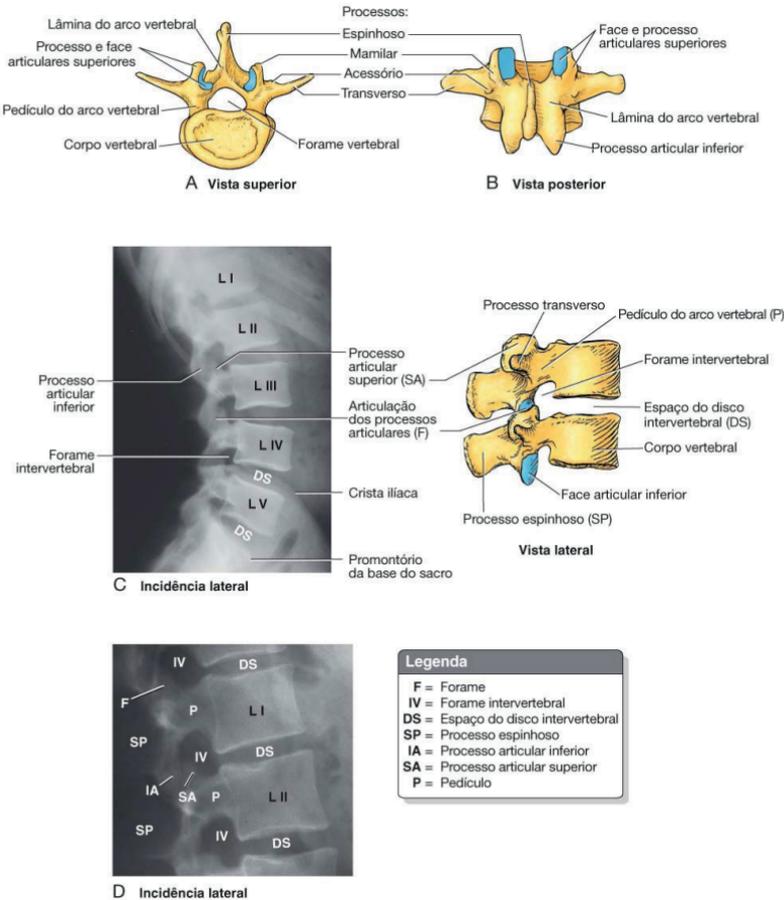
Não pode faltar

As vértebras da coluna lombar possuem como características marcantes um corpo vertebral de estrutura maciça, reniforme, quando visualizado superiormente, e maior e mais pesado comparado aos das outras regiões. O forame vertebral é triangular, maior do que o observado na coluna torácica e menor que o da coluna cervical. Seus processos transversos são longos e finos. Os processos articulares têm as faces articulares superiores direcionadas posteromedialmente e as faces articulares inferiores anterolateralmente, além dos processos espinhosos curtos e fortes.

Na coluna lombar há cinco vértebras nominadas de L1 (superior) até L5 (inferior), com curvatura lordótica (concauidade posterior e

convexidade anterior da coluna lombar), sendo que elas possuem uma junção (charneira) superior com a coluna torácica entre as vértebras T12-L1 e uma junção inferior entre L5-S1 (formando o ângulo sacral). A vértebra lombar está representada na Figura 1.8.

Figura 1.8 | Vértebra lombar



Fonte: Moore, Agur e Dalley (2017b, [s.p.]).

As vértebras da coluna lombar recebem irrigação dos ramos espinais das artérias subcostais e lombares e no sistema venoso observam-se as veias espinais. A inervação se dá pelos ramos meníngeos dos nervos espinais. Na coluna lombar, dos segmentos

de L1 até S3, há a intumescência lombossacral que forma os plexos lombar e sacral, de onde saem cinco pares de nervos espinais lombares, cinco sacrais e um coccígeo.

Do plexo lombar saem o nervo femoral (raízes de L2-L4), que supre os músculos flexores do quadril e extensores do joelho, o nervo obturatório (raízes de L2-L4), que supre os músculos adutores, e o tronco lombossacral (raízes de L4-L5), que supre o plexo sacral.



Exemplificando

Uma alteração no desenvolvimento embrionário dos arcos vertebrais pode gerar defeitos no tubo neural, promovendo desenvolvimento anormal da medula espinal, de modo que os arcos neurais adjacentes não se unem e essa modificação projeta as meninges para fora. Essa anomalia é muito comum nas regiões torácica inferior, lombar ou sacral, com comprometimento nas funções neurais.

A espinha bífida, como é chamada esta anomalia, apresenta incidência de 4 casos por 1000 nascimentos, tendo relação com a hereditariedade e com a dieta da mãe (deficiência de ácido fólico), podendo ser reparada cirurgicamente.

Assim como nas colunas cervical e torácica, a coluna lombar possui as articulações dos corpos vertebrais do tipo sínfise, com funções de sustentação do peso corporal e resistência, formada pelas faces adjacentes dos corpos vertebrais e unidas pelos discos intervertebrais e ligamentos. Os discos intervertebrais da coluna lombar são mais espessos e o mais funcional está presente na charneira lombossacral. A coluna lombar é estabilizada anterolateralmente e limitada para extensão devido ao ligamento longitudinal anterior, enquanto que o ligamento longitudinal posterior a estabiliza posteriormente e limita sua hiperflexão.

As articulações dos arcos vertebrais são formadas pelos processos articulares superior e inferior das vértebras adjacentes e são do tipo sinoviais planas, recobertas por uma cápsula articular fina e frouxa. São estabilizadas por ligamentos acessórios localizados entre as lâminas (ligamento amarelo), processos transversos (ligamentos intertransversários) e processos espinhosos (ligamentos

interespinais e supraespinais). O ligamento amarelo é resistente à separação das lâminas, impedindo a flexão abrupta e protegendo o disco intervertebral. Os movimentos permitidos nessas articulações dependem do formato e da disposição dos processos articulares.

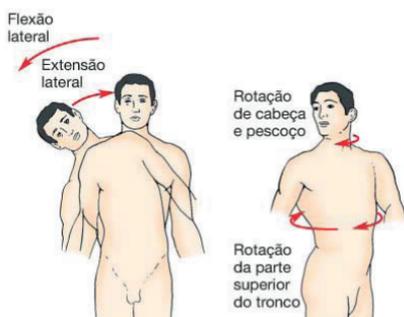


Refleta

A função de sustentação da coluna lombar gera maior predisposição de ocorrência de lesões compressivas nas vértebras e nos discos intervertebrais, como por exemplo, a laceração ou a ruptura dos tecidos conectivos do disco intervertebral, a famosa hérnia de disco. A pergunta que surge é: a musculatura profunda da coluna lombar poderia auxiliar na proteção dessas estruturas apesar das suas características morfofuncionais?

Na coluna lombar ocorrem os movimentos de flexão, extensão, flexão lateral (inclinação lateral) e de rotação. Dentre eles destaca-se a extensão da coluna lombar e a flexão lateral. Estes movimentos ocorrem pela ação dos músculos da parede posterior. As faces articulares voltadas medialmente articulam-se com as faces voltadas lateralmente, limitando os movimentos de rotação e facilitando os movimentos de flexão e de flexão lateral. Na Figura 1.9 estão representados os movimentos da coluna lombar, na qual também podemos observar o movimento de rotação da cervical, já descrito na Seção 1. Já a Tabela 1.1 descreve os movimentos da coluna lombar associados aos planos e eixos, além de mostrar o padrão do movimento e da ação muscular.

Figura 1.9 | Movimentos da coluna lombar





Fonte: Moore, Agur e Dalley (2017b, [s.p.]).

Tabela 1.1| Coluna lombar

Movimento	Plano	Eixo	Padrão	Ação muscular
Flexão	Sagital	Látero-lateral	Deslocamento anterior do tronco.	Reto abdominal e psoas maior.
Extensão	Sagital	Látero-lateral	Deslocamento posterior do tronco.	Eretor da espinha, multifido, semiespinal do tórax e glúteo máximo.
Flexão lateral	Frontal	Ântero-posterior	Deslocamento lateral do tronco.	Oblíquo externo do abdome (parte anterior), oblíquos interno e externo do abdome (parte lateral), quadrado lombar, glúteo máximo, glúteo médio e adutor longo no movimento de flexão lateral.
Rotação	Transversal	Longitudinal	Deslocamento rotacional do tronco.	Oblíquos externo e interno do abdome.

Fonte: adaptada de Moore, Agur e Dalley (2017b, [s.p.]).

Veremos a seguir, no Quadro 1.3, a descrição de alguns músculos que atuam na coluna lombar, iniciando pelo músculo psoas maior, que tem sentido inferolateral e situa-se lateralmente às vertebrae lombares (processos transversos), e o músculo ilíaco, situado na face lateral do músculo psoas maior, que juntos formam o iliopsoas e realizam flexão na articulação do quadril e rotação lateral.

Além desses, veremos também o músculo quadrado lombar, cuja função é de flexionar lateralmente a coluna, quando contraído unilateralmente, e de estender a coluna, quando contraído bilateralmente. O músculo reto abdominal com o movimento de flexão da coluna lombar. O músculo oblíquo externo, que flexiona a coluna (contração bilateral), flexiona lateralmente a coluna (contração unilateral) e roda a coluna (contração unilateral). O músculo oblíquo interno que flexiona a coluna (contração bilateral), flexiona lateralmente a coluna (contração unilateral) e roda a coluna (contração unilateral). E, por fim, o músculo transverso do abdome, que auxilia na flexão lateral da coluna lombar, seguido por outros músculos que também têm ação na coluna lombar. Após o quadro há uma demonstração dos movimentos da coluna lombar associados aos músculos (Figura 1.10).

Quadro 1.3 | Músculos da coluna lombar

Músculo	Origem	Inserção	Inervação
Psoas maior	Corpos vertebrais de T12 a L4.	Trocanter menor.	Nervo femoral (T12-L3).
Ilíaco	Dois terços superiores da fossa ilíaca, asa do sacro e ligamentos sacroilíacos anteriores.	Trocânter menor do fêmur, que juntos formam o iliopsoas.	Nervo femoral (T12-L3).
Quadrado lombar	Crista ilíaca	12ª costela e processo costiforme (L1-L4)	Nervo intercostal XII e plexo lombar.
Reto abdominal	Esterno, 5ª a 7ª costela.	Púbis e sínfise púbica.	T6-T12

Oblíquo externo	5ª a 12ª costela.	Crista ilíaca e ligamento inguinal.	Nervos intercostais (T5-T12), iliohipogástrico e ilioinguinal.
Oblíquo interno	Crista ilíaca e ligamento inguinal	Arco costal e bainha do músculo reto abdominal.	Nervos intercostais (T5-T12), iliohipogástrico, ilioinguinal e genitofemoral.
Transverso do abdome	Crista ilíaca e ligamento iliolumbar.	Margem inferior das costelas XII e L1 a L5.	Nervos intercostais (T6-T12), nervo ilio-hipogástrico e nervo ilioinguinal.
Adutor longo	Púbis	Linha áspera.	Nervo obturatório (L2-L4).
Ereter da espinha	7ª a 12ª costelas, crista ilíaca e sacro. Processos espinhosos e transversos de T1-L5.	1ª a 12ª costelas. 2ª a 12ª costelas, processos transversos de T1 a T12 e processos costiformes de L1 a L5.	Nível segmentar dos ramos posteriores dos nervos espinais.
Glúteo máximo	Linha glútea posterior, sacro, ligamento sacrotuberal.	Fêmur (tuberosidade glútea), trato iliotibial.	Nervo glúteo inferior (L4-S2).
Glúteo médio	Asa do ílio entre as linhas glúteas anterior e posterior.	Trocanter maior.	Nervo glúteo superior (L4, L5).
Multífido	Crista ilíaca, sacro, processos transversos das vértebras lombares e torácicas.	Processos espinhosos de vértebras lombares e torácicas.	Ramos posteriores dos respectivos nervos espinais.

Semiespinal do tórax

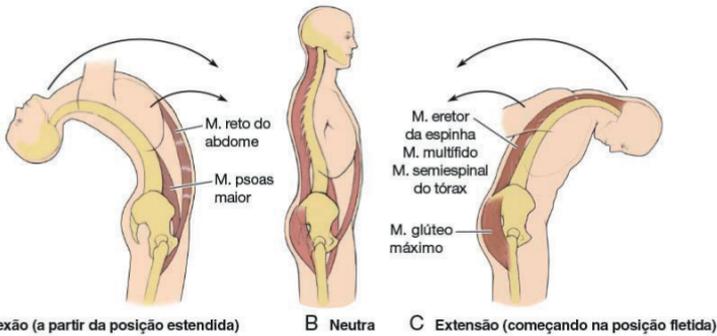
Processos transversos de T6 a T12.

Processos espinhosos de C6 a T6.

Ramos posteriores dos respectivos nervos espinhais.

Fonte: adaptado de Moore, Agur e Dalley (2017b, [s.p.]).

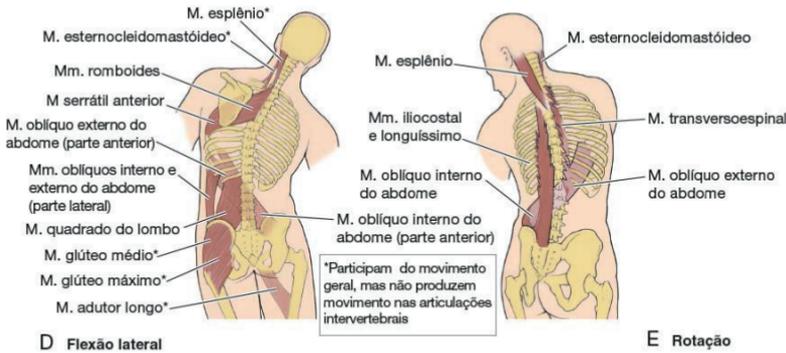
Figura 1.10 | Músculos e movimentos da coluna lombar



A Flexão (a partir da posição estendida)

B Neutra

C Extensão (começando na posição fletida)



D Flexão lateral

E Rotação

(Os músculos mostrados contraem-se para inclinar/girar para o lado oposto [esquerdo])

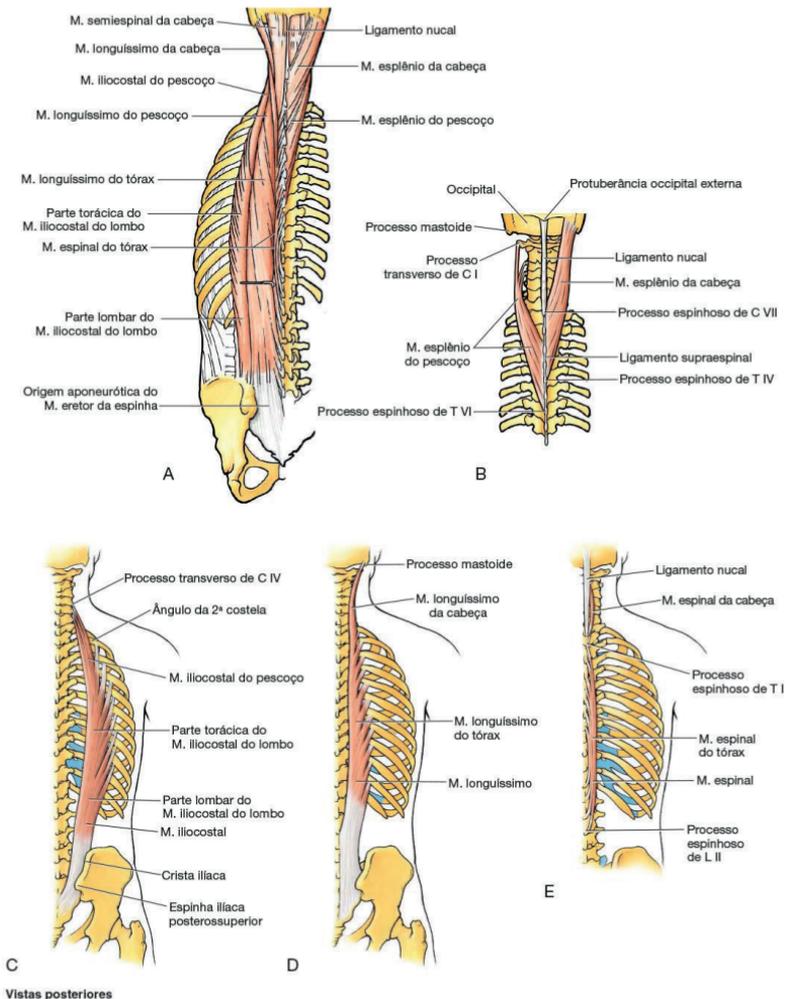
Fonte: Moore, Agur e Dalley (2017b, [s.p.]).

Os músculos intrínsecos do dorso, na camada intermediária, são os músculos eretores da espinha, que se dividem em três colunas: músculo iliocostal (coluna lateral), músculo longuíssimo (coluna intermediária) e músculo espinal (coluna medial), visualizados na Figura 1.11.

Na camada profunda temos os músculos transversoespinhais, que são compostos pelos músculos semiespinhais, com ação na cabeça, tórax e pescoço, rotadores, com ação maior na coluna torácica, e os multifidos na coluna lombar.

Os multifídeos são mais espessos na coluna lombar e cada feixe muscular passa obliquamente para cima e medialmente do processo transverso de uma vértebra até o processo espinhoso da vértebra adjacente. Possuem função de rotação da vértebra para o lado contralateral quando contraído unilateralmente, além de atuar na estabilização do segmento. O músculo diafragma contribui com a parte superior da parede posterior, principalmente na estabilização segmentar da coluna lombar.

Figura 1.11 | Músculos eretores da coluna



Fonte: Moore, Agur e Dalley (2017b, [s.p.]).

Os desequilíbrios entre os músculos da coluna vertebral são relatados como possíveis provocadores de desvios posturais, como no caso da hiperlordose lombar (acentuação da curvatura fisiológica da coluna lombar), provocada diretamente pelo enfraquecimento dos músculos abdominais e extensores do quadril, e pelo encurtamento dos músculos eretores da coluna e iliopsoas.



Pesquise mais

No artigo de Klíssia Mirelli Cavalcanti Gouveia e Ericson Cavalcante Gouveia, você encontrará uma revisão de literatura sobre a função estabilizadora do músculo transverso abdominal na coluna lombar.

Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/fisio/article/view/19137/18479>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

Além deles, temos os músculos interespinais que saem da face superior do processo espinhoso de uma vértebra e vão até o processo espinhoso da vértebra superior, onde auxiliam na rotação e extensão da coluna vertebral.

Os movimentos da coluna são limitados pela ação das seguintes estruturas:

- Flexão - ligamentos supraespinal, interespinal e amarelo, cápsulas das articulações dos processos articulares, músculos extensores, corpos vertebrais, disco intervertebral.
- Extensão - ligamento longitudinal anterior, cápsulas das articulações dos processos articulares, músculos abdominais, processos espinhosos e discos intervertebrais.
- Flexão lateral – ligamentos do lado contralateral, músculos contralaterais, contato entre a crista ilíaca e o tórax e disco intervertebral (compressão ipsilateralmente).
- Rotação – ligamento costovertebral, músculos oblíquo externo do abdome ipsilateral, músculo oblíquo interno do abdome contralateral, faces articulares e anel fibroso do disco intervertebral.

Nota-se também a presença da fáschia endoabdominal que reveste a parede posterior do abdome, a aponeurose toracolombar

fixada na coluna lombar, estruturas que estabilizam e conferem forma ao segmento.



Assimile

Cinco vértebras lombares constituem a região lombar do dorso, com a primeira vértebra lombar (L1) articulando-se com a última vértebra torácica (T12) e com a última vértebra lombar (L5) articulando-se com a primeira vértebra sacral (S1). A coluna lombar possui uma curvatura secundária, denominada lordose lombar. De maneira geral, as vértebras da coluna lombar sustentam o peso dos demais ossos do esqueleto axial e dos membros superiores, bem como dos órgãos das cavidades torácica e abdominal.

Sem medo de errar

Muito bem, chegou o momento de fecharmos a necessidade de conhecimento acerca dos aspectos anatômicos e funcionais da coluna lombar que são importantes para a recuperação do Marcelo. Para isto, utilizaremos os questionamentos levantados: quais estruturas anatômicas da coluna lombar deveriam ser amplamente discutidas? Quais movimentos ocorrem na coluna lombar e como ocorrem?

Vimos que a coluna lombar é composta por cinco vértebras que possuem um corpo volumoso, com processos transversos grandes, forame vertebral triangular e amplos processos espinhosos que se projetam posteriormente. As faces articulares voltadas medialmente articulam-se com faces voltadas lateralmente, limitando os movimentos de rotação e facilitando os movimentos de flexão e flexão lateral.

Pensando na estabilização passiva dessa coluna observamos a presença dos ligamentos longitudinais anterior e posterior, supraespinal e interespinal, intertransversário e amarelo. Além disso, realizando a estabilização ativa e também movimentando a coluna lombar, temos os músculos profundos formados pelos músculos iliocostal do lombo, intertransversários, rotadores curtos, multifídeos. Os músculos da região abdominal também geram movimento, neste caso observamos as ações dos músculos reto abdominal, oblíquo externo, oblíquo interno, transversos abdominal e quadrado lombar.

De acordo com a ação dos músculos da coluna os movimentos gerados são de flexão, extensão, flexão lateral e rotação. O movimento de flexão ocorre no plano sagital, no eixo látero-lateral, por meio de um deslocamento anterior do tronco promovido pela ação dos músculos reto abdominal e psoas maior. Já o movimento de extensão ocorre também no plano sagital e eixo látero-lateral, por meio de um deslocamento posterior do tronco, através da ação do eretor da espinha, multifídeos, semiespinal do tórax e glúteo máximo. Os movimentos de flexão lateral para a direita e para esquerda ocorrem no plano frontal e eixo ântero-posterior, caracterizado pelo deslocamento lateral do tronco com ação dos músculos oblíquo externo do abdome (parte anterior), oblíquos interno e externo do abdome (parte lateral), quadrado lombar, glúteo máximo, glúteo médio e adutor longo. E, por fim, na rotação o movimento dá-se pelo plano transversal e eixo longitudinal, com padrão de deslocamento rotacional do tronco através da contração dos músculos oblíquos externo e interno do abdome.

Avançando na prática

Fisioterapia na escola

Descrição da situação-problema

A Secretaria Municipal de Saúde observou uma alta demanda pelos serviços de Fisioterapia gerada pelas crianças com dores lombares. Frente a este desafio, designou um fisioterapeuta para atuar na rede escolar e verificar a prevalência de desvios posturais, para assim poder realizar um papel preventivo. Neste contexto, o fisioterapeuta foi até as escolas e analisou os desvios posturais da coluna lombar. Quais informações ele utilizou para poder verificar corretamente a prevalência e os possíveis fatores?

Resolução da situação-problema

A avaliação baseou-se na curvatura fisiológica da coluna lombar, a lordose, caracterizada como uma curvatura côncava posteriormente, tendo como modificações mais comuns a retificação da coluna lombar (diminuição da curvatura fisiológica)

e hiperlordose lombar (aumento da curvatura fisiológica), além da escoliose (desvio lateral da coluna), capazes de gerar dor na coluna lombar, pelo fato das modificações biomecânicas impostas, as quais alteram o equilíbrio corporal e o gasto energético. A hiperlordose possui como característica anatômica e funcional o encurtamento dos músculos iliopsoas e dos eretores da coluna. Na retificação há o encurtamento da musculatura abdominal e da musculatura glútea, e na escoliose há a inclinação da vértebra contralateralmente à rotação da vértebra.

Faça valer a pena

1. A localização do músculo permite a compreensão da sua função. E, neste contexto, é possível analisar quais músculos com localizações opostas atuam em relação de agonista/antagonista. Os desequilíbrios entre esses músculos na coluna vertebral são relatados como possíveis provocadores de desvios posturais, como no caso da hiperlordose lombar (acentuação da curvatura fisiológica da coluna lombar). Sobre a hiperlordose lombar analise os itens a seguir:

I – Provocada diretamente pela fraqueza do quadríceps e hipertonia dos isquiotibiais.

II – Provocada diretamente pelo enfraquecimento dos músculos abdominais e extensores do quadril e pelo encurtamento dos músculos eretores da coluna e iliopsoas.

III – Provocada diretamente pelo enfraquecimento dos músculos eretores da coluna e iliopsoas, enquanto que os músculos abdominais e extensores do quadril estão encurtados.

Baseado no exposto, é correto o que se afirma em:

- a) Somente a sentença I está correta.
- b) Somente a sentença II está correta.
- c) Somente a sentença III está correta.
- d) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- e) Somente as sentenças II e III estão corretas.

2. As vértebras da coluna lombar possuem suas faces articulares voltadas medialmente e lateralmente. Essa disposição facilita a realização de movimentos importantes do tronco. Na coluna lombar observamos, pela disposição das faces articulares medial/lateral, a possibilidade de realização de quais movimentos?

- I – Flexão.
- II – Extensão.
- III – Flexão lateral.
- IV – Rotação.

Assinale a alternativa que apresenta a composição correta.

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças III e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- d) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- e) Somente as sentenças I, II e III estão corretas.

3. A coluna lombar, por ser extremamente móvel, depende da atuação conjunta do sistema muscular e ligamentar para promover a estabilização necessária para que suas funções sejam executadas sem provocar lesões em estruturas importantes, como no disco intervertebral. Os músculos que atuam na estabilização segmentar ativa estão localizados profundamente e os ligamentos presentes nas vértebras fornecem a estabilização passiva.

Os ligamentos que atuam na coluna lombar são:

- a) Ligamentos longitudinais anterior e posterior, supraespinal e interespinal, intertransversário e amarelo.
- b) Ligamentos longitudinais anterior e posterior, cruzado anterior e posterior, interdiscal e amarelo.
- c) Ligamentos cruzado anterior e posterior, supraespinal e interespinal, interdiscal e amarelo.
- d) Ligamentos cruzado anterior e posterior, supraespinal e interespinal, intertransversário e condilar.
- e) Ligamentos longitudinais anterior e posterior, supraespinal e interespinal, intertransversário e condilar.

Seção 1.3

Biomecânica da coluna cervical, torácica e lombar

Diálogo aberto

Olá, aluno!

Hábitos comuns que executamos no nosso cotidiano nem sempre são saudáveis e podem comprometer a saúde da coluna vertebral. Como exemplos bem comuns, temos as posturas inadequadas no ambiente de trabalho e na execução de atividades laborais, assim como ao estudar estamos sujeitos a desenvolver posturas inadequadas que comprometerão a integridade das estruturas da coluna lombar. Até mesmo o ato de dormir (caso a postura não seja correta) pode desencadear uma série de problemas na coluna.

Vimos, no início desta unidade de ensino, que fisioterapeutas de uma clínica especializada no tratamento da coluna de uma grande cidade debatiam sobre a alta prevalência das desordens da coluna vertebral observadas em suas práticas clínicas. Um dos casos era o de Marcelo, um paciente jovem, de 35 anos de idade, que relatava como queixa inicial fortes dores na coluna vertebral. Durante a anamnese, Marcelo também relatou que as dores exacerbavam durante o trabalho e pioravam no final do dia, que tinha estilo de vida sedentário e, além disso, que trabalhava o dia todo sentado.

Nas duas discussões iniciais que tiveram como foco de debate as estruturas anatômicas das colunas cervical, torácica e lombar, já destacando alguns componentes cinesiológicos e biomecânicos, foi de entendimento geral dos fisioterapeutas da clínica que haveria a necessidade de um encontro adicional para aprofundamento sobre as questões que envolvessem a cinesiologia e a biomecânica destes segmentos, principalmente, para que Marcelo pudesse ter seu tratamento focado na função dos segmentos afetados. Baseado nestes pressupostos, o mediador (fisioterapeuta responsável pelo atendimento) estabeleceu como pontos centrais de discussão: a forma como acontece a análise biomecânica das colunas cervical, torácica e lombar e qual a sua importância para a avaliação e tratamento fisioterapêutico. Quais são as alterações biomecânicas mais comuns

na coluna vertebral e que podem estar acometendo Marcelo?

A resposta para esta e outras perguntas você encontrará na seção Não Pode Faltar.

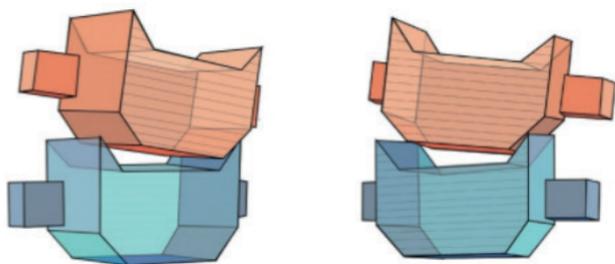
Bons estudos!

Não pode faltar

Como verificamos na Seção 1.1, a coluna cervical pode ser dicotomizada estruturalmente e funcionalmente em dois grupos: a região cervical superior, formada pelas vértebras atlas e áxis, que fazem a junção da coluna cervical com o crânio e a região cervical inferior, formada pelas vértebras de C3 a C7, que fazem as articulações intervertebrais cervicais, e C7 com a coluna torácica em T1.

De maneira geral, as faces articulares superiores da coluna cervical são orientadas para cima e para trás, enquanto que as inferiores são orientadas para baixo e para frente. Conjuntamente, temos a ação das articulações uncovertebrais e dos discos intervertebrais, que pela sua morfologia plana (superfícies do corpo vertebral e do disco intervertebral) se mobilizam apenas por meio do jogo mecânico (deslizam para frente e para trás e abrem-se em um sentido ou outro), conforme pode ser visualizado na Figura 1.12.

Figura 1.12 | Jogo mecânico vertebral – deslizamento



Fonte: Kapandji (2013, p. 317).

O movimento de flexão cervical consiste na inclinação para frente do corpo vertebral com bascula (deslocamento) para cima do arco posterior e deslizamento para cima da face articular. São ativados bilateralmente os músculos da região anterior cervical (músculos

reto lateral da cabeça, longo da cabeça, longo do pescoço e hioideos), bem como o músculo esternocleidomastoideo e esplênio do pescoço.

O movimento de extensão cervical consiste na báscula e translação para trás do corpo vertebral com migração do núcleo para frente. O arco posterior aproxima-se da vértebra subjacente e a face articulada desliza para baixo. São ativados os músculos esplênio da cabeça e do pescoço.

O movimento de inclinação lateral cervical é caracterizado por deslizamento diferencial das faces articulares, ou seja, na inclinação para direita a face articular da esquerda desliza para cima e a da direita para baixo, já na inclinação para a esquerda ocorre o oposto, com ativação unilateral dos músculos esternocleidomastoideo, esplênio do pescoço, esplênio da cabeça e levantador da escápula com a escápula estabilizada.

Na coluna cervical a inclinação é acompanhada pelo movimento de rotação, com ativação controlateral do músculo esternocleidomastoideo, esplênio do pescoço e esplênio da cabeça.

Ao analisar o complexo articular suboccipital, notam-se duas funções: prolongar os movimentos de flexão e extensão e eliminar o componente de associação de inclinação com rotação da cervical inferior, para permitir os três graus de liberdade.

O movimento de flexão do complexo articular suboccipital é gerado pela báscula anterior do occipital. Nessa báscula ocorre o deslizamento para trás do côndilo occipital sobre a face articular superior do atlas, seguido pelo arco anterior do atlas que se abaixa diante do dente, alargando, assim, o espaço entre os arcos posteriores e occipital. Ainda ocorre o rolamento das massas laterais do atlas sobre as faces superiores do eixo e a face articular inferior do atlas rola para a frente sobre a face articular do eixo. Na extensão do complexo articular suboccipital observam-se movimentos inversos ao da flexão, com ativação bilateral do músculo esternocleidomastoideo.

A rotação do complexo articular suboccipital consiste no deslizamento das faces condilianas occipitais sobre as faces articulares superiores do atlas, ou seja, na rotação para a esquerda, o côndilo direito avança e o côndilo esquerdo recua. O mesmo padrão é acompanhado pelas massas laterais do atlas: o ligamento

atlantoccipital lateral enrola-se sobre o dente do eixo e projeta o occipital para a esquerda, concomitantemente, o lado direito do occipital inclina-se ligeiramente para baixo. O dente do eixo serve como eixo de rotação para o atlas. São ativados os músculos da região anterior cervical unilateralmente (músculos reto lateral da cabeça, longo da cabeça, longo do pescoço e hioideos) de forma oposta à rotação.

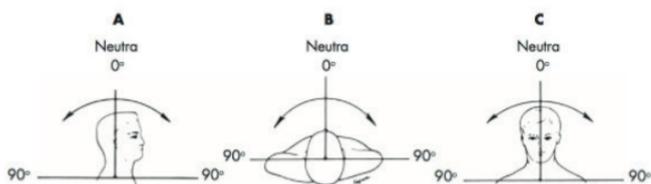
Na Tabela 1.2. e na Figura 1.13 encontra-se os planos e eixos de cada movimento que ocorre na coluna cervical, bem como uma média da amplitude de movimento.

Tabela 1.2 | Movimentos da coluna cervical

Movimento	Plano	Eixo	Adm
Flexão	Sagital	Mediolateral	60° a 65°
Extensão	Sagital	Mediolateral	60° a 65°
Inclinação	Frontal	Anteroposterior	45°
Rotação	Transversal	Longitudinal	Cabeça 80° a 90° Cervical 40° a 45°

Fonte: adaptada de Kapandji (2013).

Figura 1.13 | Movimentos cervicais

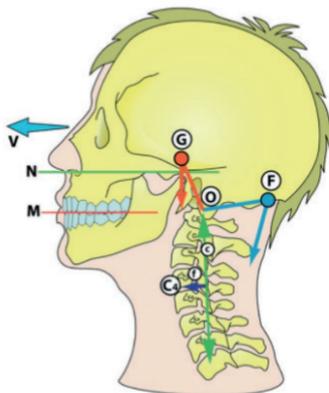


A – Movimentos de flexão de extensão. B – Movimentos de rotação. C – Movimentos de flexão lateral.

Fonte: Floyd (2011, p. 327).

A cabeça fica em equilíbrio instável sobre uma coluna também instável com um ponto de oscilação de uma alavanca de interapoio (alavanca de primeira classe), cuja resistência é o peso do crânio e a força é executada pelos músculos da nuca, conforme pode ser visualizado na Figura 1.14.

Figura 1.14 | Alavanca da cabeça sobre a coluna cervical



Legenda: V - direção do olhar. N - plano nasocular. M - plano mastigatório. G - peso do crânio. O - ponto de oscilação. F - força dos músculos da nuca. C4 - 4ª vértebra cervical. c - linha da lordose cervical.

Fonte: Kapandji(2013, p. 337).

As superfícies articulares das vértebras torácicas dispõem-se segundo um arco de círculo cujo centro fica no ponto médio do corpo vertebral, que possibilita o movimento de rotação, mas de pouca amplitude pela presença da caixa torácica.

A flexão da coluna torácica promove, no corpo vertebral, inclinação e deslizamento para frente, a qual é mantida pelos processos articulares inferiores que deslizam para cima, e, por fim, os ângulos das costelas abrem-se. Ativam-se bilateralmente os músculos reto abdominal e oblíquos externos e internos. A extensão ocorre de modo inverso com ativação bilateral dos músculos espinal, longuíssimo e iliocostais, bem como a musculatura profunda (multífidos, rotadores, interespinais, intertransversais e levantadores da costela).

A inclinação ou flexão lateral da coluna torácica dá-se da vértebra suprajacente sobre a subjacente. No lado da inclinação a face articular inferior desce e a do lado oposto sobe. Quanto às costelas, no lado da inclinação elas aproximam-se e no lado oposto, afastam-se. Ativam-se unilateralmente os músculos reto abdominal e oblíquos externos e internos, além dos músculos espinal, longuíssimo e iliocostais, bem como a musculatura profunda (multífidos, rotadores, interespinais, intertransversais, e levantadores da costela).

As articulações costovertebral e costotransversárias são conectadas do ponto de vista mecânico e possuem eixo oblíquo comum, em torno do qual a coluna torácica realiza a rotação. Nas costelas superiores esse eixo fica próximo à direção transversal e o movimento que ocorre é o de elevação com avanço da extremidade livre. Já nas costelas inferiores, o eixo tende a ser sagital, o qual gera elevação da costela com deslocamento externo (base do tórax). A ação do músculo oblíquo externo produz rotação contralateral. Na Tabela 1.3 encontram-se os planos, eixos e a média da amplitude de movimento dos movimentos da coluna torácica.

Na vista anterior os movimentos das costelas são de elevação (costelas superiores) e afastamento (costelas inferiores), enquanto que na vista lateral são de avanço (costelas superiores) e elevação (costelas inferiores).

Tabela 1.3 | Movimentos da Coluna Torácica

Movimento	Plano	Eixo	Adm
Flexão	Sagital	Mediolateral	40°
Extensão	Sagital	Mediolateral	40°
Inclinação	Frontal	Anteroposterior	20°
Rotação	Transversal	Longitudinal	35°

Fonte: adaptada de Kapandji (2013).

Na coluna lombar observa-se que a estabilidade lateral da coluna é fornecida pelos processos articulares que impedem qualquer movimento de deslocamento lateral do arco posterior, e a rotação se dá no interior dos processos articulares da vértebra subjacente.

O movimento de flexão da coluna lombar é acompanhado por uma inclinação para frente do corpo vertebral suprajacente, que migra o núcleo pulposo posteriormente, aumentando a pressão nas fibras posteriores do anel fibroso. Em relação à articulação lombossacral, os ligamentos iliolumbares e lombossacrais são tensionados e limitam abáscula, durante a flexão lombar. A flexão acontece devido à ação bilateral dos músculos quadrado lombar e psoas maior, além do reto abdominal e dos oblíquos externos e internos.

O movimento de extensão dá-se de modo inverso com ativação bilateral dos músculos espinal, longuíssimo e iliocostais, bem como a musculatura profunda (multífidos, rotadores, interespinais, intertransversais, e levantadores da costela).

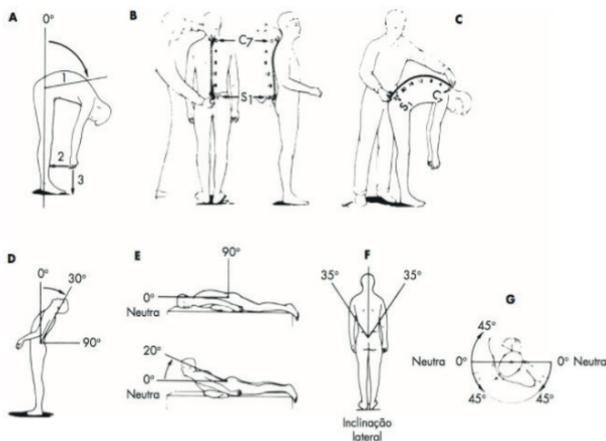
Já o movimento de inclinação lateral ocorre pela ação unilateral dos músculos quadrado lombar, psoas maior, reto abdominal e oblíquos externos e internos, além dos músculos espinal, longuíssimo e iliocostais, bem como a musculatura profunda (multífidos, rotadores, interespinais, intertransversais). Na Tabela 1.4 e na Figura 1.15, encontram-se os planos e eixos, além da média da amplitude de movimento de cada movimento da coluna lombar.

Tabela 1.4 | Movimentos da coluna lombar

Movimento	Plano	Eixo	Adm
Flexão	Sagital	Mediolateral	40°
Extensão	Sagital	Mediolateral	30°
Inclinação	Frontal	Anteroposterior	20° a 30°
Rotação	Transversal	Longitudinal	5°

Fonte: adaptada de Kapandji (2013).

Figura 1.15 | Movimentos do tronco



A – Flexão. B – Avaliação da Flexão. C – Flexão. D – Extensão. E – Extensão. F – Inclinação (flexão) lateral. G – Rotação.

Fonte: Floyd (2011, p. 327).

O centro de gravidade está posicionado anterior à coluna vertebral, aplicando um momento constante de curvatura para a frente, contrabalanceado pela tensão dos músculos extensores da coluna vertebral. E como estes músculos apresentam pequenos braços de momento, precisam gerar grandes forças para contrabalancear os torques produzidos sobre a coluna vertebral.



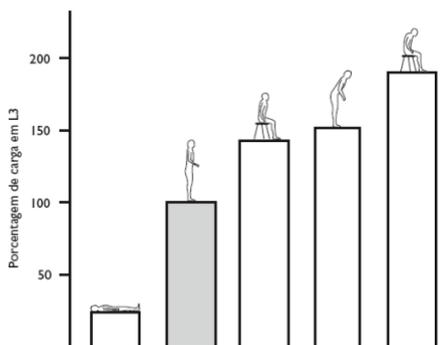
Pesquise mais

No texto de Gisela Rocha de Siqueira e Giselia Alves Pontes da Silva, intitulado "Alterações posturais da coluna e instabilidade lombar no indivíduo obeso: uma revisão de literatura", foi feito um levantamento bibliográfico sobre alterações posturais da coluna e o diagnóstico e tratamento da instabilidade segmentar vertebral de indivíduos obesos.

Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/fisio/article/view/21117/20259>>. Acesso em: 6 abr. 2018.

Quando o indivíduo assume a posição sentada, aumenta-se a compressão da coluna lombar e, caso haja flexão adicional, há novo aumento, o que piora com a má postura nesta posição. Esse aumento de carga ocorre pela rotação posterior da cintura pélvica e retificação da lordose lombar, que gera sobrecarga sobre o disco intervertebral. A pressão nos discos lombares modifica-se conforme a posição e a carga corporal, além de se deformarem ao longo do tempo transferindo parte da carga para as articulações zigoapofisárias, como pode ser visualizado na Figura 1.16.

Figura 1.16 | Carga sobre o disco lombar



Fonte: Hall (2016, p. 267).

A posição ereta também predispõe a coluna vertebral ao cisalhamento (forças que agem provocando deslocamento em planos diferentes), a qual apresenta-se com tendência de deslocamento superior da vértebra, fato que gera aumento de carga sobre as articulações zigoapofisárias, sendo necessária contração da musculatura extensora para contrabalancear. A tensão nos extensores do tronco aumenta conforme aumenta-se a flexão, e a tensão nos ligamentos interespinais aumenta a carga sobre as articulações zigoapofisárias.

Todavia, quando se realiza flexão lateral com rotação, ocorre padrão mais complexo de ativação muscular, com tensão nos músculos antagonistas produzindo parte dessas cargas compressivas e de cisalhamento sobre a coluna vertebral.



Exemplificando

A velocidade do movimento corporal aumenta drasticamente as forças de compressão e de cisalhamento sobre a coluna vertebral e eleva a tensão nos músculos paravertebrais.

Outro ponto importante no estudo da coluna vertebral, especificamente na coluna lombar, está na pressão intra-abdominal, a qual eleva-se quando se produz aumento no momento extensor (força extensora) do tronco, comum em atividades rotineiras como ao levantar uma carga à frente do corpo.

Assimile



As vértebras que formam a coluna vertebral aumentam progressivamente de tamanho no sentido crânio-caudal, ou seja, as vértebras lombares são maiores que as vértebras cervicais. Além disto, observam-se diferentes modificações nas orientações das articulações zigoapofisárias de acordo com as regiões. Nas colunas cervical, torácica e lombar, cada par de vértebras adjacentes é denominado segmento móvel, composto por três articulações e com discos intervertebrais que funcionam como amortecedores de impacto nas articulações vertebrais que sustentam carga. As capacidades de movimentos dos segmentos móveis da coluna

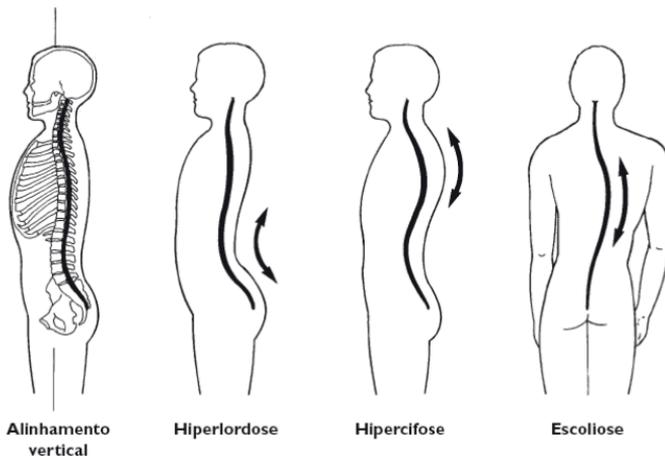
são influenciadas pelos pares direito e esquerdo das articulações zigoapofisárias superior e inferior. Os músculos do pescoço e do tronco podem promover a flexão e/ou rotação lateral do tronco quando atuam unilateralmente e a flexão ou extensão do tronco na ação bilateral. Sobre a coluna vertebral atuam forças como o peso corporal, a tensão nos ligamentos e a tensão nos músculos circundantes, além da pressão intra-abdominal e qualquer carga aplicada externamente. Os músculos vertebrais possuem braços de momento bastante pequenos e precisam produzir grandes forças para contrabalancearem os torques produzidos sobre a coluna.

Disfunções comuns na coluna vertebral ocorrem com as alterações das curvaturas fisiológicas, como a hiperlordose ou exagero da coluna lombar, associado com enfraquecimento dos músculos abdominais e inclinação anterior da cintura pélvica. Outros fatores como hiperextensão lombar repetitiva, limitação da extensão do quadril e obesidade podem contribuir para o surgimento deste desvio. Ela proporciona estresse compressivo sobre os elementos posteriores da coluna e pode desenvolver dor lombar.

Outra alteração é a hipercifose caracterizada pela exacerbação da coluna torácica, que pode ser resultado de anomalia congênita, de patologias que afetam a coluna, além de fatores biomecânicos, como no provocado pelo enfraquecimento dos músculos posteriores da coluna.

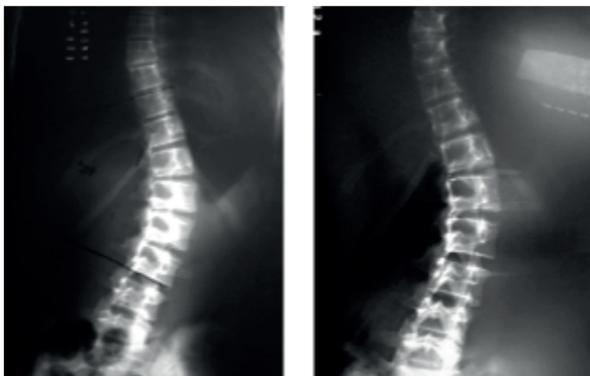
O desvio lateral da coluna denominado escoliose está associado à deformidade em rotação da vértebra, que faz surgir um desvio lateral em C ou em S e pode envolver as colunas lombar e torácica. Além disto, a escoliose possui formato tridimensional associando ao desvio lateral rotações contralaterais. A Figura 1.17 traz os principais desvios posturais, e a Figura 1.18, uma radiografia de um indivíduo com escoliose.

Figura 1.17 Alterações posturais



Fonte: Hall (2016, p. 254).

Figura 1.18 | Radiografia de uma escoliose



Fonte: Cardoso et al. (2010, p. 170).

A escoliose possui causas congênitas, diferença no comprimento do membro inferior e pode apresentar inflamação local. Existem dois tipos de escoliose, a estrutural e a não estrutural. A escoliose estrutural caracteriza-se pela presença de rotação no lado convexo da curva, a qual pode ser observada durante a flexão no teste de Adams. Já a escoliose não estrutural ou funcional é aquela estruturalmente “normal”, mas que apresenta a curvatura lateral por outra etiologia (diferença no comprimento de perna, espasmos musculares e condições inflamatórias).



Exemplificando

Teste de Adams para avaliação da escoliose: verificar a deformação provocada pela escoliose no plano frontal associada pela rotação no plano transverso para o lado da convexidade. A rotação torna o ângulo da costela do lado convexo mais proeminente e provoca a costela do corcunda.

Também é comum o surgimento de hérnia de disco, por meio da protusão de parte do núcleo pulposo, a partir do anel fibroso, sendo que a maior parte ocorre na região posterior ou posterolateral do disco. Na maioria das vezes possui origem traumática ou de estresse mecânico e afeta com frequência a C5, a C7 e entre L4 e S1 (como pode ser observado na Figura 1.19 de uma ressonância magnética com hérnia de disco em L5/S1).

Figura 1.19 | Hérnia de disco L5/S1



Fonte: Barros Filho, Kojima e Fernandes(2014, p. 134).



As disfunções do disco intervertebral são fontes comuns de dor lombar, mas nem todas causam sintomas. Dessa forma, quais seriam as causas teciduais para os sintomas dolorosos? Lesão direta na porção externa do anel fibroso, material nuclear que atravessa as barreiras do anel fibroso e causa pressão mecânica e irritação química das estruturas sensíveis à dor nos forames vertebrais, além da perda da dimensão vertical por degeneração discal. Essa ausência de padrão entre a disfunção e sintomas torna essencial avaliar corretamente os indivíduos.

Além disso, também precisam ser consideradas as lesões em chicote da região cervical. Essas lesões geralmente são provocadas por colisões automobilísticas, as quais provocam aceleração e desaceleração bruscas na coluna cervical, causando força de cisalhamento e momento de extensão na junção entre as colunas cervical e torácica. Pode resultar em lesão musculoesquelética e uma variedade de condições clínicas como cervicalgia, parestesia (alteração de sensibilidade: dormência ou formigamento), fraturas e trauma raquimedular.

Assim pode-se perceber que uso impróprio (postura e movimentos) da coluna vertebral ao longo do tempo gera sofrimento das estruturas osteoligamentares, disco intervertebral e/ou musculares, o que resulta em distensão aguda e espasmo muscular dos extensores da coluna, além de alterações mecânicas crônicas. E que, para uma avaliação fisioterapêutica ideal, deve ser realizada uma avaliação da coluna vertebral tridimensionalmente nas vistas anterior, posterior e lateral, e assim ter conhecimento das alterações da coluna e elaborar um plano de ação: reabilitação e orientações para uma melhor postura e para que pratique atividade física. Com esse plano de ação, o indivíduo pode conseguir realizar de forma mais harmônica os movimentos do dia a dia, prevenção de maiores lesões, melhora dos possíveis desvios da coluna e redução da dor, promovendo assim, saúde e qualidade de vida para o indivíduo.



Para que você possa compreender melhor e se aprofundar no assunto sobre escoliose, elencamos três artigos que tratam desde a ação muscular até o teste de Adams.

TAVARES JR., M. C. M. et al. Características anatomorradiológicas na escoliose idiopática do adolescente com indicação cirúrgica. **Revista brasileira de ortopedia**, v. 52, n. 3, p. 344-348, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbort/v52n3/pt_1982-4378-rbort-52-03-00344.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2018.

FERNANDES, L. et al. Qualidade de vida e funcionalidade em adolescentes com escoliose idiopática: estudo piloto. **Fisioter. Mov.**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 73-81, jan./mar. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fm/v25n1/a08v25n1.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

FERREIRA, D. M. A. et al. Avaliação da coluna vertebral: relação entre gibosidade e curvas sagitais por método não-invasivo. **Rev. Bras. Cineantropom Desempenho Hum.**, Presidente Prudente, v. 12, n. 4, p. 282-289, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcdh/v12n4/09.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

Sem medo de errar

O debate sobre o caso do Marcelo, das dores que pioravam após a jornada de trabalho e no final do dia, associado ao sedentarismo presente nas suas atividades, direcionou-se na importância da análise biomecânica da coluna vertebral para a avaliação e tratamento fisioterapêutico, principalmente no que se refere às alterações biomecânicas mais comuns na coluna. A partir disso, alguns questionamentos foram feitos: como acontece a análise biomecânica das colunas cervical, torácica e lombar e qual a sua importância para a avaliação e tratamento fisioterapêutico? Quais são as alterações biomecânicas mais comuns na coluna vertebral e que podem estar acometendo Marcelo?

De acordo com os fisioterapeutas, a coluna necessita ser avaliada em relação ao seu posicionamento e curvaturas de acordo com a posição e movimentos dos indivíduos. Na vista lateral, exibe

as curvaturas fisiológicas posteriores e anteriores que aumentam a resistência da coluna vertebral à compressão axial, sendo nas colunas cervical e lombar, a lordose (convexa anteriormente), e na coluna torácica, a cifose (convexa posteriormente). Com essa disposição o centro de gravidade recai no lado côncavo das curvas. A ausência de simetria, regiões retas ou angulações indicam desvios posturais (hiperlordose, hipercifose e/ou retificação), que podem ou não ser acompanhados de dores nas costas e disfunções. Na vista posterior, a coluna vertebral tem disposição retilínea e desvios laterais indicam a presença de escoliose. Este tipo de avaliação é muito útil na prática clínica por permitir a verificação de disfunções e assim atuar para evitar desgastes e dores futuras, além de direcionar para uma conduta ideal.

As alterações biomecânicas mais comuns estão relacionadas à pressão dos discos intervertebrais e à atuação do núcleo pulposo na sustentação da carga de compressão juntamente com as fibras (1,5 vezes a carga de compressão) do anel fibroso (4 a 5 vezes a carga de compressão), a qual modifica-se conforme a posição e a carga corporal, sendo que parte desta é transferida para as articulações zigoapofisárias. Quando essa carga é elevada, há o risco de desenvolvimento de hérnia de disco, por meio da protusão do núcleo pulposo sobre o anel fibroso, geralmente na região posterior ou posterolateral.

Os movimentos da coluna ocorrem pelo jogo mecânico das faces articulares superiores e inferiores que deslizam uma sobre a outra e geram os movimentos de flexão, extensão, flexão lateral e rotação. Estes movimentos são capazes de aumentar drasticamente as forças de compressão e cisalhamento sobre a coluna vertebral, tensionando os músculos paravertebrais e aumentando a pressão intra-abdominal.

Além disso, também existem as lesões em chicote da região cervical, que geralmente são provocadas por colisões automobilísticas, as quais provocam aceleração e desaceleração bruscas na coluna cervical, causando força de cisalhamento e momento de extensão na junção entre as colunas cervical e torácica. Pode resultar em lesão musculoesquelética e uma variedade de condições clínicas como cervicalgia, parestesia (alteração de sensibilidade: dormência ou formigamento), fraturas e trauma raquimedular. Essas alterações podem modificar a biomecânica da coluna cervical.

Assim, o uso impróprio (postura e movimentos) da coluna vertebral ao longo do tempo gera sofrimento das estruturas osteoligamentares, disco intervertebral e/ou musculares, o que resulta em distensão aguda e espasmo muscular dos extensores da coluna, além de alterações mecânicas crônicas.

Avançando na prática

Lesões da Coluna e a Prática de Esportes

Descrição da situação-problema

A execução da prática esportiva tem sido comumente associada com lesões da coluna e alterações degenerativas deste segmento, como no levantamento de peso, no futebol, na ginástica. Rodrigo, atleta de final de semana, todos os sábados reunia-se com seus amigos para uma partida de voleibol, mas com frequência se lesionava e sentia sua coluna “travar”. Há alguns dias procurou Fisioterapia para reduzir a frequência dessas dores na coluna após as suas partidas de final de semana. Agora reflita, se a prática esportiva é estimulada por fisioterapeutas do mundo todo, porque ela é responsável por muitas lesões na coluna? Como a Fisioterapia pode atuar?

Resolução da situação-problema

O indivíduo que realiza a prática esportiva, seja ela voleibol, futebol ou handebol predispõe a coluna a uma carga mecânica considerável, fator de risco para o desenvolvimento de lesões na coluna e, conseqüentemente, de dores nesta região, mas não é correto concluir que o esporte e a atividade física sejam as principais causas de dor e lesões da coluna, todavia, a carga adicional que estas atividades impõem sobre as estruturas biológicas da coluna podem constituir um pré-requisito para o desenvolvimento de uma cadeia lesional.

O fisioterapeuta do Rodrigo trabalhou a normalização da força e a flexibilidade dos músculos da coluna e das cinturas pélvica e escapular. Além disto, trabalhou com educação em saúde, tendo em vista que o conhecimento da relação de carga

e capacidade funcional da coluna é fundamental para a execução de gestos harmoniosos e com menor risco de desenvolvimento de sobrecargas, analisando as demandas de força e flexibilidade, uma vez que a prática esportiva e o exercício físico atuam diretamente sobre a carga imposta na coluna vertebral.

Faça valer a pena

1. Questão adaptada do ENADE de 2007.

Na disciplina Fisioterapia na Saúde do Trabalhador, o professor solicitou que os alunos procurassem as agências bancárias da cidade e verificassem as principais demandas que envolvem a saúde do trabalhador para depois desenvolverem um trabalho de orientação de saúde. De acordo com o encontrado pelos alunos, havia uma necessidade latente de orientações voltadas para a prevenção de algias e afecções da coluna vertebral. No planejamento das estratégias de orientação de saúde, os Fisioterapeutas deveriam incluir:

I – Noções básicas de anatomia e biomecânica da coluna vertebral.

II – Informações quanto à importância da prática de atividade física regular com a promoção e prevenção de dor e desvios posturais da coluna vertebral.

III – Indicação de tratamentos específicos para as afecções e algias detectadas.

IV – Informações sobre posturas adequadas a serem adotadas no ambiente de trabalho e no dia a dia.

Assinale a alternativa na qual todas as ações descritas estão corretas:

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

2. Questão adaptada do ENADE de 2007.

Lia é assistente jurídica, casada e mãe de uma filha de 12 anos chamada Sarah, que nos últimos meses, tem apresentado um crescimento muito rápido e com a presença de alteração na coluna vertebral. Segundo a mãe, tais alterações caracterizam-se principalmente por desvio lateral da coluna torácica. Na avaliação fisioterapêutica foi encontrada assimetria na altura dos ombros e na altura da crista ilíaca. Em seguida, realizou-se o seguinte

teste: Sarah foi posicionada em pé, com os braços ao longo do corpo e os pés em posição natural. Ofisioterapeuta solicitou que ela inclinasse o corpo para a frente e, durante a realização do teste, ficou atrás de Sarah, com os olhos no mesmo nível das vértebras.

O teste realizado é chamado de Adams e tem por objetivo identificar:

- a) Possíveis alterações dos membros inferiores e a mensuração do grau de escoliose, permitindo classificar em graus de I a IV.
- b) Alterações relacionadas à hiperlordose lombar e indicação de quais músculos devem ser trabalhados na reabilitação.
- c) O grau do ângulo de Cobb relacionado à escoliose toracodorsal e de rotação vertebral, permitindo classificar em graus de I a IV.
- d) A ocorrência de gibosidades (um lado mais alto que o outro no tronco), indicando uma possível escoliose.
- e) A ocorrência de cifose torácica e rotação vertebral de origem idiopática.

3. A boa postura, seja em jovens, adultos ou idosos, depende de ajustes no sistema musculoesquelético com vistas a equilibrar e distribuir os esforços das atividades executadas diariamente. Neste sentido, é comum observar que frente às características das demandas laborais atualmente, esteja muito prevalente a ocorrência de desvios posturais como a hiperlordose, a hiperlordose e a escoliose.

A avaliação da existência de uma possível hiperlordose lombar requer que o fisioterapeuta verifique:

- a) A coluna vertebral na vista posterior, na busca por assimetrias laterais que caracterizem a hiperlordose lombar.
- b) A coluna vertebral na vista anterior, na busca por assimetrias laterais que caracterizem a hiperlordose lombar.
- c) A coluna vertebral na vista lateral, na busca por exacerbação da concavidade posterior da coluna lombar que caracterize a hiperlordose lombar.
- d) A coluna vertebral na vista posterior, na busca por retificação ou aplainamento da coluna lombar que caracterize a hiperlordose lombar.
- e) A coluna vertebral na vista lateral, na busca por exacerbação da concavidade anterior da coluna lombar que caracterize a hiperlordose lombar.

Referências

- BARROS FILHO, T.P.; KOJIMA, K.E.; FERNANDES, T. **Casos clínicos em ortopedia e traumatologia**: guia prático para formação e atualização em ortopedia. Barueri: Manole, 2014.
- CARDOSO, L.R. et al. Análise clínica e radiográfica pré e pós-tratamento conservador na escoliose idiopática do adolescente: estudo de caso. **ConScientiae Saúde**, v. 10, n. 1, p. 166-74, 2011.
- FAIZ, O.; BLACKBURN, D. M.; MOFFAT, D. **Anatomia básica**: guia ilustrado de conceitos fundamentais. 3. ed. Barueri: Manole, 2013.
- FERNANDES, L. et al. Qualidade de vida e funcionalidade em adolescentes com escoliose idiopática: estudo piloto. **Fisioter Mov**, v. 25, n. 1, p. 73-81, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fm/v25n1/a08v25n1.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- FERREIRA, DALVA MINONROZE ALBUQUERQUE et al. Avaliação da coluna vertebral: relação entre gibosidade e curvas sagitais por método não-invasivo. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**. Universidade Federal de Santa Catarina, v. 12, n. 4, p. 282-289, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcdh/v12n4/09.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- FLOYD, R.T. **Manual de cinesiologia estrutural**. 16. ed. Barueri: Manole, 2011.
- GOUVEIA, K. M. C.; GOUVEIA, E. C. O músculo transverso abdominal e sua função de estabilização da coluna lombar. **Fisioter. Mov.**, v. 21, n. 3, p. 45-50, 2008.
- HALL, S.J. **Biomecânica básica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
- HAMILL, J. **Bases biomecânicas do movimento humano**. 3. ed. Barueri: Manole, 2012.
- HOUGLUM, P.A. **Cinesiologia clínica de Brunnstrom**. Barueri: Manole, 2014.
- KAPANDJI, A.I. **O que é biomecânica**. Barueri: Manole, 2013.
- MARTINI, F. H.; TIMMONS, M. J.; TALLITSCH, R. B. **Anatomia humana**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- MOORE, K. L.; AGUR, A. M. R.; DALLEY, A. F. **Anatomia Orientada para Clínica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017b.
- _____. **Fundamentos de Anatomia Clínica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017a.
- OATIS, C.A. **Cinesiologia**: a mecânica e a patomecânica do movimento humano. Barueri: Manole, 2014.
- OMAR, F. **Anatomia básica**: guia ilustrado de conceitos fundamentais. Barueri: Manole, 2003.
- SIQUEIRA, G.R.; SILVA, G.A.P. Alterações posturais da coluna e instabilidade lombar no indivíduo obeso: uma revisão de literatura. **Fisioterapia em Movimento**, v. 24, n. 3, set. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/fisio/article/view/21117/20259>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

TAVARES JUNIOR, M.C.M. et al. Características anatomorradiológicas na escoliose idiopática do adolescente com indicação cirúrgica. **Rev Bras Ortop.** v. 52, n. 3, p. 344-8, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbort/v52n3/pt_1982-4378-rbort-52-03-00344.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2018.

TEIXEIRA, T. et al. Estudo biomecânico da coluna cervical com patologia. **Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería.** v. 33, n. 2, p. 72-78, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213131515000668>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

TORTORA, G. J.; NIELSEN, M. T. **Princípios de anatomia humana.** 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.

VALERIUS, K. P. et al. **O Livro dos Músculos:** anatomia, testes, movimentos. São Paulo: Santos, 2013.

VASCONCELOS, G. A. R. et al. Avaliação postural da coluna vertebral em escolares surdos de 7-21 anos. **Fisioterapia em Movimento.** Curitiba, v. 23, n. 3, p. 371-380, jul-set, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fm/v23n3/a04v23n3>>. Acesso em: 23 mar. 2018.

ZATSIORSKY, V.M. **Biomecânica no esporte:** performance do desempenho e prevenção de lesão. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

Estudo morfofuncional do quadril e das articulações sacroilíacas

Convite ao estudo

As modificações no estilo de vida, oriundas da evolução tecnológica e alterações nas demandas do mercado de trabalho, culminaram em uma geração muito exposta ao sedentarismo e seus efeitos. Estas atividades são capazes de provocar mudanças nas estruturas corporais e, em algumas vezes, podem até gerar lesões, sendo algumas muito prevalentes como a escoliose, a obesidade, as modificações biomecânicas na execução de atividades rotineiras, desequilíbrios musculares, dores e inflamações.

Você percebeu algo em comum com os problemas expostos? Pois bem, todos podem provocar dores nas articulações sacroilíacas e quadris, difíceis de serem identificadas e, conseqüentemente, de diagnóstico complexo. Portanto, os conhecimentos dos componentes morfofuncionais são fundamentais para a formação do fisioterapeuta, para que possam executar procedimentos avaliativos e reabilitativos de forma correta, assertiva e eficiente.

No tocante a esta temática, teremos como contexto de aprendizagem o caso do Thiago, atleta de tênis bem ranqueado pela ATP (Associação de Tenistas Profissionais), que, pelos movimentos repetitivos de alta exigência de valências físicas e motoras, como a coordenação motora, agilidade, potência muscular, força muscular e condicionamento físico, contribuiu para o surgimento de lesões, como a que atualmente o afetou: a síndrome do impacto do quadril, a qual impacta nas articulações do quadril e sacroilíaca. Como seu calendário

esportivo estava repleto de partidas e competições, procurou seu fisioterapeuta para realizar avaliação cinético-funcional e tratar as lesões para que pudesse voltar a atuar em alto nível.

Para que o fisioterapeuta possa desenvolver adequadamente a avaliação cinético-funcional, é fundamental que ele domine os conteúdos morfofuncionais dos segmentos lesionados, ou seja, as articulações do quadril e sacroilíaca. Dessa forma, recomenda-se a adoção de rotineiras revisitações aos conteúdos que abordam a articulação do quadril e os músculos que estão relacionados, assim como a articulação sacroilíaca e os músculos que a compõem, e, por fim, entender como se dá a dinâmica do movimento nessas duas articulações.

Seção 2.1

Estudo morfofuncional do quadril e das articulações sacroilíacas

Diálogo aberto

Olá, aluno! O tempo todo somos informados pelas mídias que a prática de atividade física é sinônimo de saúde. Essa máxima está bem estabelecida na sociedade como um todo e nela observamos ampla oferta de serviços que nos permitem acessar práticas que geram resultados positivos para o bem-estar físico, social e mental. Entretanto, você já pode ter ouvido ou lido que a prática esportiva tem um risco potencial para o desenvolvimento de lesões, isto se dá principalmente naqueles esportes que trabalham com rotações ou com ações explosivas, como a aceleração e desaceleração bruscas. Este risco potencial atinge índices ainda maiores quando o indivíduo que pratica alguma atividade física, a faz de maneira inadequada. Quantas vezes vimos grandes atletas estarem lesionados pela sobrecarga de partidas ou por terem realizado algum movimento incorreto, não é mesmo? Você já pensou em quais lesões são as mais comuns?

Dentre as lesões mais comuns nos praticantes de modalidades esportivas estão as tendinites e os estiramentos musculares, mas há grande destaque para a síndrome do impacto femoroacetabular, ou do quadril, a qual afeta cerca de 10% da população, sendo a grande maioria composta por atletas.

Como exemplo temos o caso do atleta de tênis Thiago e sua lesão de síndrome do impacto do quadril.

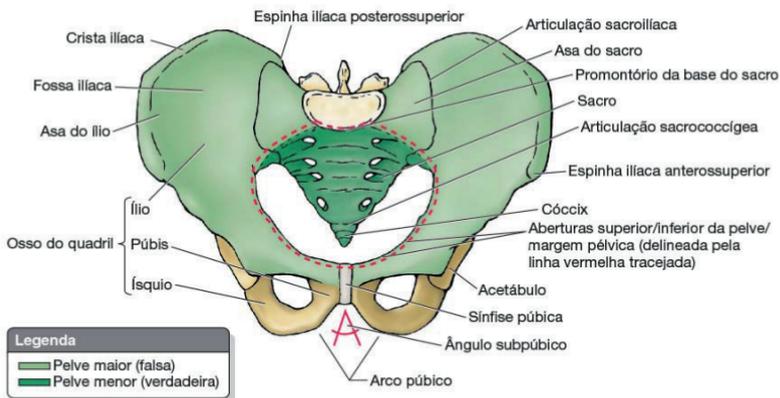
Durante a partida de tênis, movimentos específicos ocorrem de maneira repetitiva, como por exemplo, a rotação de tronco apoiada nas pernas durante a execução do saque, ou durante a execução de um movimento de *forehand* (ataque pela direita) ou de *backhand* (ataque pela esquerda). Esses movimentos são capazes de lesionar as estruturas anatômicas articulares do quadril, portanto, o fisioterapeuta que prestará o atendimento para o Thiago, necessita

ter amplo domínio morfofuncional desse segmento. Nesse contexto, para que a avaliação seja realizada adequadamente e o tratamento tenha seus objetivos alcançados, o fisioterapeuta ficou se questionando: quais os componentes anatômicos que compõem a articulação do quadril? Como funciona a estabilização do quadril? Quais músculos geram os movimentos do quadril e qual a inervação responsável por eles? Quais os movimentos que ocorrem no quadril? Vamos ajudar o fisioterapeuta a responder essas questões e, assim, compor adequadamente os procedimentos necessários para reabilitar seu atleta?

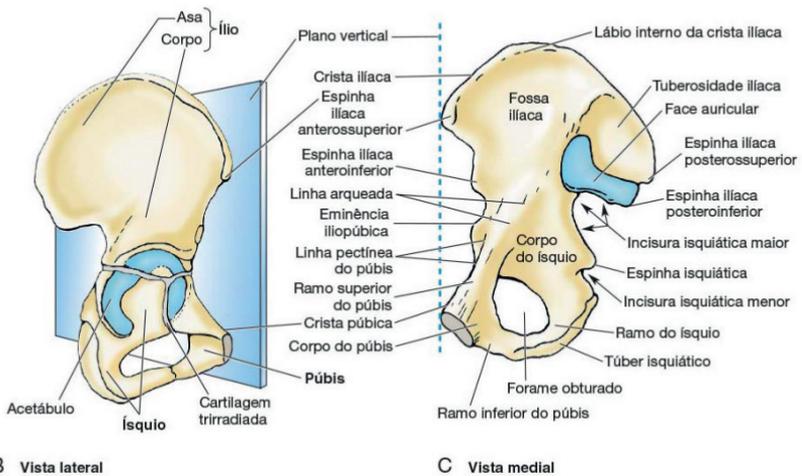
Não pode faltar

Para entendermos a formação do quadril, iniciaremos os nossos estudos discutindo sobre o cingulo do membro inferior (Figura 2.1), localizado inferiormente ao abdômen e à coluna lombar, formada pelos dois quadris e sacro. Sua função essencial está no estabelecimento de ligação entre a coluna lombar e o fêmur, além de fornecer estabilidade do cingulo do membro inferior para a transferência de carga do tronco para os membros inferiores. Anteriormente temos a sínfise púbica cartilaginosa e posteriormente as articulações sacroilíacas.

Figura 2.1 | Cingulo do membro inferior



A Vista anterior



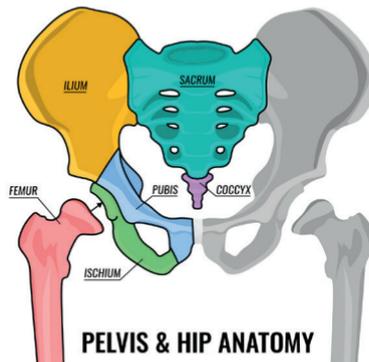
B Vista lateral

C Vista medial

Fonte: Moore, Dalley e Agur (2017a, [s.p]).

No cingulo do membro inferior temos o quadril, formado pela junção de três ossos da cintura pélvica: ílio, ísquio e púbis (Figuras 2.1 e 2.2), formando o acetábulo que recebe a cabeça do fêmur. A cabeça do fêmur articula-se com o acetábulo, formando uma articulação sinovial esferóideia, denominada articulação do quadril (articulação coxofemoral). O colo do fêmur sustenta a cabeça do fêmur com direção oblíqua superior e medialmente. A articulação é completada por um anel de cartilagem, o lábio do acetábulo, que tem por função aumentar a área da cápsula articular.

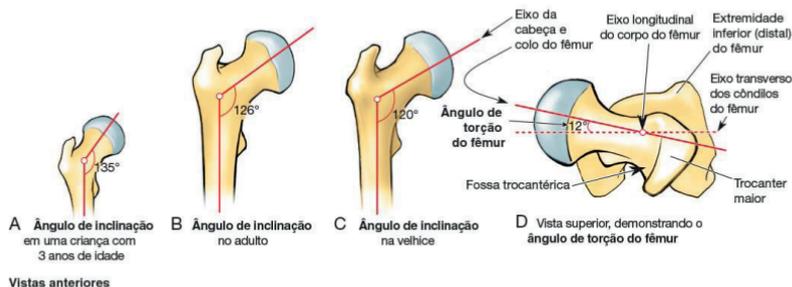
Figura 2.2 | Ossos do quadril



Fonte: <<https://www.istockphoto.com/br/vetor/esquema-de-anatomia-da-pelve-gm903703718-249238997>>. Acesso em: 10 maio 2018.

O eixo da cabeça do fêmur e do colo do fêmur e o eixo transversal dos côndilos do fêmur se cruzam no eixo longitudinal do corpo do fêmur, formando o ângulo de torção ou de declinação (Figura 2.3), sendo que existe uma diferença no valor desse ângulo, entre homens e mulheres, 7° nos homens e 12° nas mulheres. Este ângulo permite que movimentos giratórios da cabeça do fêmur dentro do acetábulo sejam convertidos em flexão e extensão, abdução e adução e em movimentos rotacionais da coxa.

Figura 2.3 | Ângulos de inclinação e ângulo de torção do fêmur



Fonte: Moore, Agur e Dalley (2017a, [s.p.]).

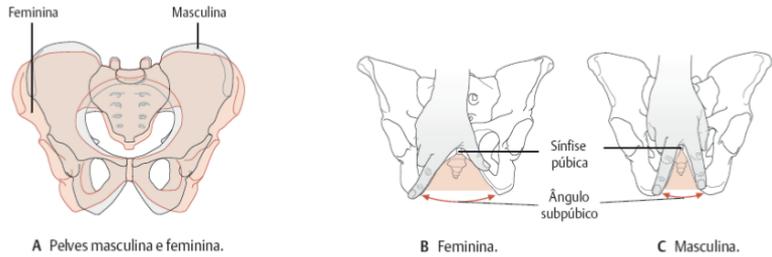
Na pelve existem pontos anatômicos importantes, destes destacam-se, no ílio, uma borda óssea em torno da cintura chamada de crista ilíaca; na região anterior dessa borda há a espinha ilíaca anterossuperior, logo abaixo a espinha ilíaca anteroinferior e na região posterior a espinha ilíaca posterossuperior. Estes são pontos importantes e muito utilizados na avaliação fisioterapêutica.



Refleta

As cinturas pélvicas masculina e feminina possuem diferenças estruturais importantes, o que capacita cada uma delas a desenvolver funções distintas, como no caso da mulheres para a gestação, em que as cinturas pélvicas modificam o posicionamento articular, tornando o quadril apto para o momento do parto, pois a pelve feminina tem formato cilíndrico, com abertura superior mais extensa e arredondada, com acetábulo pequeno e incisuras isquiáticas maiores, os quais formam um ângulo de quase 90° e incisuras isquiáticas menores que se apresentam na forma da letra V invertida (Figura 2.4).

Figura 2.4 | Pelves masculina e feminina



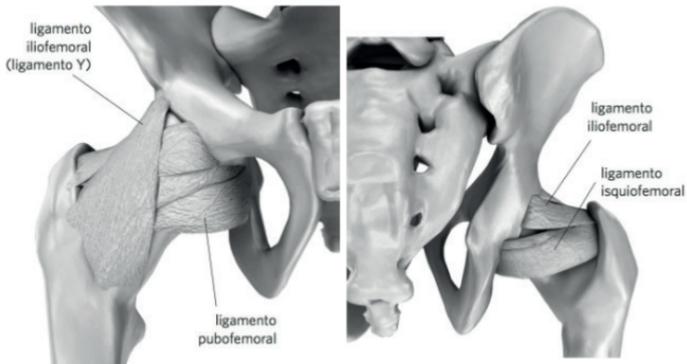
Fonte: Gilroy (2017, [s.p]).

A articulação do quadril é mantida por uma cápsula espessa e resistente, reforçada por ligamentos potentes que se encontram sobretudo anteriormente: ligamentos iliofemorais (possuem forma de “Y” e reforçam a articulação anterior e superiormente) e o pubofemoral (reforça anteriormente e inferiormente), formando três feixes dispostos em “N”:

- Feixe superior: do ílio à linha intertrocantérica.
- Feixe médio: do ílio à parte distal da linha intertrocantérica (ligamento iliofemoral).
- Feixe inferior: pubofemoral.

Posteriormente os ligamentos estão dispostos em espiral, são menos potentes que os anteriores e apresentam fibras circulares profundas que reforçam a parte central da cápsula, tendo a presença do ligamento isquiofemoral (Figura 2.5).

Figura 2.5 | Ligamentos do quadril



Fonte: Gilroy (2017, p. 410).



Cada osso do quadril consiste na junção de três ossos separados (ílio, ísquio e púbis) que estão fundidos no adulto. No local que esses três ossos se ossificam, existe uma depressão circular grande, o acetábulo, que recebe a cabeça do fêmur e forma a articulação do quadril (coxofemoral).

A estrutura do cingulo do membro inferior é adaptável para suporte e locomoção, é unido anteriormente pela sínfise púbica, e é ligado posteriormente ao sacro pela articulação sacroilíaca. O cingulo do membro inferior também suporta e protege as vísceras inferiores e os órgãos genitais internos.

As ações musculares que atuam no quadril podem ser divididas em grupos de acordo com as suas funcionalidades e localizações. Os músculos que atuam simultaneamente nas articulações do quadril e do joelho permitem movimentos amplos e oscilatórios, dinâmicos e poderosos, em contraste aos movimentos rápidos dos músculos mais curtos relacionados ao equilíbrio e sustentação do corpo nas articulações do quadril. Cabe destacar ainda que os músculos pelvotrocantérianos (rotadores laterais que se inserem nestes pontos) atuam tanto na mobilidade quanto na estabilização articular, enquanto que os músculos maiores e biarticulares geram grande braço de alavanca e conseguem atuar de maneira eficiente na produção de movimentos amplos.

Além disto, os músculos do quadril desempenham importante função na dor ciática, pelo fato do nervo isquiático passar pelo forame isquiático maior, entre os músculos piriforme e o gêmeo superior, os quais podem sofrer espasmos e comprimi-lo.

Os músculos que atuam sobre a articulação do quadril estão apresentados no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 | Músculos com ação no quadril

Músculo	Origem	Inserção	Inervação	Ação
Psoas Maior	T12 a L4 e discos intervertebrais.	Trocânter menor do fêmur.	Plexo lombar (L1, L2 e L3).	Flexão e rotação externa do quadril/coxa.
Íliaco	Fossa ilíaca.	Trocânter menor do fêmur.	Nervo femoral (L2 a L4).	Flexão e rotação externa do quadril/coxa.

Glúteo máximo	Sacro, ílio, aponeurose toracolombar e ligamento sacrotuberal.	Trato iliotibial (fibras superiores) e tuberosidade glútea (fibras inferiores).	Nervo glúteo inferior (L5 a S2).	Extensão e rotação externa do quadril/coxa. Abdução do quadril/coxa (fibras superiores) e adução da coxa (fibras inferiores).
Glúteo médio	Ílio	Trocânter maior do fêmur.	Nervo glúteo superior (L4 a S1).	Abdução do quadril/coxa, estabiliza a pelve no plano frontal. Flexão e rotação interna da coxa (parte anterior). Extensão e rotação externa do quadril/coxa (parte posterior).
Glúteo mínimo	Ílio	Trocânter maior do fêmur.	Nervo glúteo superior (L4 a S1).	Abdução do quadril/coxa, estabiliza a pelve no plano frontal. Flexão e rotação interna do quadril/coxa (parte anterior). Extensão e rotação externa da coxa (parte posterior).
Tensor da fásia lata	Espinha ilíaca anterossuperior.	Trato iliotibial.	Nervo glúteo superior (L4 a S1).	Tensiona a fásia lata. Abduz, flexiona e roda medialmente o quadril/coxa.
Piriforme	Face pélvica do sacro.	Ápice do trocânter maior do fêmur.	Plexo sacral (S1, S2).	Rotação externa, abdução e extensão do quadril/coxa. Estabilização do quadril.
Obturator interno	Superfície interna da membrana obturadora e seus limites ósseos.	Superfície medial do trocânter maior	Plexo sacral (L5, S1).	Rotação externa, adução e extensão do quadril/coxa. Ativo na abdução, dependendo da posição da articulação. Estabilização do quadril.
Gêmeos	Gêmeo superior: espinha isquiática. Gêmeo inferior: túber isquiático.	Conjuntamente com o tendão do músculo obturador interno.	Plexo sacral (L5, S1).	Rotação externa, adução e extensão do quadril/coxa. Ativo na abdução, dependendo da posição da articulação. Estabilização do quadril.
Quadrado femoral	Margem lateral do túber isquiático.	Crista intertrocanterica do fêmur.	Plexo sacral (L5, S1).	Rotação externa e adução do quadril/coxa.

Fonte: adaptado de Gilroy (2017, p. 398).

Na face medial da coxa encontramos os músculos apresentados no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 | Músculos mediais da coxa

Músculo	Origem	Inserção	Inervação	Ação
Pectíneo	Linha pectínea do púbis.	Fêmur.	Nervo femoral e nervo obturatório (L2, L3).	Adução, rotação externa e flexão leve da coxa. Estabilização da pelve nos planos frontal e sagital.
Adutor longo	Ramo superior do púbis e superfície anterior da sínfise púbica.	Fêmur	Nervo obturatório (L2 a L4).	Adução e flexão (até 70°) e extensão (além de 80° de flexão) da coxa. Estabiliza a pelve nos planos frontal e sagital.
Adutor curto	Ramo inferior do púbis.	Fêmur	Nervo obturatório (L2 a L4).	Adução, flexão (até 70°) e extensão (além de 80° de flexão) da coxa. Estabiliza a pelve nos planos frontal e sagital.
Grácil	Ramo inferior do púbis, abaixo da sínfise púbica.	Tíbia	Nervo obturatório (L2, L3).	Adução e flexão da coxa. Flexão e rotação medial da perna.
Obturator externo	Superfície externa da membrana obturadora e seus limites ósseos.	Fossa trocantérica do fêmur.	Nervo obturatório (L3, L4).	Adução e rotação lateral da coxa. Estabiliza a pelve no plano sagital.
Adutor magno	Ramo inferior do púbis, ramo do ísquio e túber isquiático.	Parte profunda: lábio medial da linha áspera. Parte superficial: tubérculo do adutor no fêmur.	Parte profunda: nervo obturatório (L2 a L4). Parte superficial: nervo tibial (L4).	Adução, extensão e leve flexão da coxa. Estabiliza a pelve nos planos frontal e sagital.

Fonte: adaptado de Gilroy (2017, p. 401).

Os músculos anteriores e posteriores da coxa são classificados como flexores e extensores, respectivamente, por suas ações na articulação do joelho. Esses músculos anteriores, posteriores e também os músculos mediais e laterais da coxa estão apresentados nas Figuras 2.5, 2.6 e 2.7, sendo que os anteriores e posteriores também estão descritos nos Quadros 2.3 e 2.4.

Quadro 2.3 | Músculos anteriores da coxa.

Músculo	Origem	Inserção	Inervação	Ação
Sartório	Espinha ilíaca anterossuperior.	Medial à tuberosidade da tíbia (junto com os músculos grácil e semitendíneo).	Nervo femoral (L2, L3).	Flexão, abdução e rotação externa da coxa. Flexão e rotação interna da perna.

Reto femoral*

Espinha ilíaca anteroinferior.

Tuberosidade da tibia.

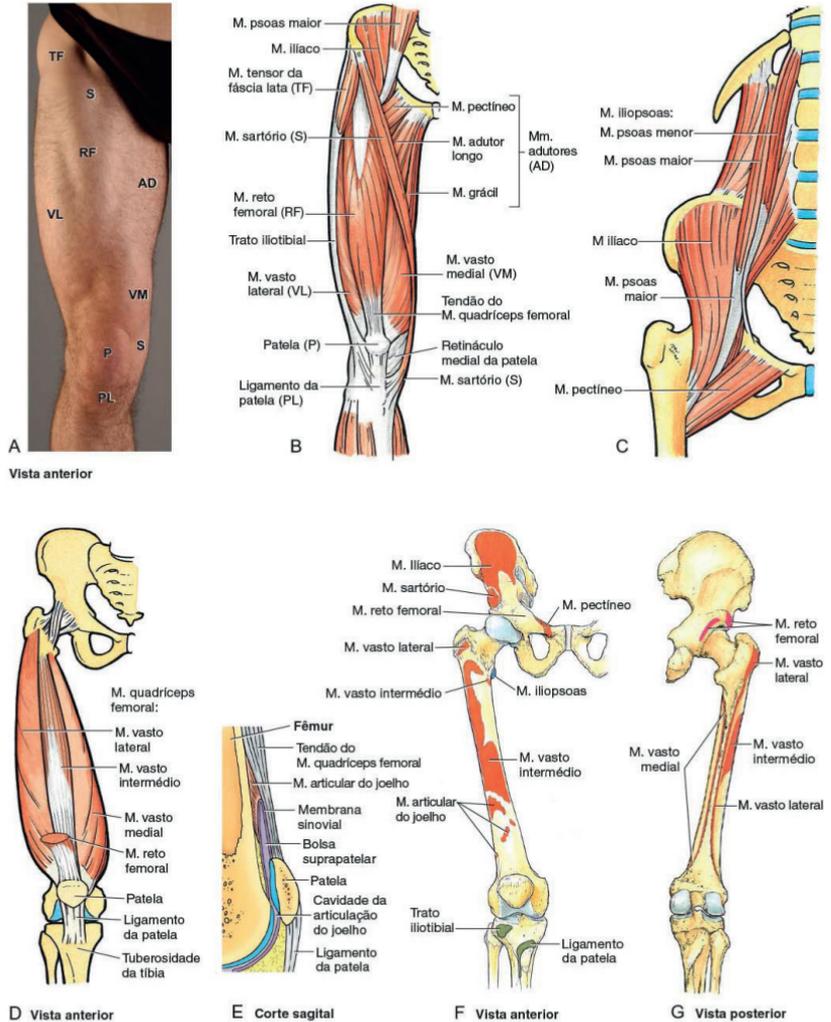
Nervo femoral (L2 a L4).

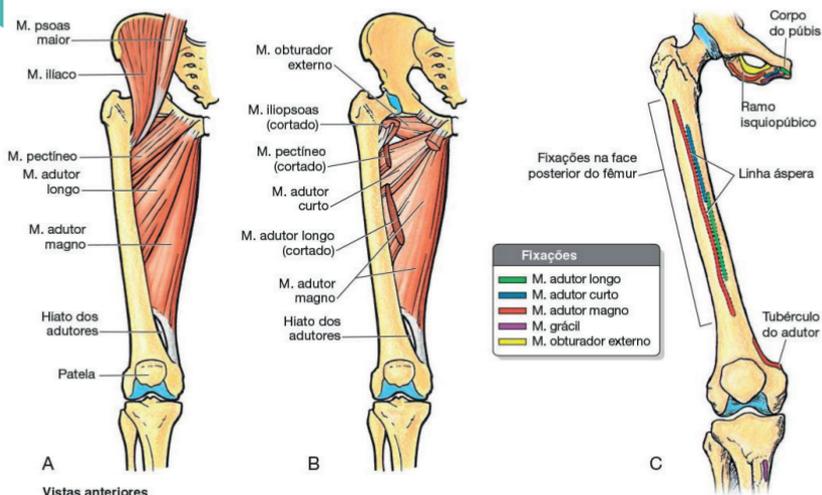
Flexão da coxa e extensão do joelho.

* o reto femoral, juntamente com os músculos vasto medial, vasto lateral e vasto intermédio, formam o músculo quadríceps. O reto femoral, por ser músculo biarticular, atua na coxa e na perna, porém os outros atuam apenas na perna e serão vistos na Unidade 3.

Fonte: adaptado de Gilroy (2017, p. 402).

Figura 2.6 | Músculos anteriores e mediais da coxa





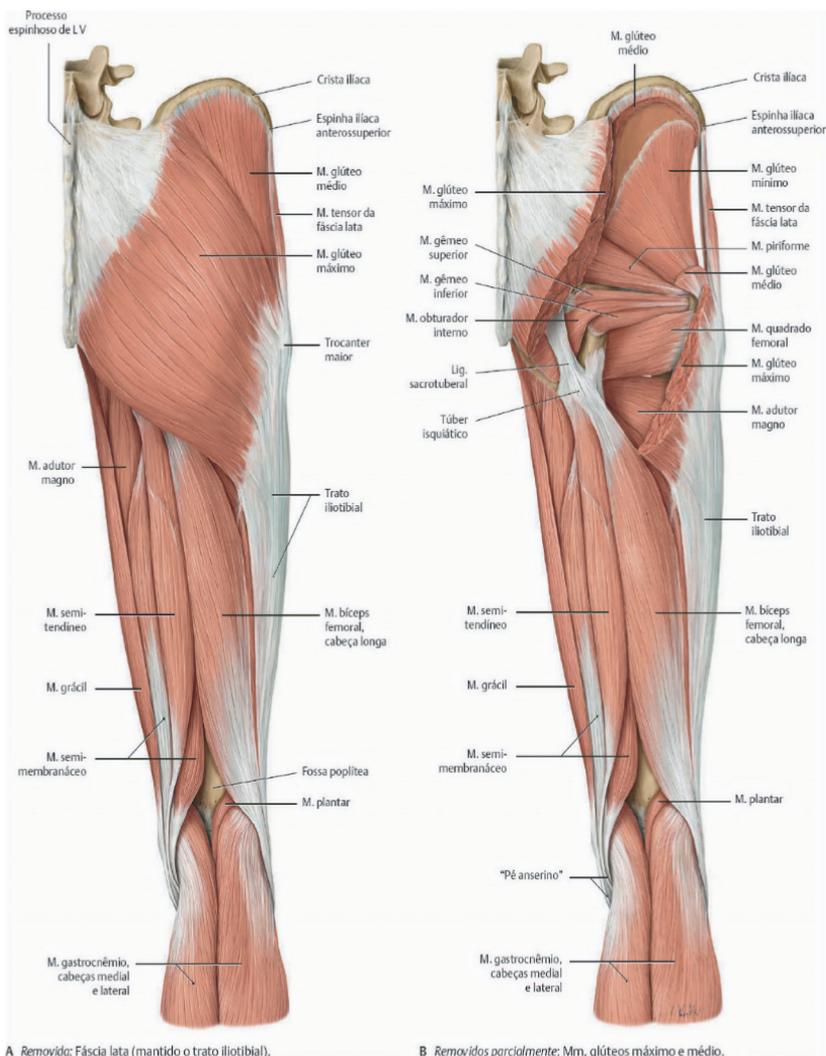
Fonte: Moore, Agur e Dalley (2017a, [s.p.]).

Quadro 2.4 | Músculos posteriores da coxa

Músculo	Origem	Inserção	Inervação	Ação
Bíceps femoral	Cabeça longa: túber isquiático e ligamento sacrotuberal. Cabeça curta: lábio lateral da linha áspera.	Cabeça da fibula.	Cabeça longa: nervo tibial (L5 a S2). Cabeça curta: nervo fibular comum (L5-S2).	Cabeça longa: estende a coxa, estabiliza a pelve no plano sagital. Cabeça curta: flexão e rotação da perna.
Semimembrâneo	Túber isquiático.	Côndilo medial da tibia, ligamento poplíteo oblíquo e fáschia poplíteia.	Nervo tibial (L5 a S2).	Estende a coxa e estabiliza a pelve no plano sagital. Flexiona e roda medialmente a perna.
Semitendíneo	Túber isquiático e ligamento sacrotuberal.	Medial à tuberosidade da tibia.	Nervo tibial (L5 a S2).	Estende a coxa, estabiliza a pelve no plano sagital, flexiona e roda medialmente a perna.

Fonte: adaptado de Gilroy (2017, p. 412).

Figura 2.7 | Músculos Posteriores da coxa

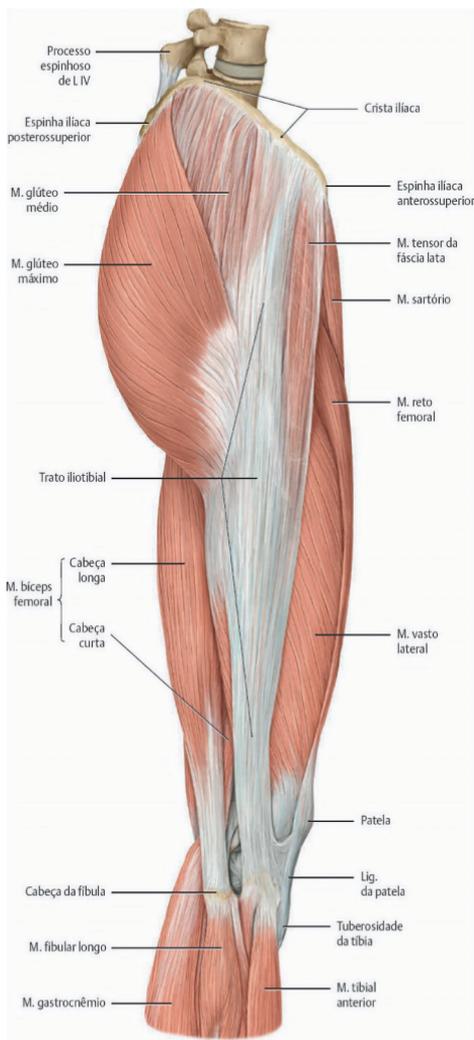


A Removida: Fáscia lata (mantido o trato iliotibial).

B Removidos parcialmente: Mm. glúteos máximo e médio.

Fonte: Gilroy (2017, p. 416).

Figura 2.8 | Músculos laterais da coxa



Fonte: Gilroy (2017, p. 416).



Exemplificando

A gravidez, até o momento do parto, provoca mudanças estruturais importantes no corpo da mulher, com isto, alguns problemas do parto estão relacionados à estrutura da pelve da mãe. Por exemplo, quanto maior a idade da mulher maior a chance do quadril apresentar deterioração com lesões degenerativas (osteoartrite).

Os movimentos que ocorrem na articulação do quadril são:

- Flexão: aproxima as faces anteriores da coxa e do tronco, sendo a amplitude maior quanto maior estiver fletido o joelho e menor quando o joelho estiver estendido, por causa da tensão dos músculos isquiotibiais, além da amplitude passiva ser um pouco maior que a ativa, pois os músculos flexores deixam-se relaxar e comprimir. Todos os ligamentos anteriores ficam relaxados. Ocorre no plano sagital e eixo laterolateral.
- Extensão: aproxima as faces posteriores da coxa e do tronco, aumentado pela lordose lombar, a amplitude torna-se maior quanto mais estendido estiver o joelho e mais limitado quanto mais fletido o joelho estiver, pela tensão do músculo reto femoral. Os ligamentos anteriores ficam estirados. Ocorre no plano sagital e eixo laterolateral.
- Abdução: aproxima as faces laterais da coxa e do tronco, não passa de 40° caso o fêmur esteja em posição neutra pelo choque do colo do fêmur contra o acetábulo, que pode ser aumentado caso o fêmur esteja em rotação lateral. O feixe anterior dos ligamentos anteriores fica relaxado e o feixe inferior estirado. Ocorre no plano frontal e eixo anteroposterior.
- Adução: aproxima as faces mediais da coxa. O feixe anterior dos ligamentos anteriores fica estirado e o feixe inferior relaxado. Ocorre no plano frontal e eixo anteroposterior.
- Rotação medial: faz com que o pé esteja orientado medialmente. Todos os ligamentos anteriores estão relaxados. Ocorre no plano transversal e eixo longitudinal.
- Rotação lateral: faz com que o pé esteja orientado lateralmente. Todos os ligamentos anteriores estão estirados. Ocorre no plano transversal e eixo longitudinal.

Além destes movimentos do quadril, temos também o movimento de anteversão com a rotação anterior da cintura pélvica e a retroversão com a rotação posterior da cintura pélvica, além dos movimentos de inclinação lateral e inclinação medial da pelve.



Recomendo a leitura do artigo de Ana Lecia Carneiro Leão de Araújo Lima e colaboradores, que correlacionaram os parâmetros radiográficos do fêmur proximal com a ocorrência de fraturas do colo do fêmur ou fraturas transtocantéricas do fêmur.

LIMA, A. L. C. L. de A.; MIRANDA, S. C.; VASCONCELOS, H. F. O. de. Anatomia radiográfica do fêmur proximal: fratura de colo vs. Fratura transtocantérica. **Revista Brasileira de Ortopedia**. Recife, n. 52, v. 6, p. 651-657, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0102361617300462>>. Acesso em: 25 abr. 2018.

Sem medo de errar

Vimos, no caso do tenista Thiago, com a lesão de síndrome do impacto do quadril e devido aos movimentos específicos que ocorrem de maneira repetitiva na prática do tênis, os questionamentos levantados pelo seu fisioterapeuta: quais componentes anatômicos compõem a articulação do quadril? Como é realizada a estabilização do quadril? Quais músculos geram os movimentos do quadril e a inervação deles? Quais movimentos ocorrem no quadril?

Esses conhecimentos são essenciais para que haja a elaboração correta do programa de tratamento fisioterapêutico, com vistas a garantir a reabilitação funcional da articulação do quadril, que é composta pelos ossos ílio, ísquio e púbis que formam o acetábulo e que recebem a cabeça do fêmur advinda do prolongamento do fêmur denominado colo do fêmur.

Essa articulação possui duas funções importantes e antagônicas, a mobilidade garantida pelos movimentos de flexão, extensão, rotação interna e rotação externa e a estabilidade proporcionada pelos elementos passivos (cápsula articular, ligamentos iliofemoral, isquiofemoral e pubofemoral) e também pelos elementos ativos (músculos glúteo médio, semitendíneo, semimembranáceo, adutor magno, adutor curto, entre outros).

A mobilidade presente na articulação do quadril se dá pela ação dos músculos anteriores da coxa com o movimento de flexão, com os músculos posteriores da coxa com o movimento de

extensão, com os músculos mediais da coxa com o movimento de adução, com os músculos laterais da coxa com o movimento de abdução e com os músculos pelvotrocantérianos que realizam os movimentos rotacionais.

O sistema muscular desempenha papel fundamental nesta articulação, sendo que os músculos maiores e biarticulares geram grande braço de alavanca e conseguem atuar de maneira eficiente na produção de movimentos amplos necessários para a realização de atividades rotineiras como a caminhada e a corrida. Os músculos curtos já atuam com maior foco na estabilização articular, auxiliando o sistema ligamentar e a cápsula articular do quadril.

Avançando na prática

Fratura do colo do fêmur

Descrição da situação-problema

Uma senhora, com 90 anos de idade, deu entrada no setor de emergência do hospital com queixa de não conseguir sustentar o peso no membro inferior, associado à dor na coxa direita após episódio de queda. Na inspeção, notou-se que o membro inferior direito se apresentava em rotação externa. Na radiografia, constatou-se a fratura do colo do fêmur.

Após realização do procedimento cirúrgico, foi encaminhada para a Fisioterapia para iniciar o atendimento pós-operatório.

Figura 2.9 | Fratura do colo do fêmur



Fonte: Pezzi, Correia e Prinz (2017, p. 40).

O fisioterapeuta, ao receber o caso, refletiu sobre os principais elementos morfofuncionais do quadril e a sua aplicabilidade na realização do tratamento pós-operatório. Vamos ajudá-lo?

Resolução da situação-problema

O fisioterapeuta deve focar no fêmur e em seus acidentes ósseos, entendendo a sua morfologia e sua dinâmica articular, para que neste primeiro momento sejam preservadas as estruturas que foram modificadas no procedimento cirúrgico, para que seja garantido o início mais precoce da mobilidade e da função articular nos três planos de movimentos (flexão, extensão, abdução, adução, rotação interna ou medial, rotação externa ou lateral).

Além disto, conhecer a fundo as ações musculares para o trabalho isométrico dos músculos flexores, extensores, abdutores, adutores, rotadores internos e rotadores externos, é muito importante a fim de evitar ou minimizar a atrofia proveniente desse tipo de lesão e procedimento.

Por fim, é preciso garantir que o posicionamento articular seja adequado tanto do ponto de vista funcional quanto do ponto de vista vascular, evitando complicações comuns como a presença de edema na região.

Faça valer a pena

1. Um homem com 50 anos de idade procurou seu fisioterapeuta para relatar dores progressivas nos quadris, que estavam piores no quadril esquerdo, praticamente impossibilitando-o de caminhar. Na sua história de vida pregressa, relatava alcoolismo e utilização de corticoide, com insuficiência hepática em estágio inicial. No exame radiológico apresentava esclerose da cabeça do fêmur; e na ressonância magnética, área hipointensa local compatível com osteonecrose da cabeça do fêmur esquerdo.

O seu processo reabilitativo deve considerar aspectos morfofuncionais como:

I – O impacto da osteonecrose nos demais ossos que compõem o cingulo do membro inferior.

II – Descrição dos movimentos de pronação e supinação do quadril e da pelve.

III – Relação entre osteonecrose e possíveis fenômenos lesivos à vascularização da cabeça do fêmur por meio do conhecimento da anatomia da região.

Assinale a alternativa que contém a análise correta das sentenças.

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- c) Somente as sentenças II e III estão corretas.
- d) As sentenças I, II e III estão corretas.
- e) Nenhuma das sentenças estão corretas.

2. O sistema muscular que atua sobre a articulação do quadril permite a realização de amplos movimentos essenciais para a execução de atividades rotineiras, como caminhar e andar. O fisioterapeuta necessita ter amplo conhecimento das ações musculares para que ele possa atuar de maneira eficiente na reabilitação, quando for necessário.

Nesse sentido coloque (1) para os músculos que realizam o movimento de flexão do quadril e (2) para os músculos que realizam o movimento de extensão do quadril.

- () Músculo reto femoral.
- () Músculo bíceps femoral.
- () Músculo semitendíneo.
- () Músculo iliopsoas.

Assinale a alternativa que contenha a sequência correta.

- a) 1-1-2-2.
- b) 2-2-1-1.
- c) 1-2-2-1.
- d) 1-2-1-2.
- e) 2-1-2-1.

3. A lombociatalgia é uma condição altamente prevalente e, portanto, é essencial o conhecimento aprofundado acerca das condições morfofuncionais que possam explicar o desencadeamento dos sintomas. Uma explicação está atrelada ao fato do quadril desempenhar uma importante função na dor ciática pela passagem do nervo isquiático, pelo forame isquiático maior. Nesta região o espasmo de alguns músculos pode comprimir o nervo e iniciar o sofrimento tecidual.

Com base no exposto, quais músculos podem desencadear, através de seu espasmo, a lombociatalgia pela compressão do nervo isquiático pelo forame isquiático maior:

- I – Músculo piriforme.
- II – Músculo gêmeo superior.
- III – Músculo glúteo máximo.
- IV – Músculo reto femoral.

Assinale a alternativa que contenha a análise correta.

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças III e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- d) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- e) Somente as sentenças I e IV estão corretas.

Seção 2.2

Articulação sacroilíaca: articulações e músculos

Diálogo aberto

Vimos, no contexto de aprendizagem, a situação do Thiago, atleta de tênis bem ranqueado pela Associação de Tenistas Profissionais, que apresentava uma lesão de síndrome do impacto do quadril, que provocou sintomas no quadril e na articulação sacroilíaca. Pela natureza da atividade desenvolvida, caracterizada por movimentos repetitivos de alta exigência de valências físicas, como no aspecto motor voltado para a coordenação motora, agilidade, potência muscular, força e condicionamento físico, e também pelo calendário com muitas partidas e competições, procurou a Fisioterapia para tratar a lesão e, assim, voltar a atuar em alto nível.

Thiago relatou durante a avaliação fisioterapêutica que na realização de movimentos repetitivos como o saque, a articulação sacroilíaca ficava extremamente dolorida e que isto se exacerbava quando saltava e realizava gestos bruscos ao atacar.

Ao tomar conhecimento do histórico, o fisioterapeuta, através do conhecimento morfofuncional prévio, conseguiu estabelecer o racional necessário para proteger a articulação sacroilíaca durante esses gestos que acabavam por provocar movimentos de cisalhamento na articulação.

Esses conhecimentos prévios estavam em volta de questionamentos centrais fundamentais para se realizar avaliações e tratamentos adequados da articulação sacroilíaca, e o fisioterapeuta do Thiago precisou rememorar os seguintes pontos: quais são as estruturas que compõem a articulação sacroilíaca? Quais os fatores que promovem estabilidade na articulação sacroilíaca? Quais os músculos que trabalham na articulação sacroilíaca e qual a inervação responsável por eles? Quais os movimentos que ocorrem na articulação sacroilíaca?

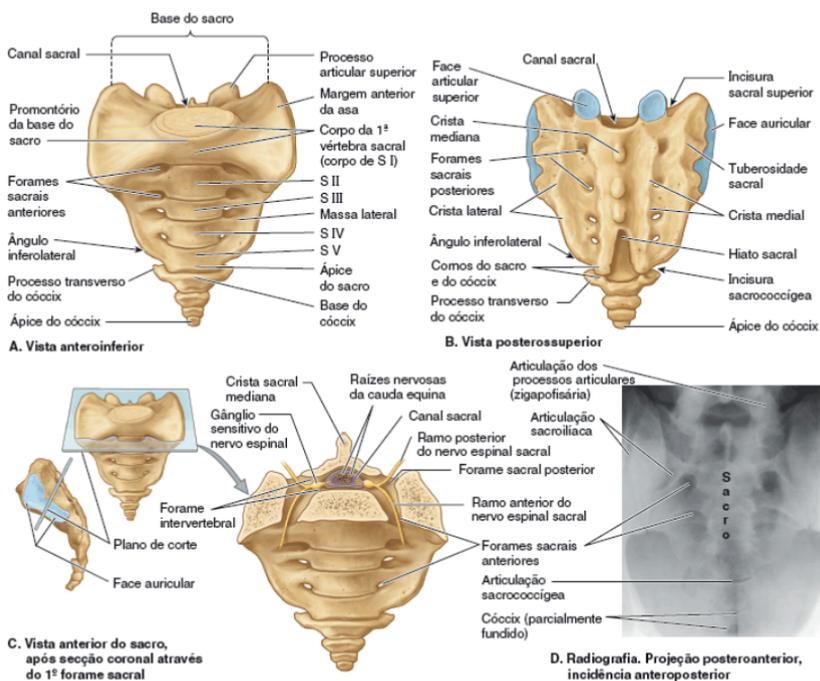
Diante desses questionamentos resolveu rememorar alguns conhecimentos sobre anatomia e cinesiologia para que o diagnóstico fisioterapêutico fosse completo.

Não pode faltar

O sacro, formado por cinco vértebras fundidas, tem o formato triangular e articula-se superiormente com a quinta vértebra lombar (L5), inferiormente com o cóccix e lateralmente com o íliaco, formando, assim, a articulação sacroilíaca (Figura 2.11).

O sacro sustenta a coluna vertebral e, na sua articulação com L5, forma o ângulo sacral, que varia de 130° a 160°. Sua face pélvica é lisa e côncava e a face rugosa é convexa, caracterizada por cinco cristas longitudinais proeminentes. A central representa os processos espinhosos rudimentares, as mediais representam os processos articulares fundidos e as laterais as extremidades dos processos transversos. A parte superior da face lateral do sacro assemelha-se a uma aurícula, por isso, é denominada de face auricular, local da parte sinovial da articulação sacroilíaca. Já o cóccix é um pequeno osso triangular, formado pela fusão de quatro vértebras coccígeas rudimentares (Figura 2.10).

Figura 2.10 | Sacro e Cóccix

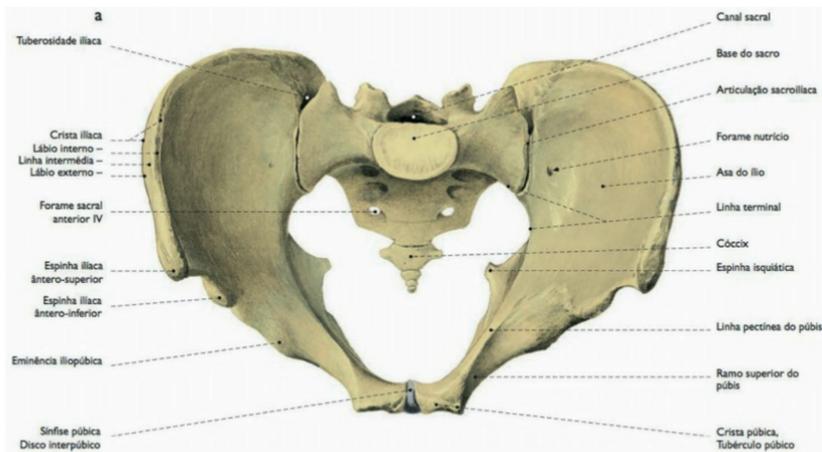


Fonte: Moore, Dalley e Agur (2017b, [s.p.]).

A articulação sacroilíaca é formada por uma articulação sinovial anterior (entre as faces auriculares do sacro e do ílio) e uma sindesmose posterior (entre as tuberosidades do sacro e do ílio), todavia, é importante destacar que essa articulação difere das demais sinoviais por possuir mobilidade reduzida em função da transmissão de cargas que perpassam pela sacroilíaca. As faces auriculares têm elevações e depressões irregulares, que, apesar de serem irregulares, ainda são congruentes, entretanto apresentam mobilidade limitada devido à função de transmissão do peso corporal para os ossos do quadril, como explicitado anteriormente.

O cingulo, quando está na posição anatômica, fica disposto de forma a manter a espinha íliaca anterossuperior direita e esquerda e a face anterior da sínfise púbica no mesmo plano vertical, importante para a realização de avaliações fisioterapêuticas.

Figura 2.11 | Articulação Sacroilíaca



Fonte: Wolf-Heidegger (2006, p. 188).

Para podermos verificar as funções da articulação sacroilíaca, precisamos adentrar nas funções do cingulo do membro inferior: sustentar o peso corporal nas posições sentadas e ortostáticas, transferir o peso do esqueleto axial para o esqueleto apendicular inferior para ficar de pé e caminhar e para servir de ponto de fixação a músculos.

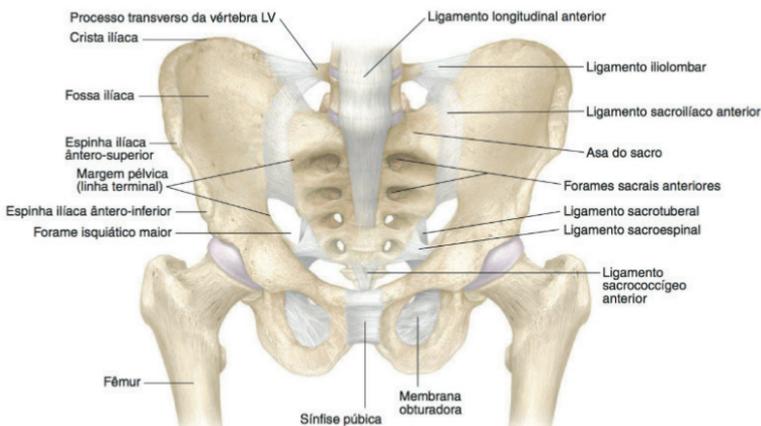


No artigo de Ana Carolina Rodarti Pitangui e Cristine Homsy Jorge Ferreira, temos a abordagem da avaliação fisioterapêutica e tratamento da lombalgia gestacional e o relato das síndromes sacroilíacas.

PITANGUI, A. C. R.; FERREIRA, C. H. J. Avaliação fisioterapêutica e tratamento da lombalgia gestacional. **Fisioterapia em Movimento**, v. 21, n. 2, p. 135-142, abr./jun. 2008. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/fisio/article/view/19117/18461>>. Acesso em: 7 maio 2018.

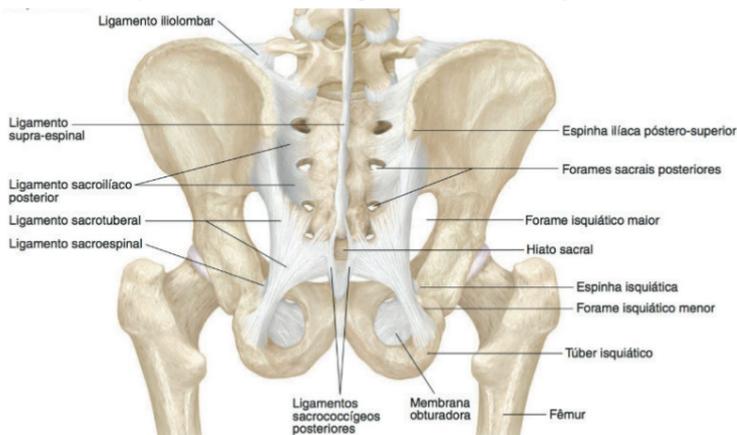
O sistema ligamentar é bem robusto e forte, fornecendo a estabilidade necessária para que as articulações adjacentes possam fornecer a mobilidade necessária para movimentar o tronco e os membros inferiores. Na vista anterior observamos a continuação do ligamento longitudinal anterior, o ligamento sacroespinal (subdivide o forame isquiático em forames isquiáticos maior e menor), sacroilíaco anterior (porção anterior da cápsula fibrosa da parte sinovial da articulação) e iliolumbares (Figura 2.12). Na vista posterior temos os ligamentos sacroilíaco interósseo (principal estrutura associada à transferência de peso), supraespinal, sacroilíaco posterior (continuação externa posterior da mesma massa de tecido fibroso), sacrococcígeo posterior superficial e profundo, e sacrotuberal (fibras que se estendem dos ligamentos sacroilíacos posteriores e a base do cóccix, gerando o forame isquiático) (Figura 2.13).

Figura 2.12 | Vista anterior do sistema ligamentar da articulação sacroilíaca



Fonte: Tank e Gest (2009, p. 261).

Figura 2.13 | Vista posterior do sistema ligamentar da articulação sacroilíaca



Fonte: Tank e Gest (2009, p. 261).



Assimile

O cingulo do membro inferior é formado pelo sacro e por dois ossos do quadril, tendo como funções a sustentação e transferência de peso. Determina-se que o cingulo está em posição anatômica quando a espinha íliaca anterossuperior direita e esquerda e a face anterior da sínfise púbica situam-se no mesmo plano vertical.

Dentro do cingulo temos as articulações sacroilíacas, articulações sinoviais e sindesmóticas compostas, especializadas com funções primárias de sustentação de peso, transferência de peso e estabilidade. Possui um forte sistema ligamentar, com os ligamentos interósseos e sacroilíacos posteriores, os quais mantêm o sacro entre os ílios, transferindo o peso e estabilizando o anel ósseo da pelve.

Os movimentos que ocorrem na articulação sacroilíaca são pequenos, mas significativos durante o parto, quando hormônios promovem o relaxamento da sínfise púbica e dos ligamentos.

Os músculos que participam dos movimentos da articulação sacroilíaca estão apresentados na tabela 2.6 e Figura 2.14. É importante destacar que os músculos gêmeos fundem-se ao tendão do músculo obturador interno ao trocânter maior do fêmur, e que há seis músculos rotadores laterais da coxa (pelvicotrocantérianos): músculos piriforme, obturador interno, gêmeos superior e inferior, quadrado femoral e

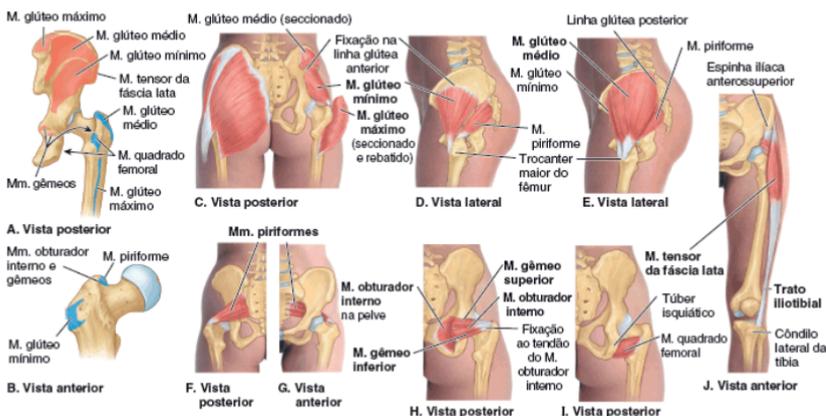
obturador externo, os quais estabilizam a articulação do quadril, além de contribuírem em movimentos de propulsão e aterrissagem (muito comum em corridas e saltos) e também possuem alguma contribuição no agachamento e levantamento.

Quadro 2.5 | Músculos da região glútea

Músculo	Origem	Inserção	Inervação	Ação
Glúteo Máximo	Ílio posterior à linha glútea posterior; face dorsal do sacro e cóccix; ligamento sacrotuberal	A maioria das fibras termina no trato iliotibial, que se insere no côndilo lateral da tibia; algumas fibras inserem-se na tuberosidade glútea	Nervo glúteo inferior L5, S1 e S2.	Extensão da coxa, auxilia na rotação lateral, estabiliza a coxa e ajuda a levantar da posição sentada.
Glúteo Médio	Face externa do ílio entre as linhas glúteas anterior e posterior	Face lateral do trocânter maior do fêmur.	Nervo glúteo superior L5 e S1.	Abdução da coxa, rotação medial da coxa, mantém o nível da pelve na posição unipodal e durante a fase de balanço na marcha.
Glúteo mínimo	Face externa do ílio entre as linhas glúteas anterior e inferior.	Face anterior do trocânter maior do fêmur.	Nervo glúteo superior L5 e S1.	Abdução da coxa, rotação medial da coxa, mantém o nível da pelve na posição unipodal e durante a fase de balanço na marcha.
Piriforme	Face anterior do sacro; ligamento sacrotuberal.	Margem superior do trocânter maior do fêmur.	Nervo glúteo inferior L5, S1 e S2.	Rotação externa, estabilização, abdução do quadril e abdução do quadril com a coxa fletida.
Obturador interno	Membrana obturadora.	Trocânter maior do fêmur.	Nervo para músculo obturatório (L5-S2).	Rotação externa e abdução do quadril fletido.
Gêmeos Superior e Inferior	Superior: espinha isquiática Inferior: túber isquiático.	Face medial do trocânter maior (fossa trocantérica) do fêmur.	Gêmeo Superior: nervo para o músculo gêmeo superior (L5-S2). Gêmeo inferior: nervo para músculo gêmeo inferior e quadrado femoral (L4-S1).	Rotação lateral da coxa e estabilização da cabeça do fêmur no acetábulo.

Fonte: adaptado de Moore, Dalley e Agur (2017b, [s.p.]).

Figura 2.14 | Músculos da região glútea



Fonte: Moore, Dalley e Agur (2017b, [s.p.]).



Refleta

Outros músculos (o eretor da espinha, o reto abdominal e os oblíquos interno e externo, transverso do abdome, elevador do ânus, diafragma, grande dorsal, biceps femoral, adutores do quadril e fáscia toracodorsal) também atuam de maneira indireta sobre a articulação sacroilíaca pelos movimentos que geram no tronco, como a flexão e extensão do tronco e que, assim como os multifídios, que se ligam à lâmina profunda da fáscia toracodorsal e passam sobre os ligamentos sacroilíacos para se unirem ao ligamento sacrotuberal, auxiliando na estabilidade pélvica e lombar.

Na articulação sacroilíaca observamos os movimentos de nutação e contranutação, que ocorrem no plano sagital e eixo laterolateral. A nutação é caracterizada pelo movimento do promontório sacral na direção anterior e inferior. A contranutação consiste no movimento do sacro na direção posterior, com o promontório sacral movimentando-se na direção posterior.



Exemplificando

Ao passar de decúbito dorsal para posição ortostática observamos o sacro na posição de nutação, a qual aumenta durante os estágios iniciais da flexão do tronco para frente.

A posição de contranatação sacral é encontrada quando o indivíduo está em decúbito dorsal e nos estágios finais da flexão do tronco para frente.

Veja o vídeo abaixo que auxiliará na compreensão da mecânica do movimento:

ARTROLOGIA da pelve Natação e contranatação A questão do parto. 2014. <<https://www.youtube.com/watch?v=XO0JQtXY2m8>>. Acesso em: 3 jul. 2018.

Sem medo de errar

Agora vamos retomar a situação descrita no início da seção, onde o fisioterapeuta do Thiago, atleta de tênis com síndrome do impacto do quadril, relatou a presença de dor no quadril e na articulação sacroilíaca. Para que o fisioterapeuta pudesse realizar as avaliações e tratamentos adequados, precisou rememorar os seguintes pontos: quais são as estruturas que compõem a articulação sacroilíaca? Quais os fatores que promovem estabilidade na articulação sacroilíaca? Quais os músculos que trabalham na articulação sacroilíaca e qual a inervação responsável por eles? Quais os movimentos que ocorrem na articulação sacroilíaca? Diante desses questionamentos resolveu rememorar também alguns conhecimentos sobre anatomia e cinesiologia, para que o diagnóstico fisioterapêutico seja completo.

Vimos que a articulação sacroilíaca tem como função a transmissão de carga e estabilidade, garantidas pelo posicionamento do cingulo do membro inferior, com seus ossos, ligamentos e músculos. Por isso, o conhecimento morfofuncional desta articulação torna-se necessário para o entendimento de todos os mecanismos envolvidos.

Esta articulação é formada pela junção do ílio com o sacro, bilateralmente, com duas articulações: sinoviais e sindesmóticas, compostas por um forte sistema ligamentar, destacado pela ação dos ligamentos interósseos e sacroilíacos posteriores, que mantêm o sacro entre os ílios, transferindo o peso e estabilizando o anel ósseo da pelve.

Os movimentos que ocorrem nesta articulação são basicamente o de natação (movimento ântero-inferior do promontório sacral) e o de contranatação (movimento posterior do promontório sacral).

Atuam sobre a articulação sacroilíaca os músculos multifido, eretor da espinha, glúteo máximo (nervo glúteo inferior L5-S2), glúteo médio (nervo glúteo superior L5-S1), glúteo mínimo (nervo glúteo mínimo L5-S1), piriforme (ramos diretos do plexo sacral S1-S2), obturador interno (nervo para músculo obturatório L5-S2), gêmeos superior (nervo para músculo gêmeo superior L5-S2) e inferior (nervo para músculo gêmeo inferior L4-S1), reto abdominal, oblíquo externo, transverso do abdome, elevador do ânus, diafragma, grande dorsal, bíceps femoral, adutores do quadril e fáschia toracodorsal.

Avançando na prática

Luxação Sacroilíaca

Descrição da situação-problema

Joaquim sofreu um trauma na cintura pélvica, na região lombossacral, o que acabou culminando com a luxação da articulação sacroilíaca. Após dar entrada no hospital, foi realizada fixação com barras de titânio e parafusos pediculares, para fixação da fratura e estabilização da articulação.

Após alta hospitalar, Joaquim deu entrada na clínica de fisioterapia do ambulatório municipal. Na avaliação fisioterapêutica, a equipe discutiu a necessidade de avaliar as características morfofuncionais e se elas estavam presentes. Quais características devem ser priorizadas neste tipo de avaliação? Este questionamento foi a base da discussão da equipe.

Resolução da situação-problema

As luxações da articulação sacroilíaca são raras e graves, geralmente associada a traumas de alta energia, por isso há necessidade de tratamento cirúrgico para as fraturas instáveis da pelve, com vistas a garantir reabilitação precoce e retorno às atividades de vida diárias.

A fixação busca aumentar a interface entre as faces auriculares do sacro e do ilíaco, todavia, a pouca cobertura muscular deixa proeminente o material do implante. É importante verificar se a estabilidade vertical está preservada, ou seja, se não há deslocamento

superior de algum dos componentes articulares quando submetido a forças verticais e se as funções ligamentares estão preservadas. A análise da função muscular, principalmente da musculatura pélvico-trocantérica (rotadores laterais do quadril), torna-se importante para garantir a estabilidade dinâmica do segmento. Além da verificação da mecânica do cingulo do membro inferior nos movimentos possíveis do íliaco e do quadril.

Faça valer a pena

1. O diagnóstico cinético-funcional faz uso dos conhecimentos acerca das características morfofuncionais do segmento, ou seja, para o fisioterapeuta realizar adequadamente a avaliação ele obrigatoriamente precisa conhecer como o corpo humano funciona e como as estruturas estão dispostas e se relacionam. Neste contexto, a articulação sacroilíaca, quando avaliada, necessita ter quais funções verificadas?

I – Ampla mobilidade nos sentidos anterior, posterior e lateral.

II – Mobilidade restrita caracterizada pelos movimentos de natação e contranatação.

III – Pequena estabilidade ligamentar que necessita de ampla ativação da musculatura profunda.

IV – Grande estabilidade ligamentar que necessita de pequena ativação da musculatura profunda.

É correto o que se afirma em:

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças II e III estão corretas.
- c) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- d) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- e) Somente as sentenças I e IV estão corretas.

2. Os movimentos observados na articulação sacroilíaca são importantes para a execução de funções relacionadas ao cingulo do membro inferior. O mesmo racional pode ser aplicado ao sistema ligamentar que promove as limitações e estabilizações necessárias para garantir a execução de funções adequadas. Os movimentos da articulação sacroilíaca são natação (A) e contranatação (B), caracterizados por:

() Movimento do promontório sacral na direção anterior.

() Movimento do promontório sacral na direção inferior.

() Movimento do promontório sacral na direção posterior.

Assinale a alternativa que contenha o sequenciamento correto:

- a) A-A-B.
- b) A-B-A.
- c) B-A-A.
- d) B-B-A.
- e) B-A-B.

3. A musculatura pelvicitrocantariana atua na articulação sacroilíaca, de modo a garantir a mobilidade e a estabilidade características desta região. Outros músculos também atuam nesta articulação, mas de forma indireta. Com base nesta afirmação, analise as afirmações a seguir:

I – O músculo multifído atua de maneira indireta sobre a articulação sacroilíaca.

II – O músculo serrátil anterior atua de maneira indireta sobre a articulação sacroilíaca.

III – O músculo reto abdominal atua de maneira indireta sobre a articulação sacroilíaca.

IV – O músculo serrátil posterior atua de maneira indireta sobre a articulação sacroilíaca.

Assinale a alternativa que contenha a análise correta:

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças III e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- d) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- e) Somente as sentenças II e III estão corretas.

Seção 2.3

Biomecânica do quadril e da articulação sacroilíaca

Diálogo aberto

Vimos no contexto de aprendizagem e nas seções anteriores o caso do Thiago, atleta de tênis bem ranqueado pela Associação de Tenistas Profissionais, com lesão de síndrome do impacto do quadril, apresentando sintomatologia no quadril e na articulação sacroilíaca. As características do esporte praticado com movimentos repetitivos de alta exigência de valências físicas e motoras, como a coordenação motora, agilidade, potência muscular, força e condicionamento físico, associado aos muitos compromissos, foi um dos principais fatores para o desenvolvimento da lesão.

Por isso, Thiago procurou a Fisioterapia para tratar a lesão e, assim, voltar a atuar em alto nível. Durante a avaliação fisioterapêutica relatou que na realização de movimentos repetitivos, como o saque, os sintomas exacerbavam e as articulações ficavam extremamente doloridas, principalmente quando saltava e realizava gestos bruscos ao atacar. Ao tomar conhecimento do histórico, o fisioterapeuta, através do conhecimento morfofuncional prévio, conseguiu estabelecer o racional necessário e traçar as estratégias de tratamento destas articulações.

Na fase final de tratamento, o foco passou para a prática de tênis, com movimentos característicos de esporte, tais como o saque, os movimentos de ataque e os deslocamentos na quadra, que requerem ampla movimentação e estabilidade das articulações do quadril e sacroilíaca. Como este foco apresenta íntima relação com a cinesiologia e biomecânica dessas articulações, o fisioterapeuta conversou com um colega de trabalho sobre os pontos focais para a elaboração da conduta fisioterapêutica. Nesta conversa surgiram questionamentos como:

- Quais são os tipos de movimentos que ocorrem nas articulações do quadril e sacroilíaca?
- Como funciona a biomecânica dessas articulações?

- Quais as disfunções biomecânicas comuns nessas articulações?

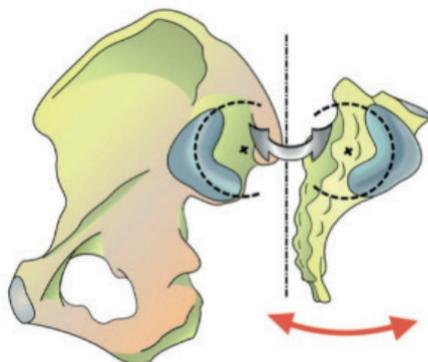
Por fim, os dois concordaram que seria mesmo necessário ter amplo domínio sobre cinesiologia e biomecânica para elaborar um plano de tratamento ideal. O fisioterapeuta se despediu do colega e foi pegar uns livros na biblioteca, além de colher artigos científicos em bases de dados online para sanar as dúvidas.

Não pode faltar

A conexão entre o tronco e os membros inferiores dá-se pelo cingulo do membro inferior, formado pelos ossos do quadril e articulação sacroilíaca, tendo como funções o suporte do corpo, auxilia a mecânica de atividades como a caminhada, a corrida e o salto.

A articulação sacroilíaca apresenta uma superfície auricular sobre cada uma das partes (ílio e sacro), como pode ser visualizado na Figura 2.15, que deslizam uma em relação à outra de acordo com um movimento circular, centrado pelo ligamento axial. Com os ílios fixos, o sacro pode rodar seguindo um movimento denominado nutação (inclinando-se o sacro para frente) ou contranutação (inclinando-se o sacro para trás).

Figura 2.15 | Articulação sacroilíaca

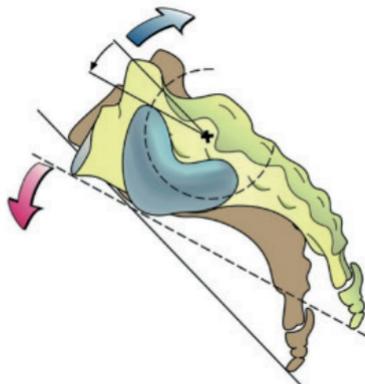


Fonte: Kapandji (2013, p. 343).

O movimento de nutação é caracterizado pela inclinação para frente e para baixo do sacro, em volta do ligamento axial, com o avanço

do promontório da base do sacro, enquanto que o ápice do sacro e o cóccix recuam (Figuras 2.16 e 2.17). O movimento de contranutação faz o inverso, ou seja, recua o promontório sacral e adianta o cóccix.

Figura 2.16 | Movimento de nutação do sacro



Fonte: Kapandji (2013, p. 350).

Figura 2.17 | Movimento de contranutação do sacro

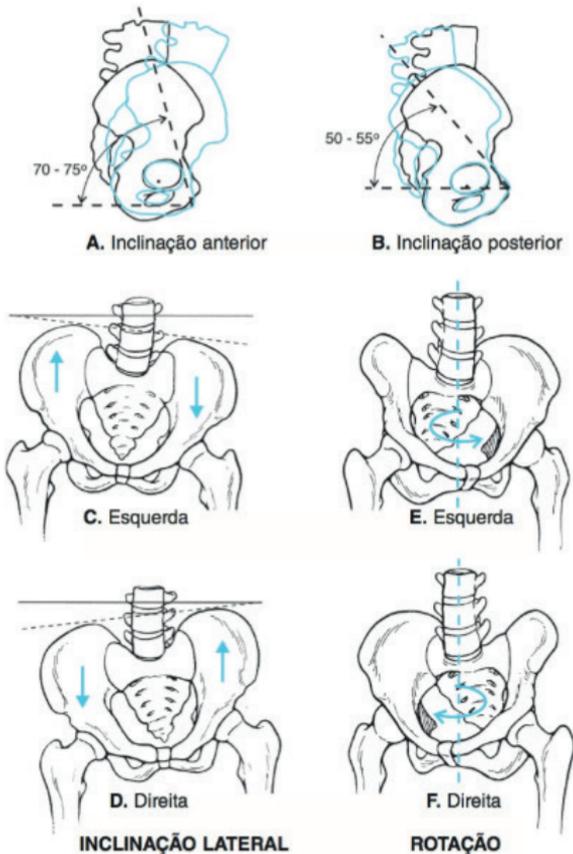


Fonte: Kapandji (2013, p. 351).

Anteriormente, no cingulo do membro inferior, temos a sínfise púbica, entre os dois púbis, uma articulação cartilágnea preenchida por fibrocartilagem, unida por ligamentos potentes. Esta articulação efetua movimentos fracos de cisalhamento vertical durante a marcha.

A pelve como um todo (ílio, ísquio e púbis) pode realizar o movimento de anteversão ou inclinação anterior, que deixa o fêmur em posição de extensão, e pode realizar o movimento de retroversão ou inclinação posterior, que deixa o fêmur em posição de flexão. Outros movimentos são o de inclinação lateral, para a direita e esquerda, e os movimentos rotacionais, para esquerda e direita. Estes movimentos ocorrem acompanhando seus homônimos no tronco (Figura 2.18). Nesse sentido, podemos estabelecer que o tronco quando realiza flexão acompanha movimento de retroversão da pelve e natação do sacro, enquanto que no movimento de extensão acompanha movimentos de anteversão e contranatação.

Figura 2.18 | Movimentos da pelve



Fonte: Hamill e Knutzen (2012, p. 202).

Seguindo na análise, passamos para a articulação do quadril (esferoidea), que, por sua conformação anatômica, garante-lhe estabilidade e mobilidade. A estabilidade é garantida por vários ligamentos grandes e fortes, o ligamento iliofemoral e pubofemoral anteriormente, e isquiofemoral posteriormente, além do ligamento redondo que fixa o acetábulo à cabeça do fêmur.

Os movimentos do quadril não conseguem ser dissociados da cintura pélvica, uma vez que a pelve facilita o movimento do quadril por meio do posicionamento do acetábulo. A inclinação pélvica posterior, ou retroversão, coloca a espinha ilíaca anterossuperior inclinada para trás e posiciona a cabeça do fêmur na frente do quadril para facilitar a flexão. A inclinação pélvica anterior facilita a extensão e a inclinação pélvica lateral na direção do lado oposto, facilitando os movimentos laterais do fêmur.

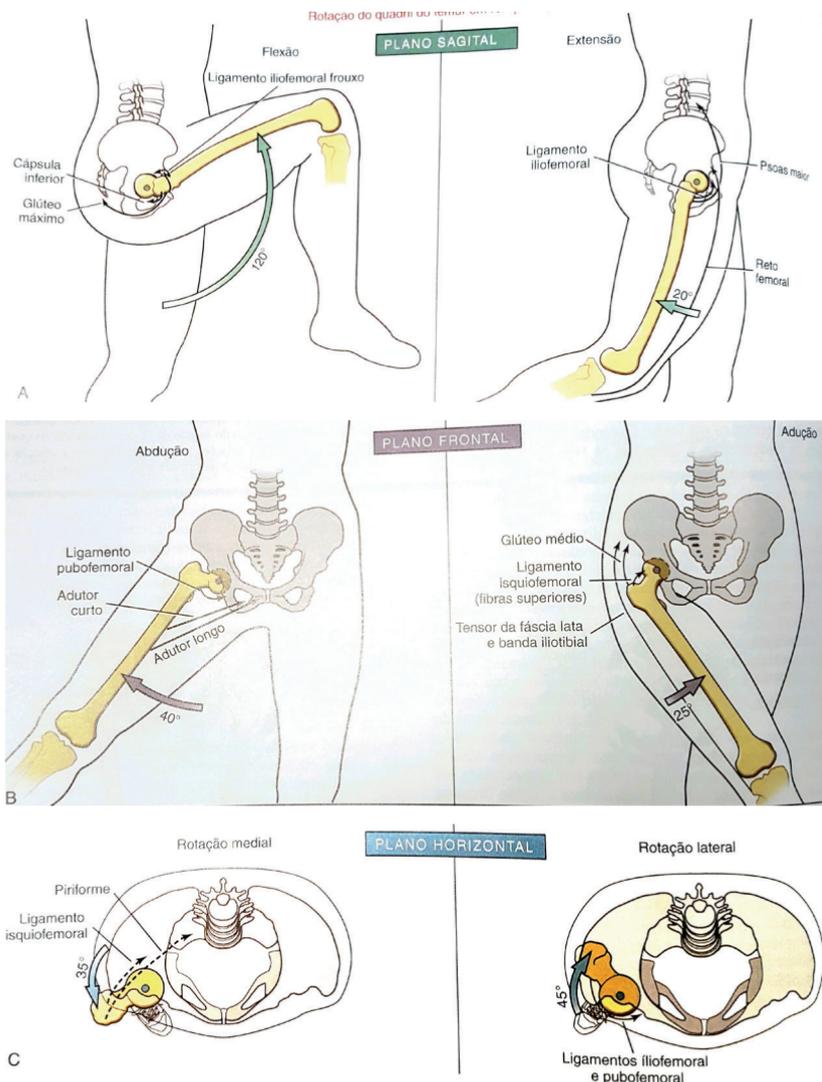
A flexão do quadril ocorre pela ação dos músculos que cruzam anteriormente a articulação (músculos ilíaco, psoas maior, pectíneo, reto femoral, sartório e tensor da fáscia lata), perfazendo angulação de 120° a 125°. A extensão do quadril ocorre pela ação dos músculos que cruzam posteriormente a articulação (músculos glúteo máximo e isquiotibiais – bíceps femoral, semitendíneo e semimembranáceo), perfazendo 10° a 20° de hiperextensão.

A abdução do quadril ocorre pela ação dos músculos que cruzam lateralmente a articulação (músculo glúteo médio com ajuda do músculo glúteo mínimo), ao longo de 30° a 45°. A adução do quadril ocorre pela ação dos músculos que cruzam medialmente a articulação (músculos adutor longo, adutor curto, adutor magno e grácil), ao longo de 15° a 30° além da posição anatômica. A rotação medial é realizada pelos músculos glúteo mínimo, tensor da fáscia lata, semitendíneo, semimembranáceo e glúteo médio, de 30° a 50°. A rotação lateral é realizada pelos músculos pelvico-trocantérianos (músculos piriforme, gêmeo superior, gêmeo inferior, obturador interno, obturador externo e quadrado femoral), de 30° a 50°.

Ainda temos o movimento de abdução horizontal e adução horizontal, que ocorrem com o quadril posicionado em flexão de 90°, sendo os músculos posicionados anteriormente na articulação os que executam a abdução horizontal e os músculos na face posterior do quadril os que executam a adução horizontal. Na Figura 2.19 temos os movimentos do fêmur em relação ao quadril, sendo no plano sagital

(A), no plano frontal (B) e no plano horizontal (C). Note que nas figuras os tecidos alongados ou tensionados estão indicados por setas pretas contínuas ou tracejadas; já os tecidos que se encontram frouxos em determinado movimento estão representados por seta preta ondulada.

Figura 2.19 | Movimentos do fêmur em relação à pelve (quadril)



Fonte: Neumann (2011, p. 478).

Os movimentos da pelve e do quadril ocorrem de maneira conjunta, ou seja, no movimento de flexão do quadril em cadeia cinética aberta e pelve faz retroversão nos primeiros graus de movimento, enquanto que uma inclinação pélvica anterior acompanha o movimento de extensão do quadril.



Pesquise mais

Recomendo a leitura do artigo de Renata Noce Kirkwood e colaboradores que aborda a análise biomecânica das articulações do quadril e do joelho durante a marcha em idosos.

KIRKWOOD, R. N. et al. Análise biomecânica das articulações do quadril e joelho durante a marcha em participantes idosos. **Acta ortop. bras.**, São Paulo, v. 15, n. 5, p. 267-271, 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2utFT2o>>. Acesso em: 12 maio 2018.

Em posição bipodal, o centro de gravidade localiza-se na pelve e, com isto, o peso do corpo é perfeitamente equilibrado sobre os membros inferiores, com carga adicional pela tensão dos músculos grandes e fortes do quadril. Porém, quando o indivíduo assume a posição unipodal, a carga sobre a pelve torna-se assimétrica, deixando um lado carregado e outro suspenso e descarregado. A pelve desloca-se para o lado descarregado, modificando a curvatura da coluna vertebral (Figura 2.20). Essas modificações geram anterversão do sacro e retroversão do ílio no lado carregado, e retroversão do sacro e anteversão do ílio no lado suspenso, com cisalhamento vertical da sínfise púbica.



Assimile

O membro inferior sofre grandes forças pelos contatos repetidos entre o pé e o solo, enquanto tem que sustentar a massa do tronco e dos membros superiores. Como a conexão entre o tronco e os membros inferiores se dá pelo cingulo do membro inferior, este segmento deve ser sempre considerado ao se analisar os movimentos e as contribuições musculares nos movimentos dos membros inferiores. Ou seja, o movimento em qualquer parte do membro inferior, pelve ou tronco, influencia cada aspecto do membro inferior.

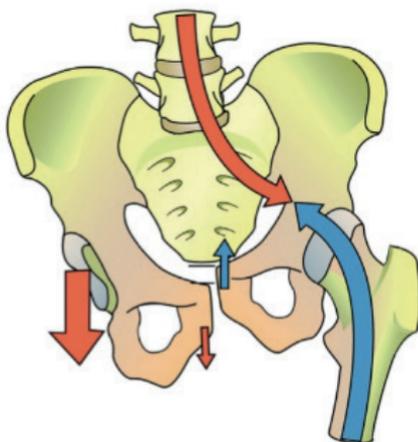
Ao assumir o apoio unipodal, a carga sobre a articulação do quadril chega a 238% do peso corporal e em atividades como subir e descer escadas pode chegar a 260% do peso corporal.



Exemplificando

O uso de muleta ou bengala auxiliam a distribuição de carga sobre os membros durante o ciclo de marcha, aliviando a carga sobre o quadril lesionado, mas aumentando o estresse sobre o quadril oposto.

Figura 2.20 | Deslocamento no apoio unipodal



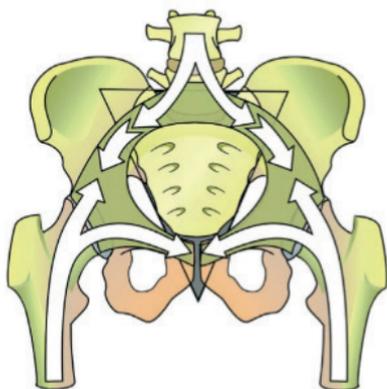
Fonte: Kapandji (2013, p. 346).



Exemplificando

A função de sustentação do peso corporal ocorre na junção lombossacral (L5-S1), dividida de cada lado nas articulações sacroilíacas, na direção do acetábulo e da articulação coxofemoral, sendo assim transmitida para os membros inferiores (Figura 2.21). Esta função tende o sacro a se deslocar para frente no movimento de nutação, limitado pela tensão dos ligamentos sacrais. Com isto, os íliacos tendem a projetar-se para trás no movimento de retroversão da pelve, limitado pela tensão dos ligamentos anteriores do quadril.

Figura 2.21 | Transmissão de forças no cingulo do membro inferior



Fonte: Kapandji (2013, p. 345).

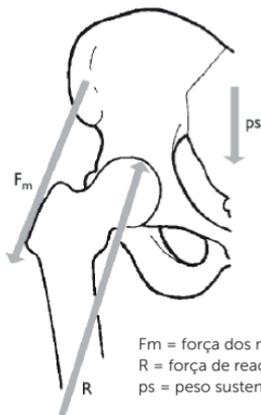


Refleta

As principais forças que atuam durante a posição estática sobre o quadril são:

- O peso dos segmentos corporais acima do quadril em sentido inferior.
- A tensão dos músculos abdutores do quadril em sentido inferolateral.
- A força de reação da articulação em sentido superomedial.

Figura 2.22 | Forças no quadril



F_m = força dos músculos abdutores do quadril.
 R = força de reação da articulação.
 ps = peso sustentado.

Fonte: Hall (2018, p. 210).

O cingulo do membro inferior e o quadril fazem parte de um sistema em cadeia cinética fechada cujas forças avançam superiormente desde o membro inferior, passando pelo quadril, pelve até o tronco, e também avançam inferiormente em sentido contrário. De acordo com a terceira lei de Newton (lei da ação e reação) a força de reação fornecida pela superfície, na qual o indivíduo está andando ou parado em pé, produzirá uma força contra o solo e, assim, o chão gerará uma força de reação do solo na direção oposta, mas de igual magnitude. Por isso, o posicionamento do cingulo do membro inferior e do quadril influenciam significativamente o equilíbrio e a postura ereta e durante a marcha, requerendo ação muscular contínua para ajustes finos necessários para tais funções.



Refleta

As disfunções da articulação sacroilíaca aparecem como fonte de dor e disfunção da coluna lombar em até 40% dos casos. As disfunções desta articulação são caracterizadas por um aumento ou redução do movimento, ou pela presença de algum desvio do movimento, pois quando a articulação fica impedida de realizar seus movimentos normais, um ciclo vicioso de disfunção se inicia, e como consequência temos hipomobilidade, dor e espasmo muscular. Isto ocorre pela interdependência das articulações pélvicas e que a presença de lesão em qualquer uma delas irá resultar em tensões anormais da coluna, embora a articulação sacroilíaca seja uma fonte primária de dor, tendo em vista a inflamação da articulação.

O mesmo raciocínio aplica-se às disfunções biomecânicas do quadril, intimamente relacionadas com a limitação de movimentos que geram perda funcional da articulação, provocada geralmente pelo desequilíbrio entre as forças para cima e oblíqua dos músculos abdominais, e para baixo e lateral dos músculos adutores.

Sem medo de errar

O tratamento do Thiago, tendo em vista as suas características motoras, deve ter foco em funções importantes do cingulo dos membros inferiores (quadril e articulação sacroilíaca) como o suporte do peso do tronco e a transmissão de cargas para os membros

inferiores, analisando se a posição das articulações sacroilíacas e dos quadris estão alinhadas a ponto de evitar sobrecargas e forças de cisalhamento vertical. Esta conexão entre a pelve, o sacro e o quadril garante movimentos harmoniosos e com eficiência mecânica necessária para executar desde funções mais simples, como caminhar, até movimentos mais complexos relacionados à prática esportiva.

Um ponto de destaque na análise para as proposições de avaliação e tratamento fisioterapêutico, neste caso, está na mobilidade, na articulação sacroilíaca, com movimentos de natação e contranatação, deste segmento e dos circunvizinhos, que devem ser estimulados. Seguindo neste racional, a análise dos movimentos de anteversão e retroversão da pelve, com os outros movimentos de rotação e inclinação pélvica, também assume papel de destaque, bem como a análise dos movimentos do quadril, com seus amplos movimentos de flexão, extensão, abdução, adução, rotação lateral, rotação medial, abdução horizontal e adução horizontal.

Estes movimentos precisam ser considerados de duas maneiras: isoladamente e em ação conjunta, como na já bem estabelecida conexão dos movimentos de flexão do quadril, com retroversão pélvica, e de extensão do quadril, com anteversão pélvica.

Além disso, consideram-se também as cargas e as posições dos segmentos anatômicos, principalmente as modificações que ocorrem na posição unipodal, capaz de modificar o centro de gravidade e provocar deslocamentos da coluna vertebral e conseqüentemente da carga sobre as articulações sacroilíaca e do quadril do lado que suporta o peso, gerando força de cisalhamento vertical sobre a sínfise púbica.

Por fim, observa-se comumente disfunções na articulação sacroilíaca e do quadril, caracterizadas por aumento ou redução do movimento, ou ainda pela presença de algum desvio do movimento, pois quando a articulação fica impedida de realizar seus movimentos normais, um ciclo vicioso de disfunção inicia-se e tem como consequência hipomobilidade, dores e espasmo muscular, que estão intimamente relacionados com a perda da função da articulação.

Marcha claudicante

Descrição da situação-problema

A clínica-escola de Fisioterapia da faculdade recebeu o caso do Sr. Joaquim, idoso aposentado, que procurou os serviços de Fisioterapia reclamando de dores na coluna e no quadril. Durante a avaliação foi encontrada modificação da marcha, caracterizada pelo deslocamento do tronco lateralmente para a esquerda toda vez que a carga era aplicada no membro inferior esquerdo. Também foi apresentada queda da pelve em direção ao quadril esquerdo, por fraqueza da musculatura abduzora do quadril, conhecido como sinal de Tredelenburg. A equipe de Fisioterapia, ao realizar a devolutiva da avaliação, precisava explicar os possíveis efeitos que esta modificação biomecânica pode provocar.

Vamos auxiliar os estagiários nesta demanda?

Resolução da situação-problema

A estabilidade da cintura pélvica durante a marcha é fornecida pelas estruturas passivas (cápsula articular, lábio acetabular e ligamentos) com auxílio de estruturas ativas. Este deslocamento lateral é estabilizado ativamente pelo músculo glúteo médio. A realização da marcha com este padrão pode provocar lesões degenerativas dos tecidos moles e ósseos, além de adaptações de segmentos acima (coluna vertebral) e abaixo (joelho, tornozelo e pé), como por exemplo, a escoliose (desvio lateral da coluna) e a osteoartrite (doença articular degenerativa, que, neste caso, pode afetar tanto a articulação do quadril como a sacroilíaca, tendo em vista as mudanças biomecânicas) devido à distribuição assimétrica do peso corporal.

Faça valer a pena

1. As atividades funcionais ocorrem, na ampla maioria das vezes, com a execução de movimentos contínuos e associados entre várias articulações. Por exemplo, para agachar e para amarrar os sapatos observamos a combinação de movimentos nas articulações do cingulo do membro inferior, como pode ser visualizado na imagem a seguir:



Fonte: <<https://pxhere.com/pt/photo/596716>>. Acesso em: 14 maio 2018.

Assinale a alternativa que contenha a combinação de movimento que permitem o agachamento para amarrar os sapatos

- a) Extensão do quadril com anteversão pélvica.
- b) Flexão do quadril com retroversão pélvica.
- c) Extensão do quadril com retroversão pélvica.
- d) Flexão do quadril com anteversão pélvica.
- e) Posição neutra do quadril com anteversão pélvica.

2. Os desequilíbrios musculares podem provocar mudanças significativas em atividades como a caminhada e a corrida. Uma modificação comum é a fraqueza do músculo glúteo médio, capaz de provocar adaptações na mecânica da marcha, tais como:

- I – Deslocamento medial do quadril durante a fase de apoio da marcha.
- II – Deslocamento lateral do quadril durante a fase de apoio da marcha.
- III- Deslocamento lateral da coluna lombar durante a fase de apoio da marcha com ação compensatória.
- IV – Manutenção da postura da coluna lombar durante a fase de apoio da marcha.

Com base nas sentenças é correto o que se afirma em:

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças III e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- d) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- e) Somente as sentenças II e III estão corretas.

3. Os movimentos do tronco e do quadril ocorrem de maneira simétrica com participação especial da articulação sacroilíaca. Esta combinação de movimentos permite a realização conjunta de:

- Flexão do tronco ou flexão bilateral do quadril, com _____ do sacro e _____ pélvica.
- Extensão do tronco ou extensão bilateral do quadril, com _____ do sacro e _____ pélvica.

É correto o que se afirma em qual alternativa?

- a) Nutação – retroversão; contranutação – anterversão.
- b) Contranutação – retroversão; nutação – anteversão.
- c) Nutação – anteversão; contranutação – retroversão.
- d) Contranutação – anteversão; nutação – retroversão.
- e) Anteversão – nutação; retroversão – contranutação.

Referências

- CALAIS-GERMAIN, B. **Anatomia para o movimento**: introdução à análise das técnicas corporais. 4. ed. Barueri: Manole, 2010.
- DIMON, T. **Anatomia do corpo em movimento**: ossos, músculos e articulações. 2. ed. Barueri: Manole, 2010.
- FLOYD, R. T. **Manual de Cinesiologia**. 16. ed. Barueri: Manole, 2011.
- GILROY, A. M. **Atlas de anatomia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.
- HOUGLUM, P. A.; BERTOTI, D. B. **Cinesiologia clínica de Brunnstrom**. Barueri: Manole, 2014.
- HALL, S. J. **Biomecânica básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M. **Bases biomecânicas do movimento humano**. Barueri: Manole, 2012.
- KAPANDJI, A. I. **O que é biomecânica**. Barueri: Manole, 2013.
- KIRKWOOD, R. N. et al. Análise biomecânica das articulações do quadril e joelho durante a marcha em participantes idosos. **Acta ortop. bras.**, São Paulo, v. 15, n. 5, p. 267-271, 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2utFT2o>>. Acesso em: 12 maio 2018.
- LEE, D.; VLEEMING, A. **A cintura Pélvica**: Uma abordagem para o exame e o tratamento da região lombar, pélvica e do quadril. 2. ed. São Paulo: Manole, 2001.
- MOORE, K. L.; DALLEY, A. F.; AGUR, A. M. R. **Anatomia Orientada Para Clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017b.
- MOORE, K. L.; AGUR, A. M. R.; DALLEY, A. F. **Fundamentos de anatomia clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017a.
- NEUMANN, D. A. **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético**: Fundamentos para Reabilitação. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- OATIS, C. A. **Cinesiologia**: a mecânica e a patomecânica do movimento humano. 2. ed. Barueri: Manole, 2014.
- PEZZI, L. H. A. et al. **Anatomia clínica baseada em problemas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.
- PITANGUI, A. C. R.; FERREIRA, C. H. J. Avaliação Fisioterapêutica e Tratamento da Lombalgia Gestacional. **Fisioter. Mov.** v. 21, n. 2, p. 135-42, abr./jun. 2008.
- TANK, P. W.; GEST, T. R. **Atlas de Anatomia Humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.
- VAN DE GRAAF, K. M. **Anatomia humana**. 6. ed. Barueri: Manole, 2003.
- WOLF-HEIDEGGER, G. **Atlas de Anatomia Humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

Estudo morfofuncional do joelho, tornozelo e pé

Convite ao estudo

O alto índice de acidentes de trânsito, com suas consequências em setores cruciais da sociedade como o da saúde e o da economia, fez com que fosse instituído o "maio amarelo", uma campanha internacional de mobilização civil e de agentes públicos.

O Brasil tem números alarmantes neste âmbito, com 38.561 mortes provocadas por acidentes automobilísticos só no ano de 2015, sendo, assim, o quinto país com mais mortes em todo o mundo.

Apresentaremos nesta unidade de ensino o caso do sr. Dorival, que sofreu um acidente de carro, ao viajar com a sua família para o litoral, onde iam passar as festas de fim de ano. Durante a viagem, uma forte chuva ocorreu no trecho da estrada por que ele passava com a sua família e o carro veio a aquaplanar e chocar-se contra um barranco.

Infelizmente, Dorival teve múltiplas fraturas neste acidente, as quais acometeram os ossos da perna e, conseqüentemente, as articulações do joelho, tornozelo e pé. Após os primeiros socorros serem realizados, Dorival foi encaminhado para um hospital de referência da região, para que ele fosse submetido a procedimentos cirúrgicos de fixação óssea.

Após os procedimentos fisioterapêuticos iniciais, realizados na hospitalização do pós-operatório, o tratamento fisioterapêutico ambulatorial iniciou-se em uma clínica da cidade. Durante a avaliação, o fisioterapeuta solicitou as radiografias realizadas antes e após o procedimento cirúrgico para que ele pudesse analisar quais estruturas foram afetadas e, com isso, complementar sua avaliação clínica.

Para que o fisioterapeuta pudesse tirar conclusões corretas sobre quais estruturas foram afetadas, ele deveria possuir conhecimento acurado sobre a morfologia dos segmentos afetados e saber quais os procedimentos deveriam e poderiam ser realizados.

Seção 3.1

Joelho: articulações e músculos

Diálogo aberto

Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) mostram o problema epidemiológico atrelado aos acidentes automobilísticos no mundo, sendo que o Brasil possui papel de destaque negativo ao estar na quarta colocação em número de mortes nas Américas e por apresentar cerca de 400 mil pessoas com algum tipo de seqüela todo ano. O custo desta epidemia é elevado para a sociedade brasileira: aproximadamente 56 bilhões de reais, dinheiro que poderia ser aplicado em setores estratégicos da sociedade como educação e saúde.

Neste cenário, temos o caso do Dorival, que viajava com sua família, quando, durante o percurso para o litoral, enfrentou chuva torrencial, o que fez seu carro aquaplanar e chocar-se em um barranco. Ao ser socorrido, foram constatadas múltiplas fraturas nos ossos da perna, as quais comprometeram as articulações do joelho, tornozelo e pé. Dorival foi encaminhado para o hospital de referência da região, a fim de que fosse realizada cirurgia para fixação óssea.

Iniciou a fisioterapia já no hospital, no pós-operatório, e, imediatamente após alta hospitalar, foi encaminhado para atendimento em clínica. Durante a avaliação, o fisioterapeuta solicitou as radiografias realizadas antes e após o procedimento cirúrgico para que pudesse analisar quais estruturas foram afetadas e, com isso, complementar sua avaliação clínica.

O fisioterapeuta iniciou a avaliação dos exames de imagem que focam na articulação do joelho, sempre confrontando-os com a morfologia do segmento. Essa análise envolvia uma série de reflexões como a análise das estruturas musculoesqueléticas que compõem a articulação do joelho, a análise do padrão de movimentos do joelho e como essas informações serão utilizadas para a avaliação clínica e elaboração do programa de tratamento. Quais características morfofuncionais devem ser consideradas nesta análise?

Não pode faltar

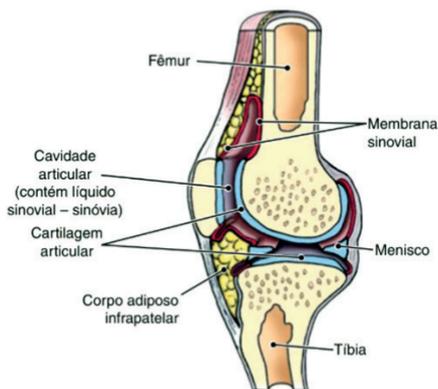
A articulação do joelho é responsável por sustentar todo o peso da coxa, formada por duas regiões amplas e estáveis, sendo proximalmente com o fêmur e distalmente com a tibia (articulação tibiofemoral), que se relacionam com a patela.

A articulação tibiofemoral, classificada como do tipo gínglimo (dobradiça), tem como características estruturais os côndilos femorais com formato curvado que se encaixa nas duas áreas côncavas dos côndilos tibiais. Entre estes côndilos encontram-se os meniscos (discos cartilagosos) que auxiliam no amortecimento e na distribuição de peso da articulação em forma de cunha crescente que se projeta da cápsula articular para dentro, além de aumentar a área para a absorção de líquido sinovial responsável pela lubrificação da articulação. Entre as duas depressões dos côndilos da tibia há uma elevação óssea denominada eminência intercondilar que permite que estruturas acessórias (ligamento cruzado anterior, menisco lateral) da articulação do joelho se fixem. A cápsula articular apresenta-se reduzida à mínima quantidade de área necessária para conter a membrana sinovial e o líquido sinovial.

A patela é um osso sesamóide, no qual é inserido o tendão do músculo quadríceps que continua até a tuberosidade da tibia, formando a articulação patelofemoral. A patela tem como funções, auxiliar na redução do atrito da articulação na flexão do joelho e otimizar a tração do músculo quadríceps. Sem a patela muito calor seria produzido pelo atrito entre o tendão do quadríceps e o ângulo agudo do joelho na flexão. É importante destacar a existência de uma bolsa suprapatelar que desliza superiormente no corpo do fêmur até a altura que a patela pode alcançar durante a extensão. O músculo articular do joelho conecta o topo da bolsa suprapatelar ao corpo do fêmur com vistas a evitar que a bolsa deslize para baixo no joelho. Há também a bolsa infrapatelar, profunda inferiormente, e a bolsa subcutânea pré-patelar anteriormente.

As estruturas e relações apresentadas no texto acima, podem ser visualizadas na Figura 3.1 exibida a seguir.

Figura 3.1 | Articulação do joelho

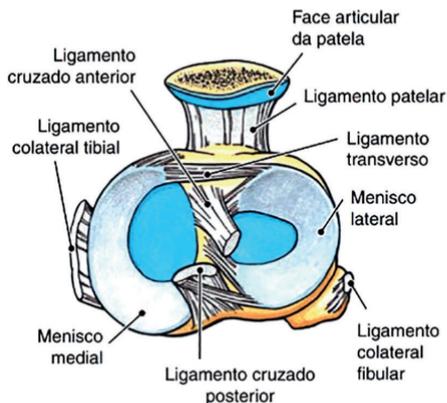


Articulação do joelho

Fonte: Hartwig (2008, p. 298).

Os meniscos medial e lateral são mais espessos em suas periferias, proporcionando ao platô tibial uma profundidade levemente maior ao longo das margens. Ancoram-se ao complexo articular nas “pontas” do “C” no platô tibial, entre as depressões condilares e próximo à fixação dos ligamentos cruzados. O menisco lateral possui um arranjo mais delicado e é pouco vascularizado, assim como o menisco medial, o que significa que, quando se rompem, geralmente não cicatrizam. Essas características podem ser visualizadas na Figura 3.2.

Figura 3.2 | Meniscos medial e lateral



Fonte: Hartwig (2008, p. 313).

A estabilidade articular é fornecida pelos ligamentos, sendo os extrínsecos, pequenos e periféricos, que reforçam a cápsula articular. Na face medial do joelho temos o ligamento colateral tibial que, do epicôndilo do fêmur à tibia, resiste à hiperextensão no impacto lateral. Na face lateral do joelho temos o ligamento colateral fibular, paralelo ao ligamento colateral tibial, que não fixa a cápsula articular. Centralmente há o ligamento poplíteo oblíquo, uma extensão de tecido conectivo da inserção do músculo semimembranáceo, e, abaixo, na face lateral, há o ligamento poplíteo arqueado que reforça a cápsula e permite a passagem do músculo poplíteo.

No interior da articulação temos os ligamentos cruzados anterior e posterior, os quais estabilizam o joelho na região anterior e posterior. O ligamento cruzado anterior fixa-se à parte anterior do platô, entre as depressões para os côndilos femorais, e estende-se súpero-posteriormente para a superfície interna do côndilo femoral lateral. O ligamento cruzado posterior fixa-se à parte posterior do platô tibial e estende-se súpero-anteriormente na superfície interna do côndilo medial. Estes ligamentos cruzam um sobre o outro e impedem que o fêmur e a tibia deslizem demais anteriormente ou posteriormente um em relação ao outro, ou seja, o ligamento cruzado anterior impede que a tibia deslize demais anteriormente em relação ao fêmur e o ligamento cruzado posterior impede que a tibia deslize demais posteriormente em relação ao fêmur. Além dos ligamentos apresentados, existem outros três ligamentos muito pequenos que completam o conjunto da articulação do joelho: o ligamento meniscofemoral anterior e o ligamento meniscofemoral posterior, os quais são pequenas lâminas que vão do menisco lateral ao ligamento cruzado posterior, e o ligamento transverso do joelho que se estende entre os meniscos medial e lateral. O sistema ligamentar pode ser visualizado na Figura 3.3.



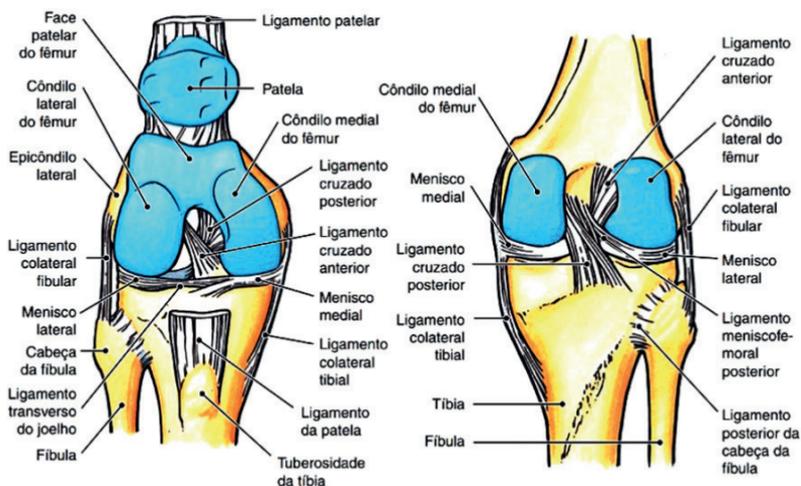
Pesquise mais

Recomendo a leitura do artigo de Victor Marques de Oliveira e colaboradores sobre a relação entre a espessura do ligamento cruzado anterior, os dados antropométricos e as medidas anatômicas do joelho.

OLIVEIRA, V. M. et al. Estudo da relação entre a espessura do ligamento cruzado anterior, os dados antropométricos e as medidas anatômicas

do joelho. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 51, n. 2, p. 194-199, mar./abr. 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2LUhJZX>>. Acesso em: 24 maio 2018.

Figura 3.3 | Ligamentos do joelho



Fonte: Hartwig (2008, p. 312).

Existem três grupos principais de músculos longos na coxa:

1. Músculos flexores: músculos isquiocrurais, localizados posteriormente na coxa.
 - a. Músculo bíceps femoral: uma cabeça origina-se no túber isquiático e a outra na metade dista do corpo do fêmur. Unem-se e inserem-se na cabeça da fíbula.
 - b. Músculo semitendíneo: origina-se no túber isquiático e insere-se na face medial da parte proximal do corpo da tibia.
 - c. Músculo semimembrâneo: origina-se no túber isquiático e insere-se no côndilo medial da tibia.
2. Músculos adutores: localizados na parte medial da coxa.
3. Músculos extensores: quadríceps, localizados na região anterior da coxa.

- a. Músculo reto femoral: origina-se no ílio (espinha íliaca anteroinferior e logo acima do acetábulo) e insere-se na tuberosidade da tibia pelo tendão comum.
- b. Músculo vasto lateral.
- c. Músculo vasto medial.
- d. Músculo vasto intermédio: origina-se nos dois terços proximais do corpo do fêmur e converge para inserir o tendão comum.

Apresentamos na Quadro 3.1 os músculos que possuem ações diretas na articulação do joelho.

Quadro 3.1 | Músculos que cruzam o joelho

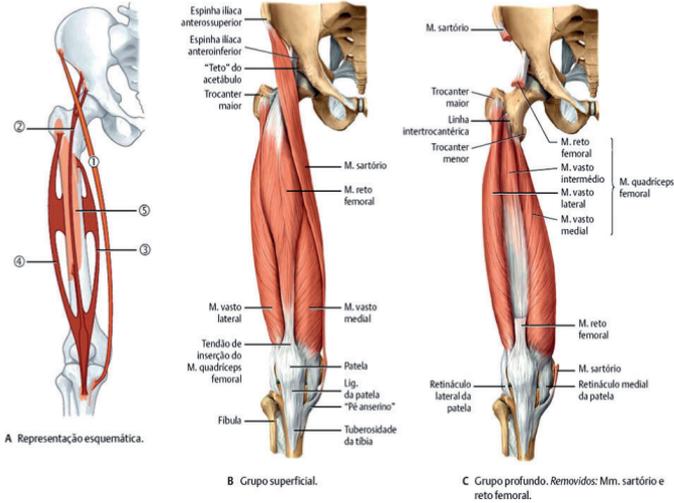
Músculo	Origem	Inserção	Inervação	Funções
Músculo Quadriceps Femoral	<ul style="list-style-type: none"> - Músculo vasto lateral: linha áspera, trocanter maior, linha intertrocantérica. - Músculo vasto medial: linha áspera, linha intertrocantérica, tendões dos músculos adutores magno e longo. - Músculo vasto intermédio: 2/3 superiores do corpo do fêmur - Músculo reto femoral, cabeça reta: espinha íliaca anteroinferior. - Músculo reto femoral, cabeça reflexa: sulco supra-acetabular. 	Conjuntamente, por meio do ligamento patelar, na tuberosidade da tibia.	Nervo femoral (L2-L4).	Extensão do joelho, além do reto femoral auxiliar na flexão do quadril.
Músculo biceps femoral	<ul style="list-style-type: none"> Cabeça longa: túber isquiático e ligamento sacrotuberal Cabeça curta: linha áspera, septo intermuscular lateral. 	Face lateral da cabeça da fibula, côndilo lateral da tibia.	<ul style="list-style-type: none"> Cabeça longa: nervo tibial (L5-S2). Cabeça curta: nervo fibular comum (L5-S2). 	Flexão do joelho e rotação lateral da perna com o joelho fletido, além da extensão do quadril (somente a cabeça longa) e rotação lateral do quadril (somente a cabeça longa).

Músculo semimembranáceo	Túber isquiático, proximal e lateralmente à origem conjunta do semitendíneo e da cabeça longa do biceps femoral ("cabeça comum").	Parte posteromedial do côndilo medial da tibia por meio da "pata de ganso".	Nervo tibial (L5-S2)	Flexão do joelho e rotação medial da perna com o joelho fletido, além da extensão do quadril.
Músculo semitendíneo	Túber isquiático (tendão comum, origem comum com a cabeça longa do biceps femoral).	Tuberosidade da tibia, por meio da "pata de ganso".	Nervo tibial (L5-S2)	Flexão do joelho e rotação medial da perna com o joelho fletido, além da extensão do quadril.
Músculo poplíteo	Côndilo lateral do fêmur; menisco lateral; ligamento arqueado, parte da cápsula articular do joelho.	Face posterior do terço proximal da tibia.	Nervo tibial (L5-S1).	Rotação medial do joelho e flexão do joelho.

Fonte: adaptado de Valerius et al. (2013, p. 166-184).

Além destes músculos, temos outros ainda que atuam na articulação do joelho, sendo um deles o músculo plantar, que é pouco ativado e que executa função fraca no joelho e no tornozelo, não desempenhando, assim, papel fundamental nas articulações destacadas (ele tem origem na face poplíteo e epicôndilo lateral do fêmur, inserção nas partes cranial e medial da tuberosidade do calcâneo, innervado pelo nervo tibial); o músculo sartório, que flexiona o joelho (tem origem na espinha ilíaca anterossuperior, inserção na parte proximal da face medial da tibia e é innervado pelo nervo femoral); o músculo grácil, que também flexiona o joelho (tem origem no ramo inferior do púbis, inserção na extremidade proximal da tibia, abaixo do epicôndilo medial e é innervado pelo nervo obturatório) e o músculo gastrocnêmio, que flete o joelho (tem origem nos côndilos medial e lateral do fêmur, inserção nas partes cranial e medial da tuberosidade do calcâneo e inervação do nervo tibial). Alguns músculos com ação no joelho podem ser visualizados nas Figuras 3.4 e 3.5.

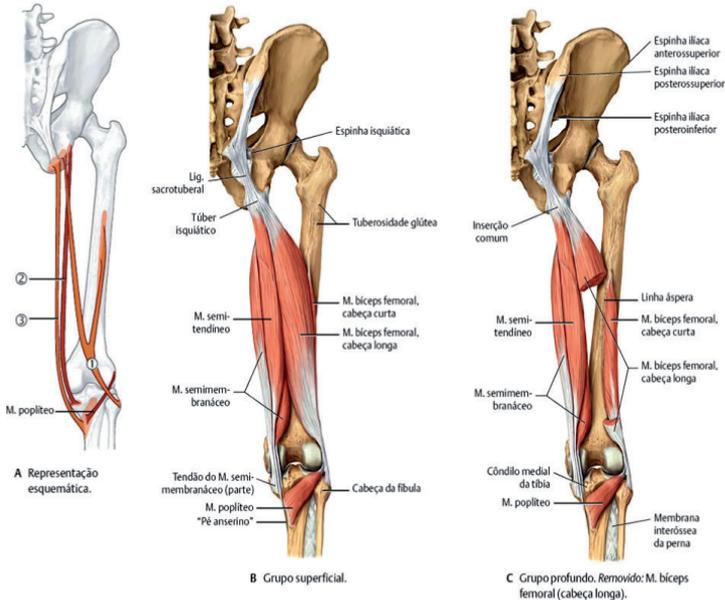
Figura 3.4 | Músculos anteriores da coxa



Legenda: 1. Sartório; 2. Reto femoral; 3. Vasto medial; 4. Vasto lateral; 5. Vasto intermediário.

Fonte: Gilroy (2017, p. 424).

Figura 3.5 | Músculos posteriores da coxa



Legenda: 1. Bíceps femoral; 2. Semimembrânico; 3. Semitendíneo.

Fonte: Gilroy (2017, p. 425).

O músculo poplíteo, que faz parte do compartimento do joelho, infiltra-se na cápsula articular do joelho e traciona o lado do côndilo lateral do fêmur; durante a sua contração, o fêmur gira levemente para fora e destrava a articulação, permitindo aos músculos flexores e extensores do joelho tracionarem de forma efetiva.

Os principais movimentos na articulação do joelho são a flexão e a extensão. Durante a flexão do joelho, o fêmur gira e desliza sobre a tibia, o tendão do quadríceps desliza sobre o sulco entre os côndilos femorais e a patela sobre o fêmur. Para completar a extensão ou iniciar a flexão, os côndilos devem girar um pouco para medial ou para lateral nas depressões tibiais.

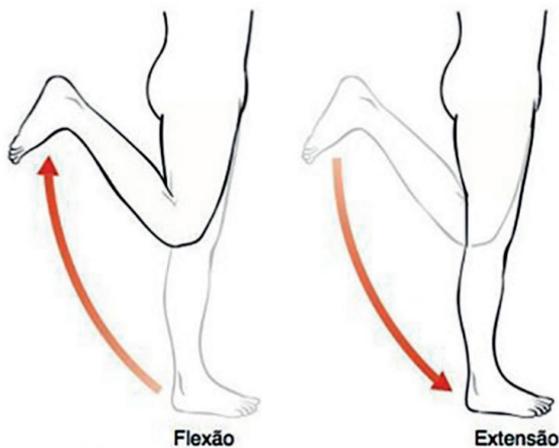


Assimile

A articulação do joelho é formada pela relação do fêmur com a tibia e com a patela, sendo que as duas articulações estão contidas em uma cápsula articular comum e suas cavidades articulares comunicam-se. A fíbula não faz parte da articulação do joelho. Cada articulação possui ligamentos colaterais tibial e fibular, tensionados na posição de extensão da perna, estabilizando a articulação no plano frontal. Os ligamentos cruzados mantêm as faces articulares do fêmur e da tibia em contato e estabilizam a articulação no plano sagital. Os músculos anteriores e posteriores da coxa podem ser classificados como extensores e flexores do joelho, respectivamente.

A flexão do joelho aproxima as faces posteriores da coxa e da perna. E a extensão é caracterizada como o retorno da perna em flexão para a posição reta. O joelho também pode realizar movimentos rotacionais, possíveis apenas quando o joelho estiver em flexão (ligamentos relaxados). Os movimentos de flexão e extensão podem ser visualizados na Figura 3.6.

Figura 3.6 | Flexão e extensão do joelho



Fonte: Lippert (2013, p. 252).

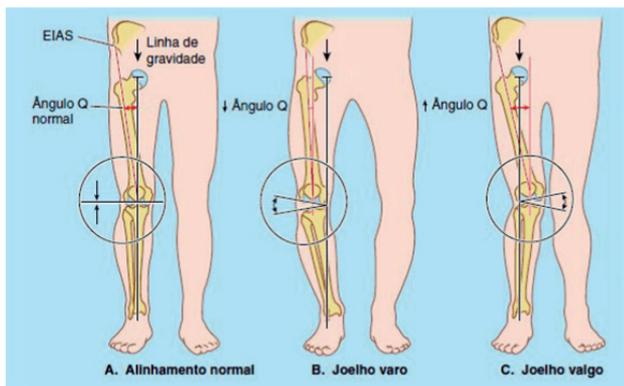


Refleta

Na Fisioterapia fazemos uso de muitos exercícios para o fortalecimento de músculos que cruzam a articulação do joelho, os quais podem ser realizados em cadeia cinética aberta (segmento distal livre) ou em cadeia cinética fechada (segmento distal fixo e com suporte considerável de resistência externa). A escolha é realizada a depender da necessidade do paciente/cliente, por isto é importante refletir sobre os objetivos traçados no momento da avaliação.

Em uma vista ampla do membro inferior, o joelho é o local de alinhamento de duas colunas ósseas, o fêmur e a tíbia, que não ocorre verticalmente (afastado em 3° da vertical), formando um ângulo aberto de, aproximadamente, $170^\circ/175^\circ$ (valgo fisiológico do joelho), que remete a uma medida denominada ângulo Q (ângulo quadricipital formado pelas retas do centro patelar e tuberosidade tibial com a do centro patelar e espinha íliaca anterossuperior), conforme Figura 3.7. Os casos que apresentam o aumento desse ângulo são denominados *genu valgum* excessivo, ou "joelho em X", e quando há inversão do valgo fisiológico e redução do ângulo Q, esses casos são denominados *genu varum* ou "perna arqueada" (Figura 3.7).

Figura 3.7 | Ângulo Q



Fonte: Moore, Dalley e Agur (2017b, [s.p.]).



Exemplificando

A avaliação postural pode ser feita por um método denominado fotogrametria computadorizada. Na articulação do joelho é comum a avaliação da flexão e extensão do joelho e do ângulo Q.

Sem medo de errar

Chegou o momento de resolvermos o caso apresentado no início da sessão, o qual fala sobre Dorival que, com politraumatismo nos membros inferiores após acidente automobilístico, levantou uma série de reflexões para o fisioterapeuta que iniciou sua avaliação após o procedimento cirúrgico e alta hospitalar.

As questões levantadas com base na avaliação dos exames de imagem da articulação do joelho de Dorival foram direcionadas para dirimir dúvidas sobre as possíveis modificações estruturais e funcionais que possam ter ocorrido na articulação. Quais características morfofuncionais devem ser consideradas nesta análise?

A articulação do joelho, formada pela porção distal do fêmur, porção proximal da tibia e patela, é classificada como do tipo gínglima (dobradiça). Os côndilos femorais relacionam-se com os meniscos medial e lateral que, por sua vez, se relacionam com os côndilos tibiais, uma cápsula articular fina que recobre toda a articulação e retêm

o líquido sinovial. A patela, osso sesamóide, inserido dentro do tendão quadríceps, fornece o ligamento patelar (continuidade do tendão do quadríceps) e garante eficiência mecânica do joelho nos movimentos de flexão e extensão. Logo acima da patela temos a bolsa suprapatelar; abaixo, a bolsa infrapatelar e também a presença da bolsa subcutânea.

A estabilidade articular é incrementada pela ação dos ligamentos colaterais tibial e fibular que fornecem estabilidade no plano frontal, e pela presença dos ligamentos cruzados anterior e posterior que fornecem estabilidade no plano sagital.

Os movimentos ocorrem pela ação de músculos flexores como o bíceps femoral, semitendíneo e semimembranáceo, além da ação do poplíteo; os músculos extensores compõem o quadríceps (músculos reto femoral, vasto medial, vasto lateral e vasto intermédio). Estes movimentos de flexão e extensão ocorrem no plano sagital e eixo látero-lateral. Além destes movimentos, temos as rotações medial e lateral que acontecem quando o joelho está na posição fletida.

Em uma vista ampla do membro inferior, o joelho é o local de alinhamento de duas colunas ósseas, o fêmur e a tibia, que não ocorre verticalmente (afastado em 3° da vertical), formando um ângulo aberto de, aproximadamente, 170°/175° (valgo fisiológico do joelho), que remete a uma medida denominada ângulo Q (ângulo quadríceps formado pelas retas do centro patelar e tuberosidade tibial com a do centro patelar e espinha ilíaca anterossuperior). Os casos que apresentam o aumento desse ângulo são denominados *genu valgum* excessivo, ou "joelho em X", e quando há inversão do valgo fisiológico e redução do ângulo Q, esses casos são denominados *genu varum* ou "perna arqueada".

Avançando na prática

Aplicação dos conhecimentos morfofuncionais do joelho na fisioterapia aquática para idosos

Descrição da situação-problema

Um grupo de idosos frequentava uma clínica de fisioterapia que possuía serviço especializado de atendimento no ambiente aquático, pois visava atuar sobre as alterações fisiológicas do envelhecimento

e preparar os idosos para a manutenção da funcionalidade dos seus membros, garantindo-lhes, assim, maior qualidade de vida.

Uma modificação frequente e acentuada nos idosos centra-se na redução da força dos membros inferiores que afeta a mobilidade funcional, impactando na autonomia e independência desses indivíduos, uma vez que inúmeras tarefas relacionadas ao cotidiano das pessoas dependem, em grande parte, da força muscular dos membros inferiores.

Dessa forma, a equipe de fisioterapia precisa ter amplo domínio sobre as funções musculoesqueléticas do aparelho locomotor dos membros inferiores, principalmente do joelho, que possui características importantes para a execução de funções de mobilidade e estabilidade.

Neste contexto, os fisioterapeutas desta clínica reúnem-se mensalmente para discutir as características que precisam de maior atenção na elaboração do programa de tratamento, de maneira que, por meio do debate, possam desenvolver todas as capacidades necessárias com vistas à evolução do grupo de idosos.

Vamos auxiliar os fisioterapeutas a refletirem sobre quais seriam essas características?

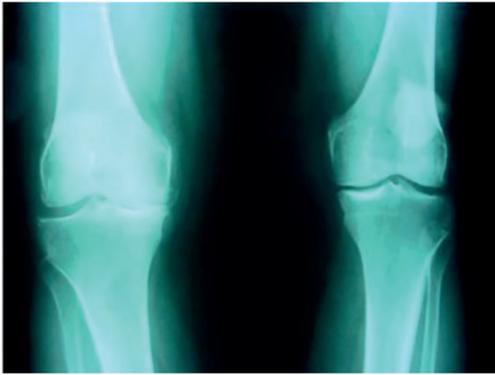
Resolução da situação-problema

Quando o idoso apresenta capacidade funcional inadequada, passa a ter dificuldades muitas vezes relacionadas ao enfraquecimento na musculatura dos membros inferiores. Atenção deve ser dada para a musculatura flexora e extensora do joelho, uma vez que o declínio da força desses grupos musculares reduz a capacidade de proteção da articulação. Além disto, a elasticidade e a estabilidade dos músculos, tendões e ligamentos se deterioram, impactando na estabilidade, força e mobilidade do segmento.

Faça valer a pena

1. O diagnóstico cinético-funcional envolve a análise de exames de imagem que auxiliam na interpretação dos sinais e sintomas relatados e encontrados no paciente/cliente. A radiografia, na vista anteroposterior, permite a observação de estruturas que compõem a articulação do joelho. A partir do conhecimento adquirido até o momento na disciplina de

Ciências Morfofuncionais, verifique a seguir quais estruturas fazem parte da articulação do joelho no seu compartimento anterior:



Fonte: ENADE (2013, p. 11). Disponível em: <<https://bit.ly/2v176us>>. Acesso em: 24 maio 2018.

- I – Côndilos femorais.
- II – Côndilos tibiais.
- III – Tálus.
- IV – Colo do fêmur.

Com base no exposto, assinale a alternativa que contenha a análise correta.

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças III e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- d) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- e) Somente as sentenças I e IV estão corretas.

2. A reabilitação de um paciente pós-cirúrgico de ligamento cruzado anterior envolve a utilização de fortalecimento dos grupos musculares que atuam no joelho. Com base nisto, analise as sentenças a seguir sobre os músculos e suas respectivas ações:

- I – A flexão do joelho é realizada pelos músculos vasto medial e vasto intermédio que formam com o reto femoral e o vasto lateral o quadríceps.
- II – A extensão do joelho é realizada pela ação dos quatro músculos que compõem o quadríceps (reto femoral, vasto medial, vasto intermédio e vasto lateral).
- III – A flexão do joelho é realizada pela ação dos músculos do compartimento posterior da coxa, bíceps femoral, semitendíneo e semimembranáceo.
- IV – A extensão do joelho é realizada pela ação dos músculos do compartimento posterior da coxa, bíceps femoral, semitendíneo e semimembranáceo.

Assinale a alternativa que contenha a análise correta das sentenças:

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças III e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- d) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- e) Somente as sentenças II e III estão corretas.

3. Na avaliação postural utiliza-se muito os conhecimentos morfofuncionais do aparelho locomotor e quanto à articulação do joelho, na vista anterior, há três possibilidades: valgo fisiológico, *genu valgum* excessivo e *genu varum*, que utilizam o ângulo Q como referência de análise. Com base no conhecimento estrutural da articulação do joelho, analise a imagem a seguir:



Fonte: <<https://bit.ly/2v4duBa>>. Acesso em: 31 jul. 2018.

Assinale a alternativa que contenha a análise correta da imagem sobre os ângulos do joelho apresentado visualmente.

- a) A imagem representa *genu valgum* ou “perna arqueada” pelo fato do joelho apresentar um aumento do ângulo Q.
- b) A imagem representa *genu valgum* ou “joelho em X” pelo fato do joelho apresentar um aumento do ângulo Q.
- c) A imagem representa *genu varum* ou “perna arqueada” pelo fato do joelho apresentar uma redução do ângulo Q.
- d) A imagem representa *genu varum* ou “joelho em X” pelo fato do joelho apresentar uma redução do ângulo Q.
- e) A imagem representa valgo fisiológico, “perna arqueada”, pelo fato do joelho apresentar um ângulo Q normal.

Seção 3.2

Tornozelo e pé: articulações e músculos

Diálogo aberto

Vimos anteriormente, no nosso contexto de aprendizagem, o caso do Sr. Dorival, que iniciou a reabilitação pós-cirúrgica de múltiplas fraturas nos membros inferiores que afetou as articulações do tornozelo e do pé.

Após avaliação detalhada do joelho, com as reflexões acerca das estruturas musculoesqueléticas, o fisioterapeuta passou para a análise dos exames de imagem que mostravam o complexo articular do tornozelo e do pé. Seguindo o mesmo raciocínio, adotou a análise das estruturas que compõem o tornozelo e pé e do padrão de movimentos deste complexo articular.

Vamos auxiliar o fisioterapeuta a determinar quais estruturas musculoesqueléticas do tornozelo e pé deveriam ser analisadas na avaliação como um todo? E como ocorrem os movimentos nesse complexo articular?

Não pode faltar

Falaremos do tornozelo e do pé como um complexo articular que tem como função receber o peso corporal e permitir o desenvolvimento dinâmico do passo durante a marcha, de modo a executar duas funções antagônicas: resistência e flexibilidade.

O pé é composto por 26 ossos com estruturas e funções diferentes, 31 articulações e 20 músculos. E a estrutura do tornozelo permite aliar plasticidade e potência dos ossos da perna.

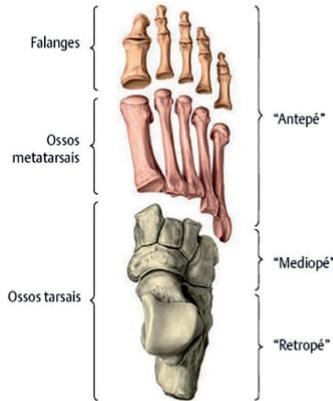
A articulação do tornozelo ou talocrural, do tipo gínglimo, assemelha-se a uma pinça plana, formada pelas extremidades distais da tibia e da fíbula que encobrem a tróclea do tálus. As superfícies articulares associam-se com muita precisão, estando a tróclea calçada pelos dois maléolos, o medial (tibia) e o lateral (fíbula). Essas superfícies são revestidas por cartilagem.

A articulação tibiotalar apoia o peso corporal e permite amplitude de movimento. Já a articulação tibiofibular é plana, formada pela face pósterio-lateral do côndilo lateral da tibia e a cabeça da fíbula, com a presença de sindesmose. E temos também a articulação talofibular.

O esqueleto ósseo do pé apresenta três regiões (Figuras 3.8 e 3.9):

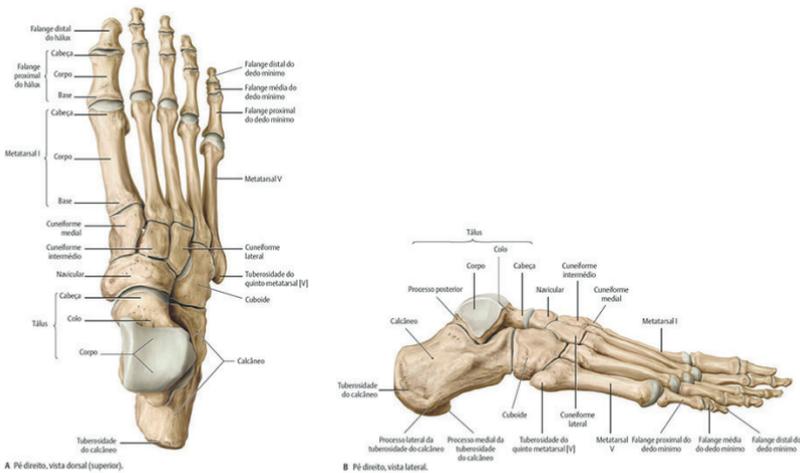
1. Anteriormente: alinhamento de ossos delgados (metatarsos e falanges) que formam o antepé. Cinco colunas de pequenos ossos, cada uma composta por um metatarso e falanges. Os metatarsos articulam-se distalmente com as falanges proximais, as quais articulam-se com as falanges médias (exceto polegar, que se articula diretamente com a falange distal), que, por sua vez, associam-se com as falanges distais.
2. Zona intermediária: cinco ossos (navicular, cuboide e três cuneiformes) que formam o médio pé. Lateralmente encontra-se o cuboide, em continuação ao calcâneo; medialmente encontra-se o navicular, em continuação ao tálus, que se articula com os metatarsos IV e V; cuneiformes encontram-se anteriormente ao navicular e articulam-se com os metatarsos I, II e III.
3. Posteriormente: dois ossos volumosos superpostos (tálus e calcâneo) que formam o retropé ou tarso posterior. O tálus articula-se com a fíbula (superiormente), calcâneo (inferiormente) e navicular (anteriormente), nas faces superior e colaterais; posteriormente, encontra-se a tróclea do tálus, anteriormente encontra-se o colo do tálus e mais anteriormente a cabeça do tálus; o tálus transmite o peso corporal a partir da tibia na direção dos dedos dos pés. O calcâneo articula-se com o tálus (superiormente) e cuboide (anteriormente); na face inferior encontram-se duas tuberosidades (medial e lateral) que se apoiam no solo; na face lateral encontra-se a tróclea fibular; na posição ortostática o peso corporal é transmitido do tálus para o calcâneo.

Figura 3.8 | Divisão do pé



Fonte: Gilroy (2017, p. 445).

Figura 3.9 | Ossos do tarso



Fonte: Gilroy (2017, p. 446).

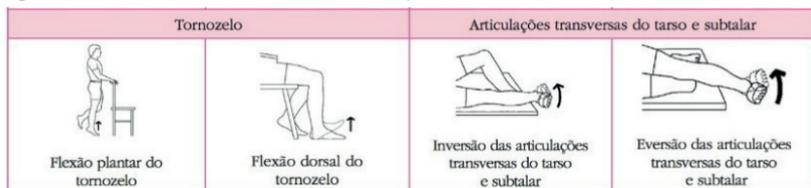
A mobilidade do tornozelo é composta pela dorsiflexão e pela plantiflexão. Já os movimentos globais do pé são:

- ✓ **Dorsiflexão ou flexão:** movimento em direção ao dorso do pé, que ocorre no plano sagital e eixo laterolateral. A amplitude é maior se o joelho estiver em flexão pela menor tensão do músculo gastrocnêmio. O tornozelo fica mais estável, pois a parte anterior da tróclea está muito bem encaixada dentro

da pinça, complementada por uma manutenção ligamentar e muscular estabilizadora.

- ✓ Plantiflexão ou extensão: movimento em direção à planta do pé, que ocorre no plano sagital e eixo laterolateral. O tornozelo fica mais instável, pois a parte posterior da tróclea encontra-se “folgada”.
- ✓ Supinação: movimento que orienta a planta do pé medialmente, ocorrendo no plano frontal e eixo anteroposterior.
- ✓ Pronação: movimento que orienta a planta do pé lateralmente, ocorrendo no plano frontal e eixo anteroposterior.
- ✓ Abdução: movimento que leva a parte anterior do pé lateralmente e que ocorre no plano transversal e eixo longitudinal.
- ✓ Adução: movimento que leva a parte anterior do pé para o plano mediano e que ocorre no plano transversal e eixo longitudinal.

Figura 3.10 | Movimentos do tornozelo e pé



Fonte: Floyd (2011, p. 26).



Pesquise mais

Você também pode ver os movimentos do tornozelo e do pé nos vídeos linkados abaixo:

- Movimentos de inversão e eversão.

TORNOZELO – INVERSÃO E EVERSÃO – VISTA ANTERIOR. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2OBOJEF>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

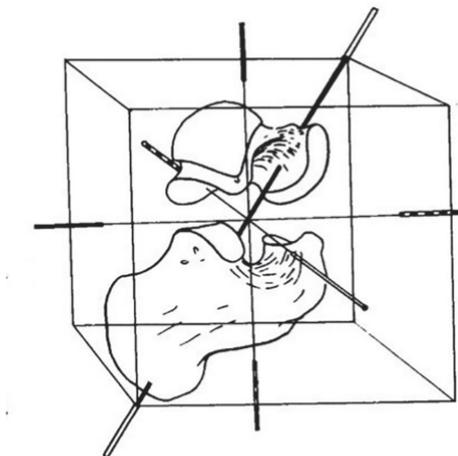
- Movimento de flexão plantar e dorsiflexão.

TORNOZELO – FLEXÃO DORSAL E FLEXÃO PLANTAR – VISTA LATERAL. 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2n68fMM>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

A articulação subtalar, entre o tálus e o calcâneo, permite mobilidade nos três planos do espaço, mas com amplitudes reduzidas:

- ✓ Plano frontal: báscula lateral do calcâneo sobre o tálus, em supinao também denominado varo e em pronao denominado valgo.
- ✓ Plano sagital: deslocamento anterior e posterior do calcâneo.
- ✓ Plano transversal: calcâneo desloca-se sobre o tálus em abduo e aduo.
- ✓ A articulao transversa do tarso,  uma linha formada por duas articulaes justapostas, a lateral que liga o calcâneo ao cuboide e a medial que une o tálus ao navicular. E como ocorre na articulao subtalar, produz movimentos combinados de inversão e eversão, tendo como movimento dominante os movimentos de abduo e aduo.
- ✓ Estes movimentos combinam-se em torno de um eixo único, o eixo de Henk (Figura 3.11), que penetra inferiormente pelo processo lateral da tuberosidade do calcâneo e sai superior, anterior e medialmente pelo colo do tálus, na sua parte medial. Ou seja,  oblíquo para cima, para frente e medialmente. Ao redor deste eixo ocorrem os movimentos:
- ✓ Inversão: combinao de supinao, aduo e flexão plantar.
- ✓ Eversão: combinao de pronao, abduo e dorsiflexão.

Figura 3.11 | Eixo de Henk

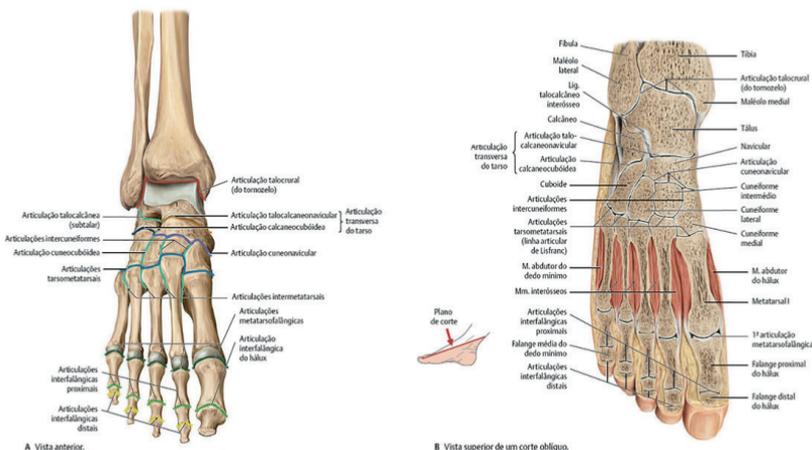


Fonte: Calais-Germain (2010, p. 271).

A articulação tarsometatarsal de Lisfranc une a parte anterior dos cuneiformes e do cuboide à parte posterior das bases dos metatarsais, os quais permitem pequenos deslizamentos dos ossos com amplitude pequena.

A articulação metatarsofalângica une a cabeça do metatarso à base da falange proximal para cada um dos cinco raios dos pés, permitindo movimento nos três planos: sagital (dorsiflexão e flexão plantar), transversal (adução e abdução) e frontal (rotações). A articulação interfalângica proximal une a cabeça da falange proximal à base da falange média, permite movimento no plano sagital e apenas o movimento de flexão. E a articulação interfalângica distal une a cabeça da falange média à base da falange distal, permite movimento apenas no plano sagital (flexão e extensão). As articulações do pé podem ser visualizadas na Figura 3.12.

Figura 3.12 | Articulações do pé



Fonte: Gilroy (2017, p. 448).

A cápsula articular do tornozelo fixa-se na proximidade das superfícies articulares de três ossos: tibia, fíbula e tálus; essa cápsula é frouxa na região anterior e posterior, com vistas a permitir mobilidade na plantiflexão e dorsiflexão.



Refleta

O arco plantar faz o pé parecer uma abóbada, sendo sustentado por três arcos que repousam sobre três pontos de apoio. Auxilia no amortecimento das pressões e adapta sua forma conforme o solo.

1 – Arco longitudinal medial: passa pelo calcâneo, tálus, navicular, cuneiforme medial e primeiro metatarsal. Mantido pelos ligamentos talocalcâneo interósseo, calcaneonavicular plantar, cuneonavicular plantar e tarsometatarsal plantar; e pelos músculos abductor do hálux, tibial posterior, fibular longo e flexor longo do hálux. Realiza a absorção dos impactos.

2 – Arco longitudinal lateral: passa pelo calcâneo, cuboide e quinto metatarso. Mantido pelos ligamentos calcaneocuboideos plantares e pelos músculos fibular curto e fibular longo. Sustenta a maior parte do peso do corpo.

3 – Arco transversal: zona central dos ossos do metatarso, sustentado pelos músculos adutor do hálux, interósseos, fibular longo e tibial posterior.

Já a articulação subtalar é formada por uma cápsula posterior e uma anterior, havendo duas cápsulas para a articulação transversa do tálus, uma medial e uma lateral. A articulação tarsometatarsal de Lisfranc são mantidas por cápsulas que se comunicam por proximidade. E nas articulações interfalângicas e metatarsofalângicas existem cápsulas articulares que revestem as referidas articulações.



Assimile

O tornozelo e o pé desempenham dupla função, recebendo o peso corporal e permitindo mobilidade, o que requer resistência e flexibilidade das suas diversas estruturas (ossos, articulações, ligamentos e músculos). Estas articulações devem aliar plasticidade e potência para executar funções essenciais como a caminhada e a corrida.

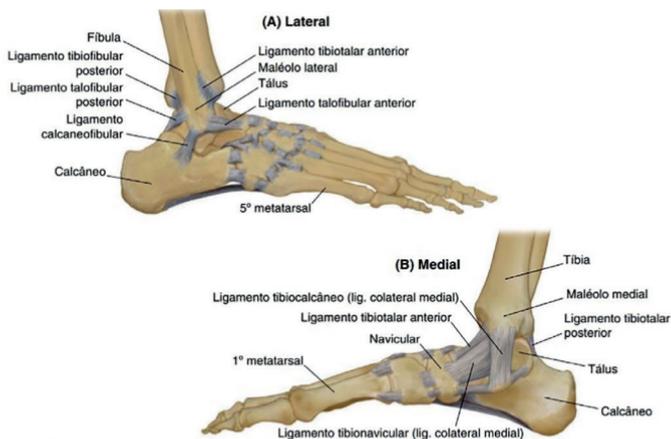
Os ligamentos colaterais reforçam a articulação do tornozelo, com três feixes ligamentares que partem de um maléolo e descem aos dois ossos do retropé. O ligamento colateral lateral possui os feixes anterior e posterior que terminam no tálus e o feixe médio

que termina no calcâneo, e são eles os ligamentos talofibular anterior, talofibular posterior e calcaneofibular, respectivamente. O ligamento colateral medial (ligamento deltoide) possui uma base larga e expande-se, fixando-se no tálus, no navicular e no calcâneo em quatro partes. As fibras anteriores fixam-se no navicular (parte tibionavicular); as fibras médias (parte tibioalcânea) descem diretamente até o sustentáculo do tálus, no calcâneo; as fibras posteriores (parte tibiotalar posterior) seguem posteriormente até o tálus. As fibras mais profundas (parte tibiotalar anterior) quase não são vistas medialmente, porque estão situadas profundamente à parte tibionavicular.

A tensão dos ligamentos varia de acordo com a posição do tornozelo: em dorsiflexão os feixes posteriores estão tensionados e os anteriores relaxados; já em plantiflexão ocorre o contrário. A estabilidade é completada pelas ações musculares. Os ligamentos podem ser visualizados na Figura 3.13.

Na articulação subtalar temos o ligamento talocalcaneal interósseo e na articulação transversa do tálus os ligamentos talonavicular dorsal, calcaneocuboideo dorsal, o bifurcado em Y de Chopart, o calcaneocuboideo plantar e o calcaneonavicular plantar. Pequenos ligamentos unem os ossos da articulação tarsometatarsal de Lisfranc. E nas articulações metatarsofalângicas e interfalângicas há o reforço de dois ligamentos colaterais, ligamento em leque deltoide e ligamento plantar glenoideo.

Figura 3.13 | Ligamentos do complexo articular do tornozelo e pé



Fonte: Hankin, Morse e Bennett-Clarke (2015, p. 375).



No *pesquise mais*, recomendo a leitura do artigo de Stefan Rammelt e colaboradores que traz uma revisão de literatura sobre as fraturas do tornozelo e pé na infância.

RAMMELT, S. Fraturas do tornozelo e do pé na infância: revisão da literatura e evidências científicas para o tratamento adequado. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 51, n. 6, nov/dez. 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2HnQgdv>>. Acesso em: 5 maio 2018.

O sistema muscular do tornozelo e do pé fixam-se em vários ossos, ou seja, são poliarticulares. Eles são divididos em músculos intrínsecos e músculos extrínsecos, conforme os Quadros 3.2 e 3.3 e a Figura 3.14:

Quadro 3.2 | Músculos intrínsecos do pé

Músculo	Origem	Inserção	Ação	Inervação
Extensor curto dos dedos.	Face superior do calcâneo.	Quatro feixes que inserem nos dedos I, II, III e IV.	Dorsiflexão dos dedos I, II, III e IV, sobretudo na falange proximal.	Nervo fibular profundo (SI e SII).
Interósseos	Dorsais: face dorsal dos metatarsos. Plantares: face plantar dos metatarsos.	Dorsais: tendão extensor da falange proximal. Plantares: base da falange proximal.	Flexão da falange proximal. Contração apenas dos plantares: adução dos dedos. Contração apenas dos dorsais: a abdução dos dedos.	Nervo plantar lateral (SI e SII).
Lumbricais	Calcâneo	Base da falange proximal.	Ajuste dos demais músculos sobre os dedos.	Nervos plantares medial e lateral (LV e SII).
Quadrado plantar	Calcâneo	Dois feixes unem-se e fixam-se nos tendões do flexor longo dos dedos.	Realinha os tendões do flexor longo dos dedos.	Nervo plantar lateral (SI e SII).

Flexor curto dos dedos.	Calcâneo	Quadro de tendões terminam na falange média.	Flexão da falange média sobre a proximal e da proximal sobre o metatarso.	Nervo plantar medial (SI e SII).
Flexor curto do hálux.	Cuboide, cuneiformes médio e lateral.	Falange proximal.	Flexão da falange proximal do hálux sobre o metatarso.	Nervo plantar medial (LV e SI).
Adutor do hálux.	Cabeça oblíqua: cuboide. Cabeça transversa: articulações metatarsofalângicas III, IV e V.	Falange proximal	Aproxima a falange proximal das outras.	Nervo plantar lateral (LV e SI).
Abdutor do hálux.	Processo medial da tuberosidade do calcâneo.	Parte medial da falange medial.	Abdução do hálux.	Nervo plantar medial (SI e SII).
Flexor curto do dedo mínimo do pé.	Cuboide	Face plantar da falange proximal do dedo mínimo.	Flexão plantar da falange proximal do dedo mínimo.	Nervo plantar lateral (SI e SII).
Abdutor do dedo mínimo do pé.	Face plantar do calcâneo.	Parte lateral da falange proximal do dedo mínimo.	Abdução do dedo mínimo, flexão do dedo mínimo sobre o metatarso e sustenta o arco plantar.	Nervo plantar lateral (SI e SII).
Oponente do dedo mínimo.	Cuboide	Face plantar do quinto metatarso.	Orienta o quinto metatarso em direção aos demais e opõe à dispersão do antepé.	Nervo plantar lateral (SI e SII).

Fonte: adaptado de Calais-Germain (2010, p. 281-285).

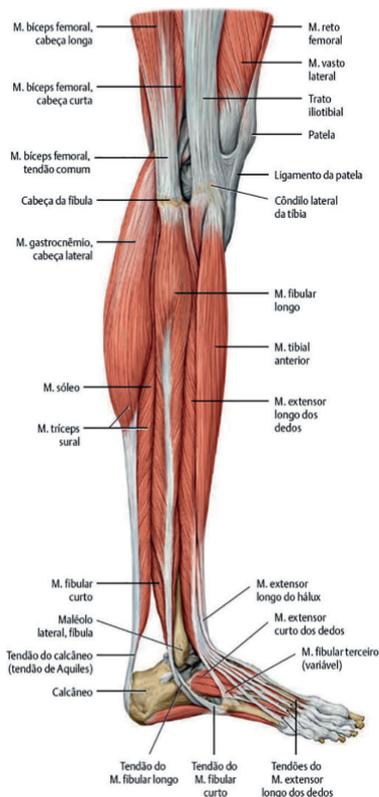
Temos também os músculos lumbricais que vêm do calcâneo e terminam na base da falange proximal, cuja ação é de ajuste dos demais músculos sobre os dedos e inervação dos nervos plantares medial e lateral (LV e SII).

Quadro 3.3 | Músculos extrínsecos do pé

Músculo	Origem	Inserção	Ação	Inervação
Tibial anterior	Face lateral da tibia.	Cuneiforme medial e primeiro metatarso.	Dorsiflexão e supinação do pé.	Nervo fibular comum (LIV – SI). Nervo fibular profundo (LIV – SI).
Extensor longo do hálux.	Face medial da fibula.	Base da falange distal do hálux.	Dorsiflexão e supinação do pé.	Nervo fibular profundo (LIV – SI).
Extensor longo dos dedos.	Côndilo lateral da tibia e face medial da fibula.	Falanges média e distal.	Extensão dos dedos II, III, IV e V.	Nervo fibular profundo (LIV – SI).
Fibular terceiro	Face medial da fibula.	Quinto metatarso	Dorsiflexão e eversão do pé.	Nervo fibular profundo (LIV – SI).
Fibular curto	Parte distal da fibula.	Quinto metatarso	Pronação, flexão plantar e abdução do pé.	Nervo fibular superficial (LV – SI).
Fibular longo	Fibula	Base do primeiro metatarso e cuneiforme medial.	Pronação e flexão plantar do pé.	Nervo fibular superficial (LV – SI).
Flexor longo dos dedos.	Face posterior da tibia.	Falange distal dos dedos II, III, IV e V.	Flexão das falanges. Flexão plantar, supinação e adução do pé.	Nervo tibial (SI – SIII).
Tibial posterior	Face posterior da tibia.	Margem medial do navicular e face plantar dos demais ossos do tarso (exceto tâlus).	Supinação, adução e flexão plantar do pé.	Nervo tibial (LIV-LV).
Flexor longo do hálux.	Face posterior da fibula.	Falange distal do hálux.	Flexão da falange distal e da falange proximal.	Nervo tibial (SI – SIII).
Sóleo	Face posterior da tibia e da fibula.	Face posterior do calcâneo.	Flexão plantar com tendência à inversão.	Nervo tibial (LV – SI).
Gastrocnêmio	Parte distal do fêmur.	Face posterior do calcâneo.	Flexão plantar com tendência à inversão. Flexão do joelho.	Nervo tibial (SI – SII).

Fonte: adaptado de Calais-Germain (2010, p. 286-295).

Figura 3.14 | Músculos do tornozelo e pé



Fonte: Gilroy (2017, p. 439).



Exemplificando

Ao assumir a posição ortostática, o peso corporal é distribuído por igual entre calcâneo e as extremidades distais dos metatarsos, entretanto, na flexão dorsal do pé, todo o peso corporal é transmitido para o calcâneo e, na flexão plantar, o peso é transmitido para os metatarsos e falanges.

Sem medo de errar

Muito bem, prezado aluno, chegou o momento de fecharmos a importância do conhecimento morfofuncional do complexo articular do tornozelo e pé para a avaliação e elaboração de

tratamento adequados para o Sr. Dorival, auxiliando, assim, o fisioterapeuta a responder os questionamentos centrais de quais estruturas musculoesqueléticas das articulações do tornozelo e pé deveriam ser amplamente discutidas. Além disso, como ocorrem os movimentos nessas articulações?

As estruturas que formam essas articulações têm como funções primordiais receber o peso corporal e permitir o desenvolvimento dinâmico do passo durante a marcha, fornecendo resistência e flexibilidade.

A articulação do tornozelo assemelha-se a uma pinça plana, formada pelas extremidades distais da tíbia e da fíbula que encobre a tróclea do tálus por dois maléolos, o medial (tíbia) e o lateral (fíbula); essas superfícies são revestidas por cartilagem.

O esqueleto ósseo do pé apresenta três regiões: o antepé formado pelos metatarsos e falanges; o médio pé, formado por cinco ossos (navicular, cuboide e três cuneiformes); e o retropé, formado por dois ossos volumosos superpostos (tálus e calcâneo).

A mobilidade do tornozelo é composta pela dorsiflexão e pela plantiflexão. Já os movimentos globais do pé são dorsiflexão ou flexão: movimento em direção ao dorso do pé, que ocorre no plano sagital e eixo laterolateral; plantiflexão ou extensão: movimento em direção à planta do pé, que ocorre no plano sagital e eixo laterolateral; supinação: movimento que orienta a planta do pé medialmente e que ocorre no plano frontal e eixo anteroposterior; pronação: movimento que orienta a planta do pé lateralmente e que ocorre no plano frontal e eixo anteroposterior; abdução: movimento que leva a parte anterior do pé lateralmente e que ocorre no plano transversal e eixo longitudinal; adução: movimento que leva a parte anterior do pé para o plano mediano, que ocorre no plano transversal e eixo longitudinal.

Temos a articulação subtalar, entre o tálus e o calcâneo, a qual permite mobilidade nos três planos do espaço, mas com amplitudes reduzidas. No plano frontal há a supinação e a pronação, enquanto que no plano sagital há deslocamento anterior e posterior do calcâneo e no plano transversal calcâneo desloca-se sobre o tálus em abdução e adução. A articulação transversa do tarso, produz movimentos combinados de inversão e eversão, tendo como movimento dominante os movimentos de abdução e adução.

A articulação metatarsofalângica une a cabeça do metatarso à base da falange proximal, para cada um dos cinco raios dos pés, permitindo movimento nos três planos: sagital (dorsiflexão e flexão plantar), transversal (adução) e frontal (rotações). A articulação interfalângica proximal une a cabeça da falange proximal à base da falange média, permitindo movimento no plano sagital e apenas o movimento de flexão. E a articulação interfalângica distal une a cabeça da falange média à base da falange distal, permitindo movimento apenas no plano sagital (flexão e extensão).

A cápsula articular do tornozelo fixa-se na proximidade das superfícies articulares de três ossos, tibia, fíbula e tálus; essa cápsula é frouxa na região anterior e posterior, com vistas a permitir mobilidade na plantiflexão e dorsiflexão. A capsula da articulação subtalar é formada por uma posterior e uma anterior. E há duas cápsulas para a articulação transversa do tálus, uma medial e uma lateral. A articulação tarsometatarsal de Lisfranc é mantida por cápsulas que se comunicam por proximidade. E nas articulações interfalângicas e metatarsofalângicas existem cápsulas articulares que recobrem essas articulações.

Os ligamentos colaterais reforçam a articulação do tornozelo, sendo que na articulação subtalar temos o ligamento talocalcaneal interósseo e na articulação transversa do tálus temos os ligamentos talonavicular dorsal, calcaneocuboideo dorsal, o bifurcado em Y de Chopart, o calcaneocuboideo plantar e o calcaneonavicular plantar, pequenos ligamentos que unem os ossos da articulação tarsometatarsal de Lisfranc. Nas articulações metatarsofalângicas e interfalângicas há o reforço de dois ligamentos colaterais, ligamento em leque deltoide e ligamento plantar glenoideo.

O sistema muscular do tornozelo e do pé fixam-se em vários ossos, ou seja, são poliarticulares. Eles são divididos em músculos intrínsecos e músculos extrínsecos. Nos músculos intrínsecos do pé temos os músculos extensor curto dos dedos (dorsiflexão dos dedos na falange proximal, nervo fibular profundo S1 e S2), interósseos (flexão da falange proximal, adução dos dedos e abdução dos dedos, nervo plantar lateral S1 e S2), lumbricais (ajuste dos demais músculos sobre os dedos, nervos plantares medial e lateral L5 a S2), quadrado plantar (realinhamento dos tendões do flexor longo dos dedos, nervo plantar lateral S1 e S2), flexor curto dos dedos (flexão

da falange média sobre a proximal e da proximal sobre o metatarso, nervo plantar medial S1 e S2), flexor curto do hálux (flexor da falange proximal do hálux sobre o metatarso, nervo plantar medial L5 e S1), abductor do hálux (aproxima a falange proximal das outras, nervo plantar lateral L5 e S1), abductor do hálux (abdução do hálux, nervo plantar medial S1 e S2), flexor curto do dedo mínimo do pé (flexão plantar da falange proximal do dedo mínimo, nervo plantar lateral S1 e S2), abductor do dedo mínimo do pé (abdução do dedo mínimo, flexão do dedo mínimo e sustentação do arco plantar, nervo plantar lateral S1 e S2) e oponente do dedo mínimo (orienta o quinto metatarso e opõe à dispersão do antepé, nervo plantar lateral S1 e S2).

Nos músculos extrínsecos temos os músculos tibial anterior (dorsiflexão e supinação do pé, nervo fibular comum L4 a S1 e nervo fibular profundo L4 a S1), extensor longo do hálux (dorsiflexão e supinação do pé, nervo fibular profundo L4 a S1), extensor longo dos dedos (extensão dos dedos, nervo fibular profundo L4 a S1), fibular terceiro (dorsiflexão e eversão do pé, nervo fibular profundo L4 a S1), fibular curto (pronação, flexão plantar e abdução do pé, nervo fibular superficial L5 e S1), fibular longo (pronação e flexão plantar do pé, nervo fibular superficial L5 a S1), flexor longo dos dedos (flexão das falanges, flexão plantar, supinação e adução do pé, nervo tibial S1 a S3), tibial posterior (supinação, adução e flexão plantar do pé, nervo tibial S1 a S3), flexor longo do hálux (flexão da falange distal e da falange proximal, nervo tibial S1 a S3), sóleo (flexão plantar com tendência à inversão, nervo tibial L5 a S2) e gastrocnêmio (flexão plantar com tendência à inversão, nervo tibial S1 a S3).

Avançando na prática

Fratura do Tarso

Descrição da situação-problema

Kaká, com 17 anos de idade, atleta de futebol profissional, apresenta-se ao serviço médico de seu clube com tumefação e dor intensa no tarso. Ele relata que durante o treino pulou para cabecear e aterrissou no pé do zagueiro adversário, "torcendo" o tornozelo.

No exame físico o fisioterapeuta encontrou edema na região tarsal, hematoma na face lateral do tarso e dor intensa no tarso, dor exacerbada sobre o maléolo lateral e teste da gaveta anterior positivo no tarso (usado para avaliar o ligamento talofibular anterior).

Ao analisar os exames de imagem, a equipe de fisioterapia discutiu sobre as estruturas afetadas e problemas de áreas adjacentes. Vamos auxiliar a equipe com dados importantes deste complexo articular?

Resolução da situação-problema

A maioria das lesões ocorrem com o pé na flexão plantar, posição menos estável do tarso. Enquanto que a inversão e a eversão forçada exercem estresse nos ligamentos da articulação talocrural e podem provocar fraturas nos maléolos e no tálus.

Como as entorses representam cerca de 40% das lesões esportivas, e, ao retornar do salto, o tornozelo está em flexão plantar para permitir contato inicial com o antepé, posição mais instável, a lesão nas estruturas articulares torna-se iminente. Normalmente o estresse na flexão plantar provoca inversão do pé e aumenta o estresse nos ligamentos laterais do tarso. Além disto, é importante verificar a integridade dos músculos flexores plantares (músculos fibular curto, fibular longo, flexor longo dos dedos, tibial posterior, sóleo e gastrocnêmio).

Ainda, fraturas unimaleolares representam cerca de 70% das fraturas do tarso e a maioria delas no maléolo lateral, o que diminui a estabilidade do tálus e a inversão forçada pode provocar o deslocamento do tálus medialmente e, conseqüentemente, a fratura do maléolo medial.

Faça valer a pena

1. Uma atleta de voleibol de 15 anos de idade sofreu uma entorse ao pisar no pé de outra atleta. Ao procurar a fisioterapia, realizou exame físico que detectou tumefação e dor na face lateral da articulação talocrural. O exame de imagem não mostrava fratura e seu diagnóstico foi determinado como entorse por inversão.

Qual ligamento está mais comprometido neste caso?

- a) Ligamento tibiocalcâneo.
- b) Ligamento tibionavicular.
- c) Ligamento tibiotalar posterior.
- d) Ligamento calcaneofibular.
- e) Ligamento tibiotalar anterior.

2. O esqueleto ósseo do pé desempenha funções antagônicas de estabilidade e sustentação do peso corporal, além da mobilidade. Para isto suas estruturas ósseas são divididas em três regiões:

- (1) Antepé.
- (2) Mediopé.
- (3) Retropé.

Nestas regiões estão dispostos os ossos em:

- (A) Tálus e calcâneo.
- (B) Metatarsos e falanges.
- (C) Navicular, cuboide e três cuneiformes.

Com base no exposto, associe corretamente as duas colunas:

- a) 1A-2B-3C.
- b) 1B-2C-3A.
- c) 1C-2A-3B.
- d) 1C-2B-3A.
- e) 1B-2A-3C.

3. A mobilidade do tornozelo é praticamente simples, composta pelos movimentos de flexão dorsal ou dorsiflexão e flexão plantar ou plantiflexão. O pé realiza movimentos nos planos sagital, transversal e frontal, sendo muitos deles combinados de maneira necessária para a execução de atividades como a marcha.

Com base no exposto, assinale a alternativa que contenha apenas movimentos que ocorrem no plano frontal do pé.

- a) Dorsiflexão ou flexão: movimento em direção ao dorso do pé; plantiflexão ou extensão: movimento em direção à planta do pé.
- b) Supinação: movimento que orienta a planta do pé medialmente; pronação: movimento que orienta a planta do pé lateralmente.

- c) Abdução: movimento que leva a parte anterior do pé lateralmente; adução: movimento que leva a parte anterior do pé para o plano mediano.
- d) Dorsiflexão ou flexão: movimento em direção ao dorso do pé; pronação: movimento que orienta a planta do pé lateralmente.
- e) Supinação: movimento que orienta a planta do pé medialmente; adução: movimento que leva a parte anterior do pé para o plano mediano.

Seção 3.3

Biomecânica do joelho, tornozelo e pé

Diálogo aberto

Como vimos anteriormente no nosso contexto de aprendizagem, o Sr. Dorival foi vítima de um acidente automobilístico que ocasionou múltiplas fraturas nos ossos de suas perna. Após encaminhamento para hospital e realização dos procedimentos cirúrgicos de fixação óssea, iniciou o tratamento fisioterapêutico e, durante a avaliação, o fisioterapeuta responsável solicitou os exames de imagem realizados antes e após o procedimento cirúrgico, para que ele pudesse analisar quais estruturas foram afetadas e, dessa maneira, proceder com sua avaliação e plano terapêutico corretamente.

Após realizar a análise dos exames de imagem do joelho, tornozelo e pé, o fisioterapeuta reuniu as informações colhidas e as adicionou na avaliação cinético funcional do paciente para que pudesse refletir de maneira mais abrangente sobre as disfunções apresentadas por ele. Esta reflexão requer ainda dois pontos fundamentais para que as conclusões sejam acuradas e confiáveis:

- Como as funções das articulações do joelho, tornozelo e pé ocorrem do ponto de vista biomecânico?
- E como essas informações são importantes para a reabilitação completa e funcional do paciente?

Não pode faltar

O joelho tem funções básicas como o suporte do peso corporal e a transmissão de forças provenientes do solo, além de permitir mobilidade entre o fêmur e a tíbia. Quando está na posição estendida, a articulação torna-se estável por causa da congruência das superfícies articulares e pelo efeito da gravidade, entretanto, na posição flexionada, a articulação torna-se móvel e necessita de estabilização proporcionada por sua cápsula articular, ligamentos e músculos. Porém, as demandas mecânicas impostas à articulação,

associadas à dependência dos tecidos moles para apoio, tornam-na vulnerável à lesão.



Assimile

O joelho é a maior e mais complexa articulação do corpo, sendo, basicamente, uma articulação de dobradiça, sempre sujeita a estresse considerável e distensão, isso devido às funções de sustentação de peso e de locomoção que executa, o que ocorre graças a um compartimento muscular fortíssimo, aliado a uma estrutura ligamentar extremamente resistente.

Na articulação tibiofemoral, que compõe o joelho, o movimento de flexão e extensão ocorre com uma quantidade de rotação pequena, mas significativa, pelas diferenças estruturais dos côndilos femorais, pois o côndilo lateral tem maior excursão nesses movimentos.

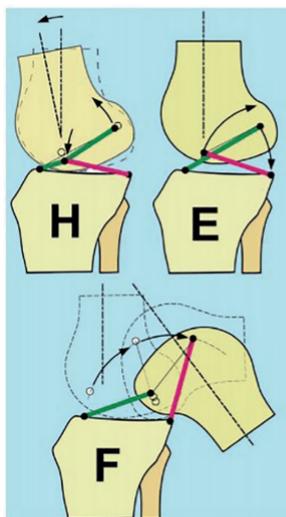
Os meniscos também apresentam diferenças quanto à mobilidade, já que o menisco lateral move-se mais que o dobro de distância do menisco medial na direção anteroposterior. Todavia, cabe ressaltar que os meniscos executam outras funções importantes como a absorção de impacto, transmitindo metade da carga na posição estendida e uma parte significativa na posição flexionada (maior demanda no menisco lateral), melhoram a lubrificação da articulação do joelho e limitam o movimento entre a tibia e o fêmur; na flexão eles movimentam-se posteriormente por causa do rolamento do fêmur e da ação dos músculos popliteo e semimembranáceo; e na extensão eles movimentam-se anteriormente, com auxílio do quadríceps femoral e da patela, além de acompanhar a tibia durante a rotação.

O joelho pode sofrer forças em valgo, caracterizadas por sua direção medial, resistidas pela ação do ligamento colateral tibial e ação do complexo do pé anserino e do músculo semimembranáceo. Também pode sofrer forças em varo, caracterizadas pela direção lateral, resistidas pela ação do ligamento colateral fibular.

Na extensão completa do joelho nota-se tensão dos ligamentos colaterais, ligamento cruzado anterior, das cápsulas posteromedial e posterolateral. Na flexão nota-se tensão do ligamento cruzado

posterior. Ou seja, independentemente de cada movimento, cada ligamento cruzado tem fibras tensionadas ou frouxas (ver Figura 3.15).

Figura 3.15 | Ligamentos cruzados



Legenda: H – Hiperextensão; E – Extensão; F – Flexão.

Fonte: Kapandji (2013, p. 98).

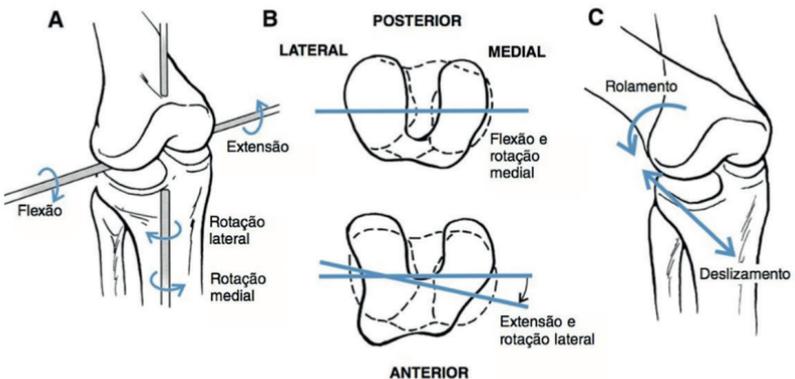
A articulação patelofemoral do joelho tem como característica fundamental a presença da patela, que aumenta a vantagem mecânica do quadríceps em até 50%. O posicionamento e o alinhamento da patela são determinados pelo ângulo Q (descrito na Seção 3.1), sendo o mais eficiente para o funcionamento da patela que ela esteja a 10° em valgo; este posicionamento ocorre pelo afastamento dos quadris na pelve e a necessidade de aproximação dos pés para evitar uma translação lateral da projeção gravitacional, que geraria claudicação. Qualquer ângulo Q excessivo o joelho passa a ser denominado *genu valgum*; enquanto que um ângulo Q muito pequeno constitui arqueamento ou *genu varum*, vide Figura 3.7 (Seção 3.1).

A articulação tibiofibular possui mobilidade deslizante anteroposterior, superior e inferior, além de movimentos rotacionais. Esta articulação dissipa as forças de torção do pé e atenua o curvamento tibial lateral.

A mobilidade do joelho como um todo tem na flexão a aproximação do centro de gravidade do corpo na direção do solo, quando a flexão do joelho é realizada em cadeia fechada ou de sustentação de peso (por exemplo, ao realizar um agachamento para pegar uma caixa que está no solo), o fêmur rola para trás sobre a tibia, perfazendo rotação lateral e abdução com relação a esse osso, enquanto que o mesmo movimento em cadeia aberta (por exemplo, durante o ciclo da marcha) o movimento da tibia com relação ao fêmur, resultando em movimentação da tibia para frente e na rotação medial e adução; tanto em cadeia aberta quanto em cadeia fechada o contato do fêmur com a tibia desloca-se posteriormente e a patela movimenta-se na direção da fossa intercondilar, além de ser possível observar um leve recuo dos meniscos.

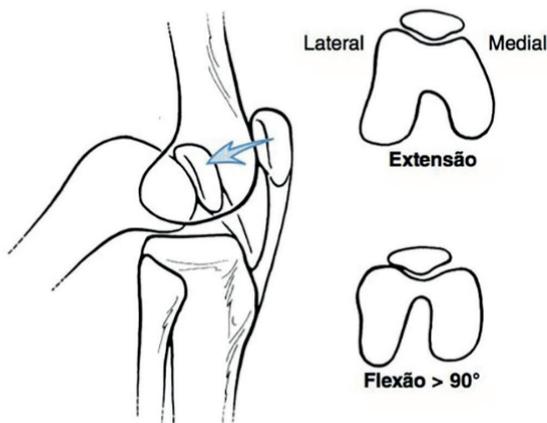
Na extensão do joelho o fêmur rola para frente e faz rotação medial e adução na cadeia fechada, enquanto que a tibia rola para trás e faz rotação lateral e abdução na cadeia aberta. O contato do fêmur com a tibia desloca-se anteriormente e a patela retorna para a posição de repouso acima de incisura troclear e repousa no coxim adiposo suprapatelar. Esse movimento é acompanhado pelo avanço dos meniscos (Figuras 3.16 e 3.17). A patela desliza inferior e superiormente contra o fêmur durante a flexão e a extensão (amplitude de 7 cm).

Figura 3.16 | Osteocinemática dos movimentos de flexão e extensão do joelho



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 226).

Figura 3.17 | Patela nos movimentos de flexão e extensão do joelho



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 208).

A rotação do joelho é possível apenas com a articulação em algum grau de flexão. A rotação medial da tíbia também ocorre quando há dorsiflexão e pronação no pé, e a rotação lateral, quando há flexão plantar e supinação no pé. É um movimento assimétrico dos côndilos do fêmur e a rotação medial está presente na flexão do joelho, cerca de 20°.

O movimento de extensão do joelho é muito importante para a geração de potência no membro inferior, seja para projeção, seja para translação humana. O pico de força ocorre entre 50° e 70° de flexão do joelho. A musculatura extensora (quadríceps femoral) também é utilizada com frequência para a contração excêntrica ou desaceleração da articulação do joelho em rápida flexão. Essa musculatura também estabiliza a patela, traciona anteriormente os meniscos através do ligamento meniscopatelar, reduz a carga sobre o ligamento colateral tibial e auxilia o ligamento cruzado posterior.

A flexão do joelho ocorre, geralmente, controlada pelos músculos extensores. Os músculos flexores (músculos isquiocruais) são mais ativos em cadeia aberta (membro fora do solo), além de auxiliar o ligamento cruzado anterior e o ligamento colateral tibial, na rotação do joelho, tracionando posteriormente o menisco. Esses músculos geram maior força a partir de 90° de flexão e também quando o quadril está flexionado (aumento da tensão e do comprimento

muscular), ou seja, ela reduz com a extensão do joelho. O pico de força é atingido na posição de 20° a 30° de flexão.

A relação de força aceitável estabelecida na literatura (contração isocinética, com pequena variação entre a concêntrica e a excêntrica) entre extensão e flexão é de 0,6, ou seja, os isquiocruais têm cerca de 60% da força do quadríceps femoral, em velocidades mais lentas. Quando se verifica essa relação em velocidades maiores, a relação chega a 0,7, porque ocorre a diminuição do pico de torque funcional que exercem em virtude da menor vantagem mecânica dos extensores e dos flexores no momento articular máximo.

Nos movimentos rotacionais os torques são maiores com o joelho flexionado em 90° e a posição do quadril também influencia com maior força de rotação medial em 120° de flexão do quadril pela maior eficiência dos músculos grácil e isquiocruais. Os picos de torque rotacionais ocorrem entre os 5° e 10° de rotação, e o torque da rotação medial é maior que o da rotação lateral.

As forças que atuam no joelho podem ser compressivas e de cisalhamento. A força compressiva tibiofemoral é maior na posição estendida pela perda do ganho mecânico do quadríceps e do mecanismo de alavanca. A força de cisalhamento tibiofemoral é máxima nos últimos graus de extensão, o que é ocasionado pela tração do tendão patelar sobre a tíbia e retirada da carga do ligamento cruzado anterior. A força compressiva patelofemoral aumenta com a flexão (máxima em 50°) pela redução do ângulo entre o quadríceps e a patela; essa força compressiva é a soma vetorial da tensão no músculo quadríceps femoral com o tendão patelar. Na flexão há mudança de orientação dos vetores de força e do aumento da necessidade de tensão do músculo quadríceps femoral para manter a posição do corpo.

Frequentemente as lesões de joelho (em todas as estruturas presentes, como por exemplo, a síndrome da dor patelofemoral, condromalácia patelar e osteoartrite) estão associadas ao mau alinhamento articular, seja nos desvios em varo, seja nos desvios em valgo, bem como nas diferenças de comprimento dos membros inferiores, deficiência de flexibilidade que altera o comprimento e a tensão muscular, e o desequilíbrio de forças entre agonistas e antagonistas.



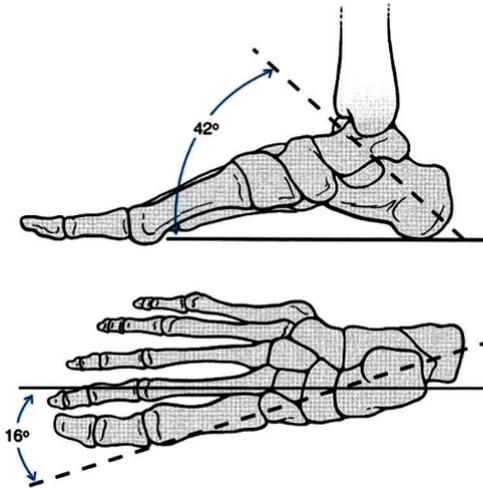
Exemplificando

O rompimento do ligamento cruzado anterior é uma lesão muito comum, séria e frequente. Geralmente, a lesão ocorre por forças rotatórias sem contato associadas à fixação do pé e a movimentos rápidos de mudança de direção.

As articulações que compõem o tornozelo e pé precisam interagir harmoniosamente e em conjunto para que sejam realizados movimentos suaves. O pé suporta o peso corporal na posição ereta e na locomoção, adaptando-se às superfícies irregulares, absorvendo choques e atenuando as forças resultantes do solo, para no fim funcionar como uma alavanca rígida que gera propulsão efetiva. A mobilidade do tornozelo, fraca quando realizada de maneira simples, aumenta com a demanda dinâmica.

A articulação do tornozelo ou talocrural, cria mais estabilidade em vez de mobilidade e os ligamentos que a circundam limitam a flexão plantar (ligamento talotibial anterior) e a dorsiflexão (ligamento talotibial posterior), a inversão (ligamento deltoide) e a eversão (ligamentos tibiofibular posterior, talofibular posterior, talofibular anterior e calcaneofibular). Já a articulação talocalcânea, formada pelos maiores ossos de sustentação do pé, tendo no calcâneo a função de braço de momento para o tendão do calcâneo para geração de grandes forças tensivas dos músculos gastrocnêmio e sóleo. O sistema ligamentar resiste às intensas pressões nos movimentos do membro inferior. Como o eixo da articulação é oblíquo (inclinado verticalmente em 41° a 45° e no plano frontal em 16° a 23°) permite movimento triplanar (pronação e supinação), conforme pode ser visualizado na Figura 3.18. Esses movimentos absorvem a rotação do membro inferior durante a fase de apoio da marcha, permitindo que a tíbia gire sobre o pé que sustenta o peso; a pronação também participa da absorção de choque.

Figura 3.18 | Eixo da articulação talocrural



Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 221).



Assimile

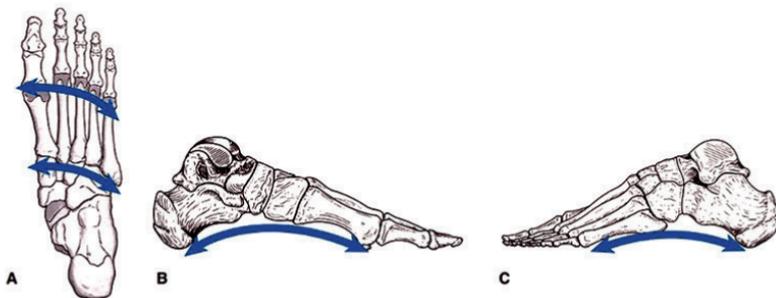
O tornozelo e o pé formam um complexo articular com muitos ossos e ligamentos que evidenciam sua complexidade, cujas funções basicamente passam pela sustentação de peso e propulsão, dependentes do funcionamento e desenvolvimento adequado de seus músculos.

Enquanto que a articulação transversa do tarso (articulações calcaneocuboidea e talocalcaneonavicular) tem grande importância funcional, os dois eixos oblíquo e longitudinal contribuem para os movimentos de inversão, eversão, abdução, adução, dorsiflexão e flexão plantar, dependendo da posição da articulação talocalcânea, ou seja, quando a articulação talocalcânea está em pronação os dois eixos do tarso ficam paralelos, trava a articulação e cria hiper mobilidade no pé, muito útil na absorção de choque e adaptação a superfícies irregulares. Todavia, já durante a supinação da articulação talocalcânea há convergência dos dois eixos do tarso que trava a articulação e permite a aplicação de força na parte final da fase de apoio, criando uma alavanca rígida.

As outras articulações do pé (articulações intertarsais), sustentadas por fortes ligamentos, produzem pequenos graus de deslizamento que alteram a forma do arco transverso do pé. O antepé (metatarsos e falanges) tem como características marcantes a mobilidade no primeiro metatarso, importante para a sustentação de peso e propulsão, enquanto que o segundo metatarso possui mobilidade limitada pelo pico do arco plantar; as articulações metatarsofalângicas são submetidas a cargas na fase de propulsão da marcha, elevação do calcanhar, início da flexão plantar e da flexão das falanges.

Devemos também abordar conceitos relacionados aos arcos plantares (Figura 3.19), sendo dois longitudinais e um transversal, que absorvem choques, sustentam parte significativa do peso corporal e exercem função de apoio durante a sustentação de peso. A linha plantar é constituída pelos músculos flexores plantares e pela aponeurose plantar. A abóbada plantar é garantida pela ação do quadriculado muscular formado por abductor do hálux, flexor longo dos dedos, abductor do quinto dedo e, adutor oblíquo e transverso do hálux.

Figura 3.19 | Arcos do pé



Legenda: A – arco transverso; B – arco longitudinal medial; C – arco longitudinal lateral.

Fonte: Hamill, Knutzen e Derrick (2016, p. 224).

Os movimentos que ocorrem no joelho e no pé devem ser coordenados para que seja maximizada a absorção de forças e minimizada a tensão. Em cadeia fechada a pronação e a supinação do pé devem corresponder à rotação do joelho e do quadril.



A combinação dos movimentos entre tornozelo e pé é essencial para a execução de atividades funcionais como a caminhada. Isto pode ser observado na marcha humana que contém um ciclo de combinação que passa, inicialmente, pela fase de apoio, por rotação lateral da tibia com supinação, para rotação medial da tibia com pronação e volta para rotação lateral da tibia com supinação, para na fase de balanço realizar rotação lateral máxima com pronação.

As ações musculares suportam impactos de alta magnitude, geram e absorvem energia durante o movimento. A musculatura flexora plantar propulsiona o corpo para frente e para cima, além de atuar excentricamente no controle da dorsiflexão, na qual a maior parte da força é gerada pelos músculos sóleo e gastrocnêmio (mais efetivo nesta função com o joelho estendido e quadríceps ativado), enquanto que os outros músculos (fibular longo, fibular curto, plantar, flexor longo do hálux, flexor longo dos dedos e tibial posterior) geram apenas 7% da força de flexão plantar remanescente. A musculatura dorsiflexora auxilia o pé a deixar o solo e controla o abaixamento do pé até o solo e o músculo com maior ganho mecânico é o tibial anterior auxiliado pelos músculos extensor longo dos dedos e do hálux e fibular terceiro.

A força muscular da flexão plantar é maior que a da dorsiflexão, o que explicado pelo fato destes músculos trabalharem contra a gravidade e manterem a posição ereta, controlando o abaixamento até o solo e ajudando na propulsão. A força da flexão plantar é maior a partir de uma posição de ligeira dorsiflexão. Por exemplo, um ângulo inicial de dorsiflexão de 105° aumentará em 16% a força de flexão plantar, enquanto que na posição inicial de dorsiflexão de 60° reduz em 42% a força de flexão plantar.

O tornozelo e o pé são submetidos a significativas forças de compressão e cisalhamento, o que ocorre, por exemplo, durante uma caminhada em que a força de compressão pode chegar a até 3 vezes o peso corporal no momento do contato do calcanhar com o solo, e até 5 vezes na elevação dos dedos. A força de cisalhamento tem menor magnitude e advém das forças de cisalhamento

absorvidas do solo e da posição do pé. Quando essas forças ocorrem de maneira exacerbada ou se são recorrentes, podem ocasionar lesões como a fascite plantar.

A articulação talocrural chega a sofrer picos de força de 13,3 vezes o peso corporal, o tendão calcâneo de até 10 vezes o peso corporal. A articulação talocalcânea está sujeita a forças menores, que chegam até a 2,4 vezes o peso corporal, e a articulação talocalcaneonavicular a 2,8 vezes o corporal.

O seio do tarso funciona como um pivô central por onde cruzam os eixos da perna, pé, subtalar, talocrural e frontal do calcâneo. Em resumo, as tensões estão associadas com a capacidade de absorção do complexo do retropé e à qualidade de proteção dos tendões periarticulares.

Muitas lesões que ocorrem nos membros inferiores se devem à falta de sincronismo entre os movimentos das articulações talocalcânea e do joelho, muito comum em atividades que tenham movimentos em alta velocidade e com passadas mais amplas. Além disto, as funções do pé são modificadas perante qualquer modificação no alinhamento do membro inferior ou como resultado do movimento anormal de acoplamento do membro inferior, por exemplo, o alinhamento em varo do membro inferior aumentará a pronação na articulação talocalcânea.

De maneira geral, lesões do mediopé ocorrem por excessivo movimento lateral ou demasiada amplitude de movimento no pé. Por outro, lado lesões no antepé ocorrem por forças compressivas e tensivas.



Pesquise mais

Recomendo, nesta seção, a leitura do artigo de Gustavo Leporace e colaboradores, o qual aborda o sinergismo do joelho durante a marcha um ano após a reconstrução do ligamento cruzado anterior.

LEPORACE, G. et al. Sinergismo do joelho durante a marcha permanece inalterado um ano após a reconstrução do LCA. **Acta. Ortop. Bras.**, v. 24, n. 3, p. 137-141, 2016. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/657/65745157004/>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

Pois bem, chegou o momento de auxiliarmos o fisioterapeuta a refletir sobre as funções biomecânicas do joelho, tornozelo e pé e como o conhecimento dessas funções podem auxiliar na recuperação funcional de Dorival.

O joelho tem como características essenciais a realização de funções como suporte do peso corporal, transmissão de forças provenientes do solo, além de permitir mobilidade entre o fêmur e a tíbia. Para realizar estas ações, essa articulação tem que ser estável na posição estendida (congruência das superfícies articulares e ação da gravidade) e na posição flexionada (cápsula articular, ligamentos e músculos).

A articulação tibiofemoral tem, nos movimentos de flexão e extensão, uma pequena quantidade de rotação devido às diferenças estruturais dos côndilos femorais, bem como dos meniscos, os quais transmitem metade da carga na posição estendida e parte significativa na posição flexionada, além de ajustarem-se nos movimentos em virtude do rolamento do fêmur e da ação muscular do poplíteo.

O joelho está submetido a forças em valgo balanceada pela ação do ligamento colateral tibial, do complexo do pé anserino e do músculo semimembranáceo, como as forças em varo resistidas pela ação do ligamento colateral fibular.

A ação ligamentar dá-se na extensão pela tensão dos ligamentos colaterais, cruzado anterior e das cápsulas posteromedial e posterolateral e, na flexão, pela tensão do ligamento cruzado posterior.

A articulação patelofemoral, por meio da patela, provê vantagem mecânica para o quadríceps e o seu posicionamento e alinhamento formam o ângulo Q, que determina alinhamento normal, *genu valgum* ou *genu varum*.

Por fim, temos a articulação tibiofibular com mobilidade deslizante anteroposterior, superior e inferior, que dissipa as forças de torção do pé.

Dessa forma a mobilidade do joelho na flexão tem diferenças em cadeia fechada ou aberta, sendo que na fechada o fêmur rola para

trás sobre a tibia, com rotação lateral e abdução, enquanto que na cadeia aberta a tibia movimenta-se para frente com rotação medial e adução. Na extensão o fêmur rola para frente com rotação medial e adução na cadeia fechada, e na cadeia aberta a tibia rola para trás com rotação lateral e abdução.

Já a rotação do joelho é possível com a articulação em algum grau de flexão, e acompanha a dorsiflexão e pronação do pé (rotação medial da tibia), flexão plantar e supinação no pé (rotação lateral da tibia).

Na geração de força a extensão do joelho gera potência necessária para projeção do corpo, sendo o pico de força entre 50° e 70°; a musculatura extensora controla a velocidade dos movimentos do joelho e estabiliza a patela. Na flexão do joelho o pico de força é atingido na posição de 20° a 30° de flexão. E a relação de força aceitável entre extensão e flexão é de 0,5.

Já o complexo do tornozelo e pé realiza movimentos suaves, suporta o peso corporal na posição ereta e adapta-se às superfícies irregulares, absorvendo choques e atenuando as forças resultantes do solo, para poder funcionar como uma alavanca rígida capaz de gerar propulsão efetiva.

A articulação talocrural cria mais estabilidade em vez de mobilidade por meio do sistema ligamentar, e a articulação talocalcânea gera grandes forças tensivas. A articulação transversa do tarso contribui para os movimentos de inversão, eversão, abdução, adução, dorsiflexão e flexão plantar, enquanto que as articulações intertarsais produzem pequenos graus de deslizamento. O antepé atua na sustentação de peso e propulsão.

Os movimentos que ocorrem no joelho, tornozelo e pé devem ser coordenados para que seja maximizada a absorção de forças e minimizada a tensão. Por isso, é importante considerar estes aspectos biomecânicos para o caso de Dorival, pois muitas lesões se dão pela falta de sincronismo entre os movimentos das articulações do tornozelo, pé e joelho. Por isso, a análise biomecânica auxilia na recuperação funcional do Sr. Dorival, tendo em vista a associação das lesões do joelho com mau alinhamento articular, nas diferenças de comprimento dos membros inferiores, deficiência de flexibilidade e desequilíbrio de forças.

Fatores biomecânicos na postura dos membros inferiores de bailarinos

Descrição da situação-problema

Um grupo de alunos iniciou um projeto de extensão com bailarinos de um projeto social, com objetivo de contribuir com a performance e a prevenção de lesões. Para isso, o foco do projeto de extensão foi trabalhar com os principais fatores biomecânicos relacionados à postura em praticantes de ballet clássico.

A primeira atividade foi focada na biomecânica do joelho, tornozelo e pé. Vamos auxiliar o grupo de alunos com as informações necessárias?

Resolução da situação-problema

Os desalinhamentos mais comuns no ballet clássico são a hiperlordose lombar, em virtude da anteversão pélvica e do deslocamento posterior do centro de gravidade, bem como a hiperextensão dos joelhos, decorrente da posição de ponta. Além disto, apresentam deslocamento anteroposterior em fase de oscilação do tornozelo e do joelho, relacionado a treinos intensos e prolongados. Existem também tendências de apresentar tornozelos valgos e pronados.

Por outro lado, o ballet desenvolve controle de estabilidade postural por uma distribuição de controle específico, principalmente na articulação do tornozelo por meio de um melhor controle neuromuscular e sensibilidade proprioceptiva.

Em resumo, o grande esforço muscular pelas diferentes ações musculares e diferentes forças atuantes podem indicar sobrecarga mecânica no aparelho locomotor e interferir de forma direta sobre a estrutura e função do joelho, tornozelo e pé.

Faça valer a pena

1. Tendo em vista as características musculares, cinesiológicas e biomecânicas podemos posicionar os segmentos corporais a fim de alcançar maiores forças em determinados movimentos. Neste sentido,

verifique nas sentenças a seguir qual(is) corresponde(m) à obtenção da máxima força de flexão plantar:

I – Ter os joelhos fletidos.

II – Ter o tornozelo em ligeira flexão plantar.

III – Ter os joelhos estendidos.

IV – Ter o tornozelo em ligeira dorsiflexão.

Assinale a alternativa que contenha a análise correta.

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças III e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- d) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- e) Somente as sentenças I e IV estão corretas.

2. As articulações estão submetidas, geralmente, a dois tipos de cargas: forças compressivas e forças de cisalhamento. A articulação patelofemoral sofre maiores forças compressivas em qual(is) situação(ões):

I – A força de compressão da articulação patelofemoral é maior em atividades com flexão e extensão leve de joelho, como na caminhada.

II – A força de compressão da articulação patelofemoral é maior em atividades que requeiram agachamento.

III – A força de compressão da articulação patelofemoral é alta em exercícios que trabalhem a extensão terminal do joelho.

IV – A força de compressão da articulação patelofemoral aumenta à medida que aumenta a flexão do joelho.

Com base no exposto, é correto o que se afirma em:

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças III e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- d) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- e) Somente as sentenças I e IV estão corretas.

3. A articulação do joelho tem funções básicas como suporte do peso corporal e transmissão de forças ascendentes e descendentes. Para isto utiliza-se de tecidos como ossos, ligamentos, cápsula articular, meniscos e músculos. Uma das articulações que compõe o joelho é a articulação patelofemoral responsável por:

I – Promover força em varo, extrapolando a resistência do ligamento colateral fibular.

- II – Absorver impacto pela área dos côndilos femorais.
- III – Aumentar a vantagem mecânica do quadríceps em 50%.
- IV – Alinhar a patela e formar o ângulo Q.

Com base nas sentenças é correto o que se afirma em:

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças III e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- d) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- e) Somente as sentenças I e IV estão corretas.

Referências

- CALAIS-GERMAIN, B. **Anatomia para o movimento**: introdução à análise das técnicas corporais. 4. ed. Barueri: Manole, 2010.
- DIMON, T. **Anatomia do corpo em movimento**: ossos, músculos e articulações. 2. ed. Barueri: Manole, 2010.
- DUFOUR, M; PILLU, M. **Biomecânica funcional**: membros, cabeça e tronco. Barueri: Manole, 2016.
- FLOYD, R. T. **Manual de cinesiologia estrutural**. 16. ed. Barueri: Manole, 2011.
- GILROY, A. M. **Atlas de anatomia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017.
- HANKIN, M. H.; MORSE, D. E.; BENNETT-CLARKE, C. A. **Anatomia clínica**: uma abordagem ao estudo de caso. Porto Alegre: AMGH, 2015.
- HALL, S. J. **Biomecânica básica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
- HAMILL, J.; KNUTZEN, K. M.; DERRICK, T. R. **Bases biomecânicas do movimento humano**. 4. ed. Barueri: Manole, 2016.
- HARTWIG, W. C. **Fundamentos em anatomia**. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- LEPORACE, G. et al. Sinergismo do joelho durante a marcha permanece inalterado um ano após a reconstrução do LCA. **Acta. Ortop. Bras.**, v. 24, n. 3, p. 137-141, 2016. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/657/65745157004/>>. Acesso em: 14 jun. 2018.
- LIPPERT, L. S. **Cinesiologia clínica e anatomia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- MARTINI, F. H.; TIMMONS, M. J.; TALLISTCH, R. B. **Anatomia Humana**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- MOORE, K. L.; DALLEY, A. F.; AGUR, A. M. R. **Anatomia Orientada Para Clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017b.
- MOSER, A. D. de L.; MALUCELLI, M. F.; BUENO, S. N. Cadeia cinética aberta e fechada: uma reflexão crítica. **Fisioter. mov.**, v. 23, n. 4, p. 641-650, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2vmKYdw>>. Acesso em: 24 maio 2018.
- OLIVEIRA, V. M. et al. Estudo da relação entre a espessura do ligamento cruzado anterior, os dados antropométricos e as medidas anatômicas do joelho. **Revista Brasileira de Ortopedia**, v. 51, n. 2, p. 194-199, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2LUhJZX>>. Acesso em 24 maio 2018.
- VALERIUS, K. P. et al. **O livro dos músculos**. São Paulo: Santos, 2013.

Estudo da análise da marcha humana

Convite ao estudo

O ato de caminhar, tão comum nas atividades executadas no dia a dia, muitas vezes tem sua execução acontecendo de forma automática e sem atenção; por isso, diversas condições podem impactar os gestos que geram o ato de deambular e podem ocasionar diversos problemas para a sociedade.

Neste sentido, podemos destacar as quedas em idosos, as quais podem ser consideradas como um problema de saúde pública devido à alta frequência e à relação com os índices de morbimortalidade, principalmente pelo fato destes eventos serem preveníveis em grande parte dos casos. A marcha humana, assim como outros fatores, destaca-se pela relação inversa com a idade e direta com os declínios físico-funcionais observados no processo de envelhecimento.

Assim, apresentamos nesta unidade de ensino o caso do Sr. José, senhor de 68 anos de idade, aposentado, que caminhava até a padaria, quando começou a se sentir mal, com perda da força e da sensibilidade de um lado do corpo, o que culminou em sua queda. Algumas pessoas que passavam pela rua foram prestar socorro e chamaram o serviço de emergência, descrevendo o ocorrido. Chegando ao hospital, foi constatado um Acidente Vascular Encefálico (AVE) com hemiparesia.

Ao ser encaminhado para a fisioterapia, uma avaliação ampla foi realizada a fim de determinar todas as funções e segmentos impactados pelo AVE. Nela, focou-se na queixa, tanto do Sr. José quanto da família, de que ele estava com dificuldades para caminhar e apresentava um padrão estranho para a realização dessa atividade funcional. Assim sendo,

o fisioterapeuta foi buscar em sua biblioteca e em artigos científicos eletrônicos as informações necessárias para que houvesse avaliação e prescrição eficientes de tratamento no tocante à análise da marcha desse paciente hemiparético.

Seção 4.1

Descritores da marcha humana

Diálogo aberto

Para esta seção, tomemos por base o caso do Sr. José, cujo Acidente Vascular Encefálico deixou-lhe como seqüela a hemiparesia, condição que interfere na execução de diversas funções do corpo, entre as quais destacou-se a dificuldade para caminhar, atividade que ocorre com um padrão diferente do habitual.

Focado na necessidade de realizar uma orientação correta da marcha do paciente durante o processo reabilitativo da fisioterapia, e sempre almejando atingir as características descritivas do movimento, o fisioterapeuta deve ter amplo domínio do ciclo da marcha, a fim de que realize as análises adequadas e proponha o tratamento correto para devolver a função quando necessário.

Neste contexto, durante a avaliação da marcha do paciente com seqüelas provenientes do AVE (hemiparético), o fisioterapeuta buscou em sua biblioteca e em artigos científicos estudos que tratam das seguintes questões: como se dá, no aspecto espacial e temporal, a marcha humana? Quantas e quais são as fases em que ocorrem a marcha humana? Como o corpo se comporta durante a marcha humana? Perguntas necessárias para a elaboração de um tratamento eficiente e pautado em metas condizentes com a condição do paciente.

Não pode faltar

Chegou o momento de buscarmos informações para auxiliar o fisioterapeuta do Sr. José a elaborar uma avaliação e um tratamento eficientes e capaz de devolver ao paciente a função de locomoção por meio da marcha.

A marcha humana é o modo de deslocamento natural do corpo humano, que possui um ritmo ideal, porém variável de indivíduo para indivíduo, e que gira em torno de 4 a 5 km/h. Ela é definida como uma locomoção bípede com atividade alternada dos membros inferiores e manutenção do equilíbrio dinâmico.



A caminhada é o método de locomoção que usamos para mover nosso corpo de um lugar para outro e o modo como caminhamos é denominado de marcha, que difere de uma pessoa para outra, mas que apresenta similaridades básicas.

Por isso o conhecimento da marcha normal é essencial para que o fisioterapeuta corrija a marcha anormal, que pode ocorrer após uma lesão, por exemplo, e para que compreenda o uso dos dispositivos auxiliares quando necessário.

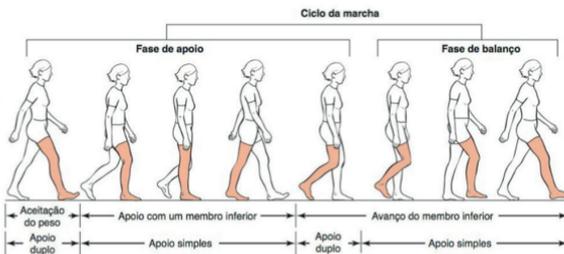
A caminhada requer equilíbrio sobre um membro inferior enquanto o outro move-se, bem como do tronco e dos membros superiores. A cadência (número de passos por minuto) varia muito, mas independentemente da cadência utilizada, o ciclo da marcha será o mesmo. Há uma grande variação na velocidade, perpassando por uma faixa de 60 a 122 passos por minuto.

O ciclo da marcha, também denominado passada, é caracterizado pela passagem do contato de um calcanhar com o solo até o contato do mesmo calcanhar com o solo novamente; seu comprimento é definido como a distância percorrida durante o ciclo da marcha, que possui em média 156 cm. O passo é a metade da passada e dois passos (direito e esquerdo) equivalem a um ciclo da marcha (passada), e seu comprimento dá-se pela distância entre o toque do calcanhar de um pé no solo até o toque do calcanhar do outro pé no solo, cuja média varia de 5 a 8 cm.

Este processo é dividido em duas fases (vide Figura 4.1):

1. Fase de apoio: 60% do ciclo.
2. Fase oscilante ou fase de balanço: 40% do ciclo.

Figura 4.1 | Ciclo da marcha



Fonte: Lippert (2013, p. 302).

No início da fase de apoio, de 0 a 15% do ciclo, o calcanhar ataca o solo, momento em que a distância quadril-solo apresenta menor valor pela posição do quadril em ligeira flexão e rotação lateral (absorvendo parcialmente o choque), joelho em ligeira flexão e tornozelo perpendicular ao segmento tibial; o tronco está ereto e roda contralateralmente, membro superior oposto está à frente e membro superior ipsilateral em hiperextensão de ombro.

Ainda na fase de apoio, de 15 a 40% do ciclo da marcha, o pé tem contato pleno com o solo e o membro tem a altura máxima pelo posicionamento do quadril em retidão; o joelho fica em ligeira flexão (para evitar o deslocamento ascensional do centro de gravidade) e o tornozelo em posição neutra ou em ligeira flexão plantar.

Já entre 40 e 50%, na fase de apoio, o calcanhar desloca-se do solo, o apoio passa para o antepé; o quadril e o joelho estão em ligeira flexão, e o tornozelo em posição neutra. Por fim, entre 50 e 60% do ciclo da marcha na fase de apoio, o deslocamento dos dedos acontece de maneira progressiva (do quinto para o primeiro), o quadril está em retidão ou leve extensão, o joelho em flexão e o tornozelo em posição neutra ou leve flexão plantar.

Durante a fase de apoio da marcha, a articulação do quadril sofre uma força compressiva cuja magnitude alcança de 3 a 5 vezes o peso corporal, a qual aumenta conforme a velocidade da marcha se eleva.

Na fase oscilante ou fase de balanço, nos primeiros 15°, o membro oscilante avança por meio de um encurtamento máximo do membro e as articulações estão em tripla flexão, para nos 25° finais do ciclo o joelho ser levado em extensão, o quadril em flexão e rotação lateral e o tornozelo em posição neutra.



Exemplificando

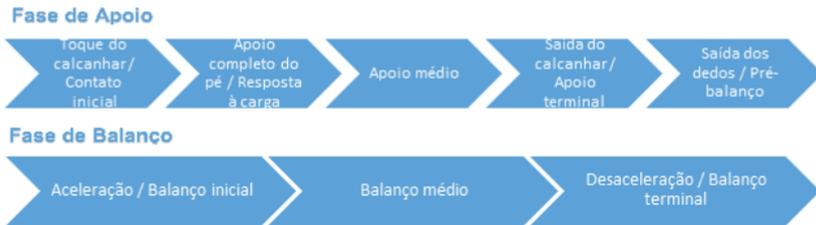
Édson Arantes do Nascimento, ex-jogador de futebol, machucou seu tornozelo e ficou incapaz de andar sobre ele. A entorse de segundo grau foi tratada de maneira conservadora (gesso por duas semanas e, posteriormente tala por quatro semanas). Ao retirar a imobilização não era capaz de caminhar normalmente e sua marcha apresentava deficiências na amplitude de movimento e força, por isso fazia uso de dispositivo auxiliar até que pudesse caminhar normalmente. O seu tratamento fisioterapêutico estava, portanto, nesta fase focado em treinar a marcha para que pudesse realizar novamente todas as fases adequadamente.

Em outras palavras, o ciclo da marcha engloba três atividades:

1. Aceitação do peso: início da fase de apoio.
2. Apoio em um membro inferior: o peso do corpo é totalmente transferido para o membro inferior de apoio para que o outro membro possa se deslocar para frente.
3. Avanço do membro inferior: durante a fase de balanço ou fase oscilante.

Em tempo, é importante destacar que, conforme pode ser visualizado na Figura 4.1, o ciclo da marcha possui dois períodos de apoio duplo (dois pés em contato com o solo ao mesmo tempo – início da fase de apoio de um membro inferior e final da fase de balanço do outro) e dois períodos de apoio simples; além disso não há período sem apoio. Cada apoio duplo corresponde a 10% do ciclo da marcha e cada apoio simples 40% do ciclo da marcha. A Figura 4.2 representa o fluxo do ciclo da marcha.

Figura 4.2 | Fluxo do ciclo da marcha



Fonte: elaborada pelo autor..



Assimile

As fases de apoio e balanço compõem as duas fases do ciclo da marcha. A fase de apoio pode ser dividida em cinco períodos:

1. Toque do calcanhar ou contato inicial.
2. Apoio completo do pé ou resposta à carga.
3. Apoio médio.
4. Saída do calcanhar ou apoio terminal.
5. Saída dos dedos ou pré-balanço.

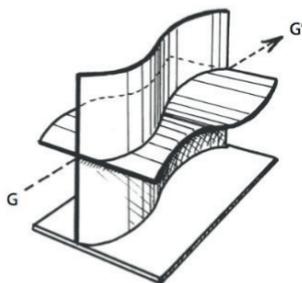
A fase de balanço é formada por três períodos:

1. Aceleração ou balanço inicial.
2. Balanço médio.
3. Desaceleração ou balanço terminal.

Os deslocamentos do centro de gravidade ocorrem por razões energéticas nos planos frontal, sagital e horizontal. No plano sagital o deslocamento varia de 0% a 15% e 40%. No plano frontal há pequena translação lateral pelo valgo fisiológico dos joelhos. E no plano horizontal tem-se o giro pélvico que equilibra o movimento direita-esquerda. Estes deslocamentos podem ser visualizados na Figura 4.3.

O deslocamento vertical do centro de gravidade é considerado normal quando fica na amplitude de 5 cm, cujo ponto mais alto ocorre na fase de apoio médio, e o mais baixo no toque do calcanhar no solo. Já o deslocamento horizontal apresenta cerca de 5 cm de deslocamento laterolateral, conhecido como largura da base da marcha.

Figura 4.3 | Deslocamentos do centro de gravidade



Fonte: Dufour e Michel (2016, p. 96).



Pesquise mais

Indico a leitura do artigo de Elaine Cristina Lopes Guimarães e colaboradores, no periódico *Fisioterapia em Movimento*, o qual trata da repetibilidade das variáveis espaço-temporais da marcha em indivíduos saudáveis. Neste artigo eles analisaram as variáveis comprimento do ciclo, comprimento do passo, velocidade da marcha e cadência por meio de recursos tecnológicos.

GUIMARÃES, E. C. L. et al. Estudo da repetibilidade das variáveis espaço-temporais da marcha em indivíduos saudáveis. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 20, n. 4, p. 83-90, out/dez. 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2wxaEoh>>. Acesso em: 21 jun. 2018.

Sem medo de errar

Pois bem, prezado aluno, vamos auxiliar o fisioterapeuta do Sr. José quanto à resolução das perguntas levantadas em relação à elaboração de avaliação e de tratamento eficientes para a disfunção da marcha, gerada pela hemiparesia decorrente de um AVE, nos aspectos temporal e espacial do ciclo da marcha humana? E como o corpo se comporta durante a marcha humana? Essas são perguntas necessárias para a elaboração de um tratamento eficiente e pautado em metas condizentes com a condição do paciente

Vimos durante essa seção que a marcha humana é a capacidade do indivíduo se locomover de forma bípede, necessitando estritamente do equilíbrio dinâmico para que a cadência seja adequada à execução segura e eficiente.

O ciclo da marcha humana é composto basicamente por duas fases: a fase de apoio, que corresponde a 60% do ciclo, e a fase de balanço, que corresponde a 40% do ciclo. A fase de apoio é formada por cinco etapas:

1. Toque do calcanhar ou contato inicial.
2. Apoio completo do pé ou resposta à carga.
3. Apoio médio.
4. Saída do calcanhar ou apoio terminal.
5. Saída dos dedos ou pré-balanço.

Enquanto que a fase de balanço é formada por três etapas:

1. Aceleração ou balanço inicial.
2. Balanço médio.
3. Desaceleração ou balanço terminal.

Esse ciclo ocorre, portanto, de maneira dinâmica e por isso provoca deslocamentos do centro de gravidade nos três planos de movimento. Em resumo temos deslocamentos no plano sagital com

modificações verticais, no plano horizontal com deslocamentos de giro e no plano frontal com deslocamentos laterais.

Dessa forma, ao estabelecer na sua avaliação esses parâmetros ou ao utilizá-los como meta de tratamento da marcha, o fisioterapeuta terá maiores chances de sucesso.

Avançando na prática

Amputação de membro inferior

Descrição da situação-problema

Um paciente com amputação no membro inferior foi detectado pela equipe de busca ativa da Unidade Básica de Saúde e encaminhado para avaliação fisioterapêutica da unidade por apresentar dificuldades para se locomover.

A equipe de saúde se reuniu e traçou os pontos estratégicos das ações que seriam realizadas com este paciente. A fisioterapia determinou que trabalharia com uma avaliação diagnóstica e também com educação em saúde.

A avaliação fisioterapêutica, dentre todos os sinais e condições que foram analisadas, verificou também como o paciente realizava a marcha. Para determinar as deficiências deste paciente na marcha, o fisioterapeuta deveria utilizar como parâmetro quais elementos?

Resolução da situação-problema

O fisioterapeuta deve considerar a marcha humana como uma sequência repetitiva de movimentos dos membros inferiores, a qual mobiliza o corpo para a frente e mantém a estabilidade no apoio contra o solo, ou seja, um membro inferior atua como um suporte móvel enquanto o outro avança no ar, isso ocorre de forma repetitiva e cíclica.

O ciclo da marcha, composto pela sequência simples do apoio e avanço de um único membro, é compreendido entre o primeiro contato do pé com o solo até o próximo contato desse mesmo pé com o solo, passando pelas fases de apoio e balanço.

Por isso, o fisioterapeuta deve almejar neste paciente:

- Estabilidade na fase de apoio.
- Liberação do pé na fase de balanço.

- Comprimento adequado de passos.
- Posicionamento adequado do pé para o contato inicial.
- Conservação de energia.

Avaliando, portanto, a marcha de forma ampla e detalhista, terá dados importantes que fomentem as estratégias para alcançar as premissas elencadas anteriormente para o ciclo da marcha.

Faça valer a pena

1. Um estagiário do curso de fisioterapia recebeu a orientação do supervisor de estágio de realizar treino de marcha com seu paciente; além disso, destacou a importância em se explicar cada período do ciclo para que o paciente possa progredir mais rapidamente.

Neste contexto, a que fase corresponde o período entre o toque do calcanhar no solo e a saída (elevação) dos dedos?

- a) Fase de apoio.
- b) Fase de balanço.
- c) Fase oscilante.
- d) Fase de Tredelenburg.
- e) Fase de equilíbrio.

2. Durante o ciclo da marcha o centro de gravidade desloca-se nos três planos de movimento: sagital, frontal e horizontal. O conhecimento desses deslocamentos é necessário para poder analisar se existe alguma disfunção relacionada à marcha e quais períodos e elementos morfofuncionais podem estar comprometidos. Neste contexto, analise as sentenças a seguir considerando o período da marcha em que a altura é máxima:

I – O deslocamento do centro de gravidade na altura máxima se dá em sentido vertical.

II – O deslocamento do centro de gravidade na altura máxima ocorre na fase de apoio.

III – O deslocamento do centro de gravidade na altura máxima é observado no plano frontal.

IV – O deslocamento do centro de gravidade na altura máxima ocorre na fase de balanço duplo.

Com base no deslocamento do centro de gravidade na altura máxima, é correto o que se afirma em:

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças III e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- d) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- e) Somente as sentenças II e III estão corretas.

3. A marcha humana é caracterizada pela capacidade de deslocar o corpo na posição bípede utilizando as forças de ação e reação. A Fisioterapia tem em muitas situações a necessidade de avaliar se há algum problema ou modificação do padrão de marcha e, por isso, deve conhecer a fundo o ciclo desta.

A respeito do ciclo da marcha, qual é o período em que os dois pés estão em contato com o solo? Em que parte da fase de apoio está cada pé durante esse período?

- a) Duplo apoio – saída dos dedos de um pé e saída do calcanhar do outro pé.
- b) Duplo apoio – apoio médio de um pé e toque do calcanhar do outro pé.
- c) Apoio simples – apoio completo do pé de um dos lados e saída do calcanhar do outro pé.
- d) Duplo apoio – toque do calcanhar de um pé e saída dos dedos do outro pé.
- e) Apoio simples – apoio completo do pé de um dos lados e apoio médio do outro pé.

Seção 4.2

Cinemática do ciclo da marcha

Diálogo aberto

Vamos retomar o caso do Sr. José, apresentado na seção anterior? José é um senhor de 68 anos aposentado, que durante uma caminhada rotineira passou mal e foi encaminhado para o Pronto Atendimento. Ao chegar lá foi constatada perda de força e sensibilidade no hemicorpo esquerdo, fato que provocou sua queda, cuja causa foi um Acidente Vascular Encefálico. Após essa constatação foi encaminhado para a fisioterapia, na qual suas queixas principais foram a dificuldade para caminhar e a forma “estranha” para realizar tal atividade.

Como a análise de marcha do Sr. José, paciente com hemiparesia decorrente de um AVE, possui característica multifatorial, há necessidade de conhecimento acerca do comportamento das articulações dos membros inferiores durante o deslocamento. Nesse sentido, para realizar a análise da marcha do sr. José, o fisioterapeuta deve se questionar como a cintura pélvica, quadril, joelho, tornozelo e pé se comportam do ponto de vista cinemático neste movimento.

Para responder a esse importante apontamento norteador da avaliação e do tratamento do paciente, o fisioterapeuta buscou informações em sua biblioteca e em artigos científicos. Vamos auxiliá-lo?

Não pode faltar

A marcha, umas das funções mais utilizadas pelas pessoas, possibilita o deslocamento corporal para a realização de inúmeras atividades de vida diária e laborais, portanto é comum estar associada à independência e à qualidade de vida.

Quando analisada nos seus planos de movimento, apresenta curvas sinusoidais geradas por modificações nas amplitudes de movimento articulares, que nem sempre são amplas, mas fundamentais para a execução de um movimento suave e harmonioso.

De maneira geral, o ciclo da marcha ocorre nos três planos de movimento, ou seja, nos planos sagital, frontal e transversal ou horizontal, por isso, o fisioterapeuta deve compreender a sequência, grau e cadência de movimento articular para poder atuar de maneira eficiente e em linha com as necessidades de cada caso.



Pesquise mais

Nesta seção, recomendo a leitura do artigo de Richard Wagner Züge e Elisangela Ferretti Manffra que trata dos efeitos de uma intervenção cinesioterapêutica e eletroterapêutica na cinemática da marcha de indivíduos hemiparéticos e que apresenta as alterações encontradas no padrão da marcha.

ZÜGE, Richard Wagner; MANFFRA, Elisangela Ferretti. Efeitos de uma intervenção cinesioterapêutica e eletroterapêutica na cinemática da marcha de indivíduos hemiparéticos. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 22, n. 4, 2009. Disponível em: <<https://bit.ly/2N8nun2>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

Ela demanda de um complexo mecanismo de controle e coordenação, proveniente do Sistema Nervoso, e sua execução é proveniente do Sistema Musculoesquelético, ou seja, depende da integração destes sistemas para que os movimentos possam ocorrer dentro do padrão fisiológico.

Por ser uma habilidade adquirida, o aprendizado da marcha humana depende da maturação do Sistema Nervoso e do estímulo externo do aprendizado, por isso quanto maior os estímulos e mais íntegro estiverem os sistemas nervoso e musculoesquelético, maior será o aprendizado.

Para que o estímulo seja adequado, o fisioterapeuta deve conhecer a fundo os aspectos cinemáticos da marcha, como o deslocamento do corpo no espaço e de que maneira os diferentes segmentos movimentam-se (movimentos das articulações e os ângulos), para que possa intervir quando necessário e reforçar quando estiver adequado.



Exemplificando

A compreensão da cinemática da marcha é essencial para a realização da análise cinemática da marcha e do movimento, por meio de marcadores reflexivos colocados em pontos anatômicos de referência (pelve, quadril, joelho e pé). Geralmente a análise dá-se por um sistema de câmeras e computadores com placas exclusivas para o tratamento do sinal do vídeo.

Esta análise permite verificar cada momento do ciclo da marcha e é um importante aliado da Fisioterapia sobre em qual momento atuar e quais estruturas precisam de intervenção.

A compreensão do ciclo da marcha parte de uma posição anatômica de referência, que permite descrever o movimento através do qual torna-se possível analisar aspectos temporais da marcha, importantes para a avaliação e resolução de problemas relacionados à marcha humana.

Iniciaremos a análise do movimento pela cintura pélvica, que é, basicamente, definido pelo movimento da crista ilíaca, que pode ser para frente, indicando uma inclinação pélvica anterior, ou que pode ser para trás, indicando uma inclinação pélvica posterior.

Quando o calcanhar toca o solo, a pelve permanece nivelada e em 5° de rotação anterior no plano sagital; no plano frontal, sobe 4° no contato do calcanhar e inicia a descida logo depois; e no plano horizontal, há 4° de rotação medial.

Conforme o corpo progride para o apoio médio a pelve reduz sua inclinação anterior e, ao final da fase de apoio, a pelve já está em rotação posterior no plano sagital, então a pelve desce em 8° de movimento lateral no plano frontal e vai até 4° de rotação lateral no plano transversal.

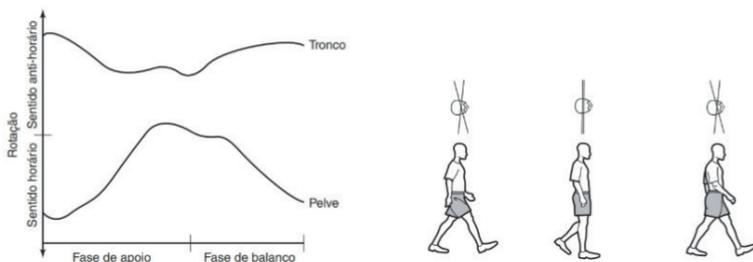
No início da fase de balanço a pelve está nivelada com uma rotação posterior de 5° e move-se em rotação anterior no plano sagital; depois ela passa de uma posição abaixada para uma posição elevada no plano frontal e sai de uma rotação lateral de 4° para 4° de rotação medial no plano transversal.

No final da fase de balanço a pelve sai de uma posição anterior no meio da fase de balanço até uma posição posterior no plano sagital, o movimento no plano frontal continua de modo que esta fique levemente elevada no final, sendo que no plano transversal também continua em

rotação medial. O comportamento da pelve durante a marcha pode ser visualizado na Figura 4.4.

Desta forma, podemos considerar que a pelve tem no ciclo da marcha 4° de inclinação anteroposterior, 8° de inclinação lateral e 8° de rotação.

Figura 4.4 | Comportamento pélvico na marcha



Fonte: Houghlum (2015, p. 343).

Já o quadril comporta-se, na fase de apoio, da seguinte maneira: no contato do calcanhar com o solo, está em 30° de flexão, leve adução de 2° a 6° e rotação quase neutra em 5°; à medida que a perna avança o quadril reduz a flexão, a adução e vai para leve rotação lateral.

Na última metade da fase de apoio o quadril vai de 10° de extensão na elevação do calcanhar para 5° a 0° de extensão no momento de elevação dos dedos (plano sagital); vai para 4° de abdução (plano frontal) e sai da rotação medial e vai para 4° de rotação lateral (plano transversal).

No início da fase de balanço o quadril continua a flexionar de 15° a 20°, alcança abdução máxima de 5° e rotação lateral; no final da fase de balanço o movimento de flexão continua até, aproximadamente, 30° no plano sagital; no plano frontal avança para abdução máxima até que uma posição neutra ocorra exatamente antes do contato do calcanhar e, no plano transversal, oscila de rotação medial para neutra, desta, para lateral e de volta para uma leve rotação medial.

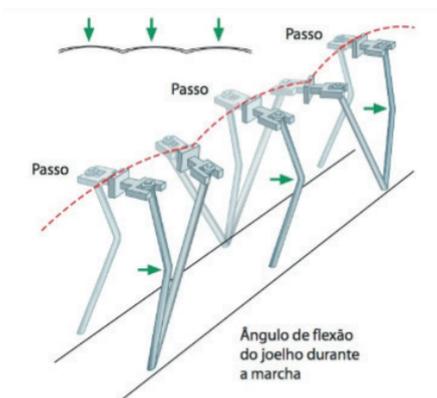
Em resumo, o quadril movimenta 43° no plano sagital de flexão para extensão, 13° de abdução-adução no plano frontal e 8° de rotação no plano transversal.

Quanto ao joelho, este está, no início da fase de apoio, em extensão completa: a tibia rodada lateralmente de 8° a 10°. Conforme avança, o joelho flexiona até 15° e a tibia começa a rodar medialmente para, no

final da fase de apoio, sair do grau máximo de flexão e começar a mover-se em extensão completa, retornando para a rotação lateral.

Na fase de balanço o joelho continua a flexão até 60° e logo em seguida parte para a extensão alcançada antes do contato do calcanhar no solo, sendo que a tíbia começa a mover-se da rotação lateral máxima. Ver ângulo de flexão do joelho durante a marcha na Figura 4.5.

Figura 4.5 | Ângulo de flexão do joelho



Fonte: Barros, Camargo e Camanho (2012, p. 2061).

O tornozelo e os dedos do pé, no contato do calcanhar, estão em posição neutra; o tornozelo move-se em 15° de flexão plantar antes do apoio médio, a articulação subtalar move-se em pronação e os dedos continuam em posição neutra.

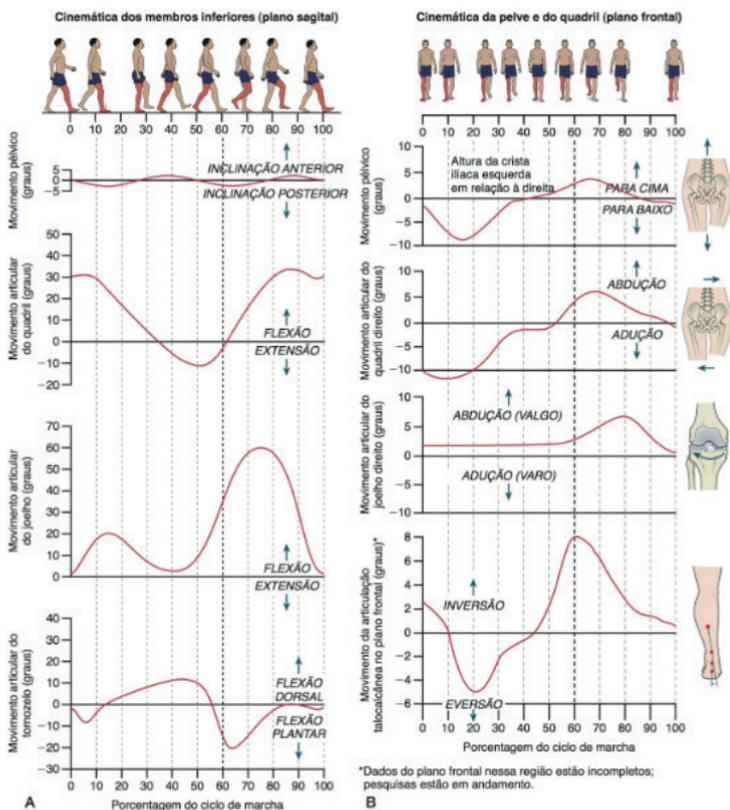
Depois, o tornozelo move-se em 10° de dorsiflexão, o calcâneo faz uma eversão para produzir a pronação subtalar e, no apoio médio, começa a supinação, o arco longitudinal alonga-se e o peso é transmitido para a porção anterior do pé.

No final da fase de apoio, o tornozelo move-se rapidamente de 10° de dorsiflexão para 20° de flexão plantar no momento da elevação dos dedos; o calcâneo faz uma inversão e leva a articulação subtalar em supinação; o arco longitudinal começa a encurtar-se e as articulações interfalângicas permanecem na posição neutra ao longo da fase de apoio e balanço da marcha.

Assim que os dedos deixam o solo, o tornozelo inicia o movimento da dorsiflexão para posição neutra para. No final da fase de balanço o tornozelo e os dedos permanecerem perto da posição neutra e a articulação subtalar em pronação. Na Figura 4.6 encontra-se a cinemática

dos membros inferiores (plano sagital) e da pelve juntamente com o quadril (plano frontal). Já na Tabela 4.1 vê-se o resumo da cinemática da marcha, tanto na fase de apoio quanto de balanço.

Figura 4.6 | Cinemática dos membros inferiores



Fonte: Houglum e Bertoti (2014, p. 549).



Refleta

Para cada uma das variáveis estudadas nesta seção, padrões normais de referência têm sido aceitos e utilizados tanto na prática clínica como na realização de pesquisas. Todavia, esses padrões apresentam diferenças observadas em indivíduos considerados normais, sendo os mais comuns a evolução da marcha em relação à velocidade da caminhada, o que permite refletir sobre a ausência de um padrão universalmente válido.

Por isso é importante considerar variações em relação ao referencial teórico utilizado, uma vez que estes valores podem apresentar pequenas discrepâncias em decorrência de fatores individuais.

Tabela 4.1 | Resumo da cinemática da marcha

	Fase de Apoio – 60%					Fase de Balanço 40%		
	Contato inicial	Resposta à carga	Apoio médio	Apoio terminal	Pré-balanço	Balanço inicial	Balanço médio	Balanço final
Pelve	Nivelada. Rotação anterior.	Nivelada. Rotação anterior de 5°. Rotação lateral para cima.	Nivelada. Rotação neutra.	Nivelada. Rotação posterior de 5°. Rotação lateral para baixo.	Nivelada. Rotação posterior. Rotação lateral para baixo.	Nivelada. Rotação posterior movendo-se para frente. Posição lateral para baixo.	Nivelada. Rotação lateral neutra movendo-se para cima.	Nivelada. Rotação anterior de 5°.
Quadril	Flexão de 30°. Adução leve. Rotação quase neutra.	Flexão de 30°. Adução leve. Rotação leve.	Extensão. Adução leve. Rotação medial leve.	Hiperextensão de 10°. Abdução leve.	5° neutro. Extensão. Leve rotação medial. 4° de abdução.	Flexão de 20°. Rotação lateral leve. Abdução de 5°.	Flexão. Rotação lateral.	Flexão de 30°. Rotação lateral média indo para rotação medial.
Joelho	Extensão completa. Tibia em rotação lateral.	Flexão de 15°. Tibia em rotação medial.	Move-se para extensão.	Extensão completa.	Flexão de 35°.	Flexão de 60°. Rotação lateral da tibia.	Flexão de 30°. Rotação lateral da tibia.	Continua na extensão.
Tornozelo	Neutro	Flexão plantar de 15°. Pronação.	Dorsiflexão de 10°. Inicia supinação.	Flexão plantar. Supinação.	20° de flexão plantar.	Move-se para neutra.	Neutro	Neutro
Dedos	Neutros	Neutros	Neutros	Flexão de 30° de MTF. IF neutras.	Extensão de 60°.	Neutros	Neutros	Neutros

Legenda: MTF – articulações metatarsofalangeanas.

IF – articulações interfalangeanas.

Fonte: Hougum (2015, p. 347).



Assimile

Se pensarmos em estabelecer um racional mais sintetizado, podemos ter outra forma de analisar a marcha, agrupando os segmentos. Como o toque do calcanhar sinalizando na fase de apoio: o tornozelo em posição neutra, inicia a flexão do joelho; o quadril em leve flexão de cerca de 25°; em seguida chega ao apoio completo do pé à 15° de flexão plantar do tornozelo, 20° de flexão do joelho e o quadril vai para extensão; passando, para o apoio médio com leve dorsiflexão do tornozelo, joelho e quadril em extensão que ficam quase paralelos ao

corpo; para a saída do calcanhar há uma leve dorsiflexão do tornozelo (15°) passando para flexão plantar, extensão do joelho e hiperextensão do quadril; para ocorrer a saída dos dedos que estão em hiperextensão nas metatarsofalângicas. Na fase de balanço, a aceleração tem dorsiflexão do tornozelo e flexão contínua do joelho e do quadril; no balanço médio, com o tornozelo em posição neutra, a flexão do joelho é máxima (65°), bem como a articulação do quadril (25°); na desaceleração, o tornozelo continua em posição neutra, o joelho fica em extensão e o quadril fletido.

Você poderá realizar as análises da maneira que for melhor para a sua compreensão, mas nunca deve esquecer que os movimentos dos segmentos articulares ocorrem concomitantemente e sinergicamente, e que o todo é muito mais importante do que apenas a análise das partes.

Sem medo de errar

Prezado aluno, chegou o momento de auxiliarmos o fisioterapeuta do Sr. José a revisar os aspectos cinemáticos dos membros inferiores durante o ciclo da marcha para que ele possa realizar a avaliação e o programa de tratamento adequados para a necessidade do caso.

Para ficar mais didático, faremos a divisão por tópicos e subtópicos:

- Fase de apoio da marcha:

→ Cintura pélvica inicia nivelada e, no plano sagital, vai para 5° de rotação anterior; em seguida reduz a inclinação anterior e vai para rotação posterior; no plano frontal sobe 4° e inicia a descida logo depois; por fim, desce 8° no movimento lateral; no plano horizontal vai de 4° de rotação medial para 4° de rotação lateral.

→ Quadril: no plano sagital sai de 30° de flexão e em seguida reduz a flexão até 10° de extensão, passando para 5° a 0° de extensão; no plano frontal vai de 2° a 6° de adução para 4° de abdução; no plano horizontal segue de 5° de rotação para 4° de rotação lateral.

→ Joelho: no plano sagital sai de extensão completa, parte para flexão de 15°, chega a flexão máxima e em seguida, vai para

extensão completa; no plano horizontal parte de 8°, segue para rotação medial e volta para rotação lateral.

→ Tornozelo/Pé: inicia na posição neutra, vai para 15° de flexão plantar com pronação subtalar, parte para 10° de dorsiflexão, eversão do calcâneo e pronação subtalar, em seguida parte para supinação subtalar e termina com 20° de flexão plantar, inversão e supinação.

- Fase de balanço da marcha:

→ Cintura pélvica no plano sagital nivelada em 5° de rotação posterior e segue para rotação anterior; no plano frontal sai de posição abaixada para posição elevada; no plano horizontal sai de 4° de rotação lateral e vai para 4° de rotação medial.

→ Quadril: no plano sagital vai de 15° a 20° de flexão, para 30° de flexão; no plano frontal sai de 5° de abdução e progride para abdução máxima; no plano horizontal parte da rotação lateral, vai para rotação medial neutra, em seguida chega à rotação lateral e termina em leve rotação medial.

→ Joelho: no plano sagital sai de 60° de flexão e vai para extensão; no plano horizontal vai para rotação lateral máxima.

→ Tornozelo/Pé: inicia com dorsiflexão e vai para posição neutra e termina com pronação da articulação subtalar.

Dessa forma, podemos observar que os movimentos das articulações dos membros inferiores ocorrem de maneira simultânea e muitas vezes nos três planos de movimentos.

Avançando na prática

Avaliação cinemática da marcha de jovens atletas de futebol

Descrição da situação-problema

Joaquim, fisioterapeuta recém-formado, foi contratado por uma escolinha de futebol que trabalha com crianças e adolescentes com objetivo de formar atletas para a equipe profissional.

Como estava no início da temporada, Joaquim pôde participar da bateria de testes e exames que os jovens atletas executavam. Entre os testes estava a avaliação da marcha, cujo objetivo era identificar os padrões da marcha de crianças e adolescentes saudáveis, considerando a idade, o índice de massa corporal e a dominância.

Com base no desafio que terá pela frente, Joaquim foi buscar em seus livros e em artigos científicos elementos que pudessem embasar suas análises, principalmente no aspecto cinemático da marcha. Vamos auxiliá-lo?

Resolução da situação-problema

Os padrões angulares da marcha modificam-se de acordo com a idade das crianças e dos adolescentes, índice de massa corporal e dominância pedal. No tocante à angulação dos movimentos, destaca-se o fato do quadril do membro inferior dominante apresentar maior amplitude de movimento, tanto na fase de apoio (apoio médio) quanto na fase de balanço (balanço final). O índice de massa corporal apresenta maior angulação em indivíduos com sobrepeso na fase de balanço inicial.

Faça valer a pena

1. Questão adaptado do ENADE (2010):

Luciana apresentava uma doença hereditária rara que pode ser descrita como sendo uma doença nervosa degenerativa que danificou os nervos dos braços e das pernas, apresentando, com isso, fraqueza muscular, diminuição da massa muscular, diminuição da sensibilidade, dedos em martelo e arco elevado. Além disso, Luciana queixava-se da sua marcha pelo fato de apresentar pé caído.

Com base no exposto, analise as sentenças a seguir:

I – A fase de apoio fica comprometida pela impossibilidade de realizar dorsiflexão.

II – A fase de balanço fica comprometida pela impossibilidade de realizar dorsiflexão.

III – A fase de apoio não fica comprometida, pois não há necessidade de realizar dorsiflexão.

IV – A fase de balanço não fica comprometida, pois não há necessidade de realizar dorsiflexão.

Assinale a alternativa que contenha a análise correta.

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças III e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- d) Somente as sentenças II e IV estão corretas.
- e) Somente as sentenças I e IV estão corretas.

2. Questão adaptada do ENADE (2010).

Complete as lacunas da frase a seguir:

"O ciclo da marcha humana pode ser dividido em _____ e _____ . A _____ é composta por contato inicial, reação à carga, apoio médio, apoio terminal e pré-oscilação. Já a _____ é composta pelas subfases de oscilação inicial, média e terminal.

Durante a marcha, vários movimentos ocorrem concomitantemente, dentre eles temos os movimentos de rotação anterior e posterior da cintura pélvica e flexão e extensão do joelho, que ocorrem no plano _____."

É correto o que está exposto em:

- a) Fase de balanço – fase de apoio – fase de balanço – fase de apoio – plano frontal.
- b) Fase de balanço – fase de apoio – fase de apoio – fase de balanço – plano horizontal.
- c) Fase de apoio – fase de balanço – fase de apoio – fase de balanço – plano sagital.
- d) Fase de apoio – fase de balanço – fase de balanço – fase de apoio – plano transverso.
- e) Fase de apoio – fase de balanço – fase de balanço – fase de balanço – plano sagital.

3. O quadril, durante o ciclo da marcha, sob o ponto de vista cinemático, executa movimentos nos três planos. Analisando de maneira mais específica, na fase de apoio são observados quais movimentos? (coloque P para presente e A para ausente).

- () Flexão.
- () Adução.
- () Rotação lateral.
- () Abdução.

Estes movimentos ocorrem em quais planos? (Coloque FX para flexão, AD para adução, RL para rotação lateral e AB para abdução).

- 1 - () Plano horizontal.
- 2 - () Plano frontal.
- 3 - () Plano sagital.

Com base no exposto, é correta a sequência de:

- a) P-P-P-A / 1FX – 2AD – 2AB – 3RL.
- b) A-P-P-A / 1FX – 2AB – 2AD – 3RL.
- c) P-A-P-A / 1AB – 1AD – 2FX – 3RL.
- d) P-P-P-P / 1RL – 2AD – 2AB – 3FX.
- e) A-A-A-A / 1RL – 2AD – 3AB – 3FX.

Seção 4.3

Atividade muscular e cinética no ciclo da marcha

Diálogo aberto

Vimos nas seções anteriores o caso do Sr. José que, vítima de Acidente Vascular Encefálico, teve o hemicorpo esquerdo afetado e hemiparesia, o que modificou a rotina e a execução de diversas funções, principalmente, no que diz respeito à caminhada, que tornou-se dificultosa e que ocorria com um padrão diferente do habitual. Neste contexto, foram abordadas as problemáticas envolvendo as variáveis especiais e temporais na marcha humana, as fases do ciclo da marcha, o comportamento do corpo durante a deambulação e a cinemática dos membros inferiores na marcha.

Por fim, ao conhecer o processo descritivo e cinemático da marcha do Sr. José, para realizar uma análise acurada, o fisioterapeuta deve, ainda, verificar outros fatores envolvidos na marcha do paciente hemiparético, baseado nos seguintes questionamentos:

Quais músculos são ativados durante a marcha humana?

Como os músculos que atuam no tronco, quadril, joelho, tornozelo e pé se comportam na marcha humana?

Como as leis da cinética atuam para a marcha humana ocorrer de maneira adequada?

E quais são as principais compensações e prejuízos que ocorrem na marcha humana?

A resposta para estas e outras perguntas, você encontrará em **Não pode faltar**.

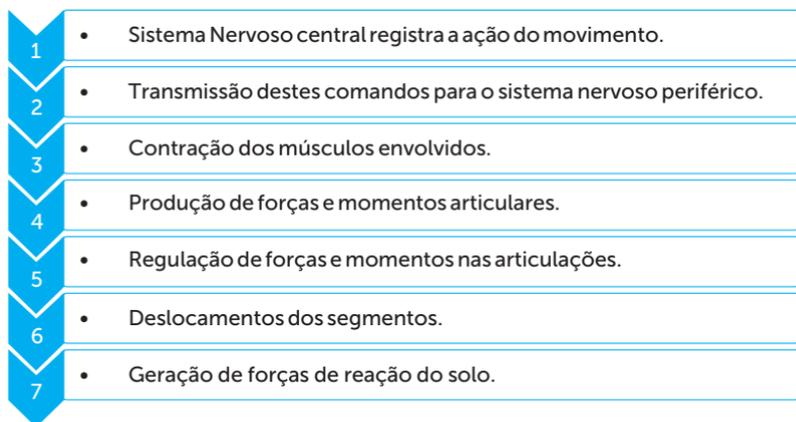
Não pode faltar

Caminhar é a forma mais comum de locomoção, parte integrante de muitas atividades de vida diária. O ato de deambular, sob o ponto de vista cinético, gera e resiste a forças durante a marcha, como observado pela força da gravidade e do atrito. Basicamente, duas categorias de forças atuam no corpo humano durante a marcha, as forças externas

(interações físicas entre o corpo e o meio ambiente) e as forças internas (forças musculares transmitidas pelos tecidos corporais).

Para que o corpo possa caminhar, uma sequência de eventos é esperada, conforme você pode visualizar na Figura 4.7.

Figura 4.7 | Sequência de eventos na marcha



Fonte: elaborada pelo autor.

Portanto, nesta seção seguiremos a visão cinética de acordo com a sequência apresentada, iniciando, assim, com a análise da contração dos músculos envolvidos. A atividade muscular presente no ciclo da marcha pode ser analisada por meio das fases:

1. Fase de apoio:

a. 0% a 15%: atividade muscular dos eretores da espinha (impedem a flexão do tronco), abdutores do quadril (glúteos e tensor da fáscia lata), extensores do quadril (isquiotibiais e bíceps femoral, começam a se contrair), extensores do joelho (quadríceps, contração concêntrica para contração excêntrica), tibial posterior e dorsiflexores do pé (que colocam o pé em posição neutra).

b. 15% a 40%: ação muscular dos abdutores do quadril, extensores do quadril, quadríceps femoral, músculos flexores plantares (flexor longo do hálux, flexor longo dos dedos, tibial posterior, fibular curto, fibular longo, sóleo e gastrocnêmio; controlam a velocidade de movimento da perna sobre o tornozelo) e músculos fibulares.

c. 40% a 50%: contração muscular dos abdutores do quadril, extensores do quadril (hiperextensão), extensores do joelho

(extensão quase total do joelho) e flexores plantares (tríceps sural, músculos retromaleolares medial e lateral, empurram o corpo ativamente para frente).

d. 50% a 60%: atividade muscular do íliaco, adutores (adutor magno, adutor longo, adutor curto e grácil), pelvicoatrocaterianos (piriforme, gêmeo superior e gêmeo inferior), sóleo e retromaleolares mediais (tibial posterior, flexor longo dos dedos e flexor longo do hálux) e laterais (fibular longo e fibular curto). Extensores dos dedos dos pés (hiperextensão extrema nas articulações metatarsofalangeanas).

2. Fase de balanço:

a. 0% a 15%: ação muscular dos flexores do quadril (íliaco, sartório e tensor da fáscia lata), grácil, bíceps femoral e dorsiflexores do pé.

b. 15% a 40%: contração muscular dos adutores do quadril, flexores do quadril, isquiotibiais (flexão máxima da perna) e dorsiflexores do pé (colocam o pé em posição neutra).

É importante, ainda, destacar alguns pontos como o da atuação dos adutores do quadril (músculos adutor magno, adutor longo, adutor curto e grácil) que estão ativos durante a fase de balanço da marcha, com objetivo de trazer o pé abaixo do centro de gravidade do corpo para o posicionamento durante a fase de apoio.

Além disso, durante as fases do ciclo da marcha, observamos as rotações lateral e medial do fêmur em coordenação com a rotação pélvica, provocada na rotação lateral pelos músculos piriforme, gêmeo superior, obturador interno, obturador externo e quadrado femoral, enquanto que na rotação medial notamos as ações dos músculos glúteo mínimo, tensor da fáscia lata semitendíneo, semimembranáceo e glúteo médio.



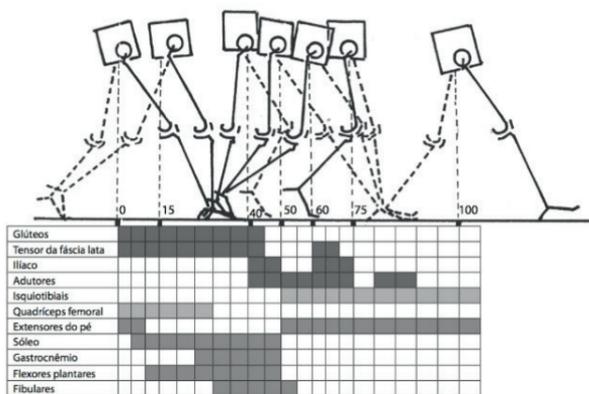
Assimile

De maneira resumida podemos determinar que a atividade muscular no ciclo da marcha é realizada na (vide Figura 4.8):

1. Fase de apoio: atividade muscular dos glúteos, tensor da fáscia lata, íliaco, adutores, isquiotibiais, quadríceps femoral, extensores do pé, sóleo, gastrocnêmio, flexores plantares e fibulares.

2. Fase de balanço: atividade muscular do tensor da fásia lata, iliaco, adutores, isquiotibiais e extensores do pé.

Figura 4.8 | Atividade muscular no ciclo da marcha



Fonte: Dufour e Pituu (2016, p. 95).

Tais ações musculares geram o torque, cuja somatória representa o torque articular, que são facilmente compreendidas pela relação em cada instante da potência articular pela velocidade angular da articulação. Ou seja, se tivermos uma potência positiva, o torque resultante ocorrerá na direção do movimento (ação muscular concêntrica), entretanto se tivermos uma potência negativa, o torque resultante ocorrerá na direção oposta (ação muscular excêntrica). Para conhecermos as forças e os torques articulares é fundamental conhecer os componentes da força de reação do solo.

Agora passaremos para a análise de uma das forças estudadas na biomecânica da marcha, que é a força de reação do solo. De acordo com a 3ª Lei de Newton, o solo promove força de igual grandeza, mas em sentido oposto quando um objeto entra em contato com ele; a direção e a magnitude da força de reação do solo equivalem à do centro de massa do corpo.

A força de reação do solo pode ser decomposta em duas: força peso e força atrito. A força peso está relacionada ao componente vertical (peso corporal, aceleração e desaceleração vertical), contraposto à ação da gravidade. Enquanto que a força atrito se refere ao componente horizontal (atrito entre o pé e o solo, aceleração mediolateral e anteroposterior).

O componente vertical (Figura 4.9) da força de reação do solo durante a marcha apresenta dois picos e um vale: o primeiro pico (pico passivo) é observado durante a primeira metade da fase de apoio e o segundo pico (pico ativo) é encontrado na fase de impulso. O vale representa o momento em que o pé está na posição plana em relação ao solo.

Figura 4.9 | Componente vertical da força de reação do solo

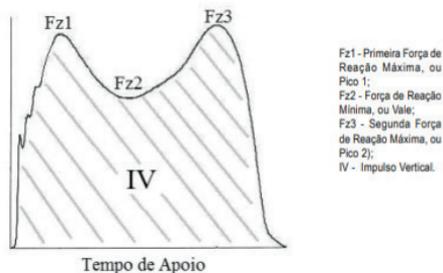


FIGURA 1 - Componente Vertical da força de reação do solo e as variáveis analisadas (Fz1, Fz2, Fz3 e IV) e o Tempo de Apoio.

Fonte: Mochida et al. (2009, p. 17).

O componente anteroposterior representa a força que é exercida na direção da marcha, possui uma fase negativa (desaceleração observada na primeira metade do período de apoio), na qual o pé empurra o solo para frente e a força de reação do solo é direcionada para trás. Na segunda metade o pé impulsiona o solo para trás e a força de reação é direcionada para frente, ou seja, positiva.

Já o componente mediolateral da força de reação do solo corresponde aos movimentos de pronação e supinação do pé e geralmente a força mediolateral máxima está entre 0,5 a 1% do peso corporal.



Exemplificando

O conhecimento acerca dos aspectos cinéticos da marcha humana possibilitam o desenvolvimento de programas terapêuticos focados na melhora funcional dos indivíduos, como no tratamento de portadores da doença de Parkinson, cujo risco de quedas é acentuado, e como naqueles com esclerose múltipla, por exemplo.

Todas essas forças atuando (internas e externas), fazem com que durante a fase de apoio da marcha, a força de compressão no quadril

alcance magnitude de três a quatro vezes o peso corporal. Por causa da tensão muscular, a compressão é praticamente a mesma durante a fase de balanço e, conforme a velocidade aumenta, a carga eleva-se em ambas as fases. Já na articulação tibiofemoral, a força compressiva durante a fase de apoio da marcha aumenta para até quatro vezes o peso corporal. Enquanto isso, na articulação patelofemoral, a força compressiva atinge índices relativos à metade do peso corporal.



Refleta

É por que as cargas aumentam com o peso corporal e a velocidade da marcha? Isto ocorre pela terceira lei de Newton, uma vez que a força de reação vertical do solo aplicada sobre o pé é seguida por um pico de impacto inicial e por um pico propulsivo.

Passaremos agora a considerar alguns aspectos sobre a variabilidade da marcha que pode ser definida pela Fisiologia ou pela patologia. As variações fisiológicas estão relacionadas ao ato de engatinhar, depois caminhar com as duas pernas e, por fim, com três apoios (duas pernas e um dispositivo auxiliador), além das variantes comportamentais (caráter de gênero, expressividade e variação física). As variações patológicas podem ocorrer por qualquer dano aos membros inferiores, seja ele ortopédico, traumatológico, reumatológico ou neurológico, repercussões de danos aos troncos e aos membros superiores.

As modificações no padrão da marcha são comuns, pelos mais variados motivos. Por exemplo, quando alguém apresenta dor no quadril é comum observar tensão aumentada nos músculos abdutores da marcha, por isso, a utilização de auxiliares da marcha (muletas ou bengalas) no lado oposto é benéfico pela redistribuição da carga e redução da tensão da musculatura abduutora.



Refleta

Os parâmetros cinéticos da marcha se modificam conforme seu padrão se altera, o que é comum quando verificamos entre pessoas obesas e eutróficas, entre o ato de caminhar carregando um peso

ou sem carregar um peso, caminhar de salto alto e caminhar de tênis, enfim, para cada situação as ativações musculares e as forças envolvidas modificam-se.

E você, pensou em outras situações capazes de modificar os parâmetros cinéticos da marcha?

Outra condição comum é a alteração do padrão da marcha em decorrência de sequelas de doenças como a da encefalopatia crônica não progressiva da infância (paralisia cerebral), cuja musculatura apresenta altos níveis de tensão e espasticidade muscular, principalmente, da musculatura isquiotibial. Assim como em lesões, por exemplo, a síndrome do trato iliotibial promove alterações importantes no ciclo da marcha, pelo pico de rotação medial do joelho ficar maior e o pico de adução do quadril ficar elevado, essas modificações aumentam o estresse sobre o trato iliotibial



Pesquise mais

Para fecharmos bem a nossa unidade, recomendo a leitura do artigo de Ana Maria Forti Barela e Marcos Duarte, que trata da utilização de plataforma de força para aquisição de dados cinéticos durante a marcha humana.

BARELA, A. M. F.; DUARTE, M. Utilização da plataforma de força para aquisição de dados cinéticos durante a marcha humana. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 56-61, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2MLoX3x>>. Acesso em: 5 jul. 2018.

Sem medo de errar

Prezado aluno, chegamos ao momento de auxiliar o fisioterapeuta do Sr. José, vítima de Acidente Vascular Encefálico, com hemiparesia e com modificação do padrão de marcha apresentado. Para fechar os conteúdos cinéticos da marcha, passaremos pelos músculos ativados nesse movimento e por como esses músculos se comportam, aplicando as leis da cinética, além de passar pelas principais compensações e prejuízos que ocorrem na marcha humana.

Para isto, o fisioterapeuta deve entender que o ato de caminhar gera e resiste a forças, como por exemplo, as relações com a gravidade e o atrito. As forças que atuam na marcha podem ser dicotomizadas em forças internas e forças externas, respectivamente exemplificadas como momentos de força decorrentes das ações musculares e momentos de força, como o do atrito do pé com o solo.

Na fase de apoio, nos primeiros 15° observa-se ações dos músculos eretores da espinha, abdutor do quadril, extensor do quadril, extensor do joelho, tibial posterior e dorsiflexores; de 15° a 40° os músculos ativados são os abdutores do quadril, extensores do quadril, quadríceps, flexores plantares e fibulares; enquanto que de 40° a 50° nota-se as ações dos músculos abdutores do quadril, extensores do quadril, quadríceps e flexores plantares; finalizando em 50° a 60° momento em que são ativados os músculos ilíaco, adutores, pelvicitrocantarianos, sóleo, retromaleolares mediais e laterais e os extensores de dedos.

Na fase de balanço, nos 15° iniciais encontram-se as ativações dos músculos flexores do quadril, grácil, sartório, bíceps femoral e dorsiflexores; enquanto que dos 15° aos 40° há contração dos músculos adutores do quadril, flexores do quadril, isquiotibiais e dorsiflexores.

Estas ações musculares promovem, durante a marcha, o deslocamento para frente, que é gerado pela força de reação do solo e composto pela força peso, cujo componente é vertical, ou seja, o peso corporal, a aceleração e a desaceleração em contraponto à ação da gravidade; e a força atrito, cujo componente é horizontal, caracterizada pelo atrito, através da aceleração mediolateral e anteroposterior. Essas duas forças remetem à terceira Lei de Newton por meio da ação do membro inferior no solo que gera uma reação de deslocamento do corpo para frente.

Essas forças aliadas aos momentos articulares fazem com que a carga na fase de apoio chegue a três vezes o peso corporal no quadril, quatro vezes na articulação tibiofemoral e metade do peso corporal na articulação patelofemoral.

Todas essas características podem sofrer variabilidades provocadas, na maioria das vezes, pelo envelhecimento, dor, utilização de dispositivos auxiliares da marcha e sequelas de doenças que afetem o aparelho locomotor direta ou indiretamente.

Avançando na prática

Cinética da marcha após lesão do ligamento cruzado anterior

Descrição da situação-problema

Yoshi, atleta de final de semana, sofreu uma lesão após uma prática esportiva que acarretou na lesão do ligamento cruzado anterior. Dessa forma, foi submetido à reconstrução do ligamento cruzado e, durante o processo reabilitativo, apresentou problemas relacionados à marcha.

Seu fisioterapeuta foi buscar na literatura quais eram as evidências acerca das modificações dos padrões cinéticos da marcha em indivíduos que fizeram reconstrução do ligamento cruzado anterior. Após suas buscas, discutiu com um colega os principais achados.

Vamos auxiliar nesta discussão? Quais parâmetros cinéticos podem influenciar na alteração do padrão da marcha em indivíduos que fizeram a reconstrução do ligamento cruzado anterior?

Resolução da situação-problema

A lesão do ligamento cruzado anterior produz assimetrias nas estruturas musculoesqueléticas que promovem modificações nos padrões cinéticos, mesmo após a reconstrução, esse desequilíbrio continua evidente.

Neste contexto é importante frisar que os indivíduos possuem tendência natural de gerar forças maiores no lado dominante, principalmente, para velocidades superiores ou para velocidades muito lentas, como uma forma de “proteger” o membro lesionado.

Esses desequilíbrios afetam as ações musculares tanto na fase de balanço como na fase de apoio e acabam por afetar também as forças de reação do solo, fatos que modificam as cargas impostas às articulações do quadril, tibiofemoral e patelofemoral, principalmente.

Faça valer a pena

1. Um grupo de pesquisa elegeu como objetivo a análise cinética nos diferentes meios de caminhada, no caso, observando as diferenças entre caminhar no ambiente terrestre e no ambiente aquático.

Baseado no objetivo desta pesquisa, quais variáveis cinéticas podem ser estudadas por esse grupo?

I – Força de reação do solo.

II – Amplitude de movimento articular, plano e eixo de movimentos.

III – Momentos articulares promovidos pelas contrações musculares.

IV – Cargas impostas às articulações durante a marcha.

Com base no questionamento levantado, é correto o que se afirma em:

- a) Somente as sentenças I, II e III estão corretas.
- b) Somente as sentenças I, II e IV estão corretas.
- c) Somente as sentenças I, III e IV estão corretas.
- d) Somente as sentenças II, III e IV estão corretas.
- e) Somente a sentença II está correta.

2. A força de reação do solo tem papel preponderante no deslocamento do corpo sobre o solo por atuar diretamente com a terceira lei de Newton, o que é possível graças às alavancas geradas nas articulações e nas ações musculares que provocam momentos de força capazes de deslocar o corpo. Sobre a força de reação do solo, analise as sentenças a seguir:

I – A força de reação do solo tem em um dos seus componentes a aceleração vertical.

II – A relação com a terceira lei de Newton se dá pela ação e reação, ou seja, a ação muscular de empurrar o solo gera uma reação de deslocamento do corpo na direção contrária à da força muscular.

III – A força de reação do solo tem como principal componente, no deslocamento mediolateral, a ação da gravidade.

Com base no exposto, assinale a alternativa que contenha a resposta correta.

- a) Somente as sentenças I e II estão corretas.
- b) Somente as sentenças I e III estão corretas.
- c) Somente a sentença II e III estão corretas.
- d) Somente a sentença II está correta.
- e) Todas as sentenças são corretas.

3. A fase de apoio da marcha é caracterizada pelo aumento exponencial das cargas nas articulações do quadril, tibiofemoral e patelofemoral, chegando a até quatro vezes o peso corporal em algumas articulações. Esse processo de carga é decorrente dos momentos de força provocados pelas ações musculares. Nos primeiros 15° da fase de apoio observamos quais ações musculares?

() Eretores da espinha.

() Adutores do quadril.

- () Flexores do quadril.
- () Extensores do joelho.
- () Dorsiflexores.

Assinale a alternativa que apresente a sequência correta:

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

Referências

- BARROS FILHO, T. E. P.; CAMARGO, O. P.; CAMANHO, G. L. **Clínica ortopédica**. Barueri: Manole, 2012.
- CHUNG, T. M. Avaliação cinética e cinemática da marcha de adultos do sexo masculino. **Acta Fisiátrica**, v. 7, n. 2, p. 61-67, 2000.
- DUFOUR, M.; PILLU, M. **Biomecânica funcional: membros, cabeça e tronco**. Barueri: Manole, 2016.
- GUIMARÃES, E. C. L. et al. Estudo da repetibilidade das variáveis espaço-temporais da marcha em indivíduos saudáveis. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 20, n. 4, p. 83-90, out/dez. 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2wxaEoh>>. Acesso em: 21 jun. 2018.
- HALL, S. J. **Biomecânica básica**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.
- HOUGLUM, P. A. **Exercícios terapêuticos para lesões musculoesqueléticas**. 3. ed. Barueri: Manole, 2015.
- HOUGLUM, P. A.; BERTOTI, D. **Cinesiologia Clínica de Brunnstrom**. 6. ed. Barueri: Manole, 2014.
- LIPPERT, L. **Cinesiologia clínica e anatomia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- LIPPERT, L. S. **Cinesiologia clínica e anatomia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- MARTINS, A. M. et al. **Clínica médica**. 2. ed. Barueri: Manole, 2016.
- MOCHIDA, L. Y.; CESAR, G. M.; SANTIAGO, P. R. P.; LOBO DA COSTA, P. H. Estudo dinamométrico da marcha de idosas ultrapassando obstáculos. **Rev. Bras. Educ. Fis. Esporte**, v. 23, n. 1, p. 15-23, 2009.
- SOBRAL, H. H. C. **Análise cinética da marcha de pacientes sujeitos à reconstrução do ligamento cruzado anterior**. 2015. 214f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015.
- ZUGE, R. W.; MANFFRA, E. F. Efeitos de uma intervenção cinesioterapêutica e eletroterapêutica na cinemática da marcha de indivíduos hemiparéticos. **Fisioter. Mov.**, v. 22, n. 4, p. 547-556, 2009.

ISBN 978-85-522-1095-5



9 788552 210955 >