

ATUALIZAÇÃO DA ANATOMIA DO MECANISMO EXTENSOR DO JOELHO COM USO DE TÉCNICA DE VISUALIZAÇÃO TRIDIMENSIONAL

UPDATING OF THE ANATOMY OF THE EXTENSOR MECHANISM OF THE KNEE USING A THREE-DIMENSIONAL VIEWING TECHNIQUE

Diego Costa Astur¹, Saulo Gomes Oliveira², Ricardo Badra², Gustavo Gonçalves Arliani¹, Camila Cohen Kaleka³, Wahi Jalikjian⁴, Pau Golanó⁵, Moisés Cohen⁶

RESUMO

O mecanismo extensor do joelho é uma estrutura complexa formada pelo músculo e tendão quadricipital, a patela, o tendão patelar e os ligamentos que os circundam e auxiliam na estabilização do joelho. Através do uso de técnica de visualização tridimensional de imagens do aparelho extensor do joelho pretendemos mostrar de forma didática as estruturas que compõem este complexo ósteo-músculo-ligamentar. Dissecção anatômica do joelho com ênfase nas estruturas do seu mecanismo extensor foi realizada seguida de fotografias com câmera e lentes adequadas para simulação da visão humana através de técnica de construção de imagem tridimensional. Em seguida, com a ajuda de *software* apropriado, as duas imagens da mesma estrutura de diferentes ângulos simulando a visão humana são sobrepostas com adição de camada polarizante, concluindo a construção da imagem anaglífica. As principais estruturas do mecanismo extensor do joelho podem ser observadas com efeito tridimensional. Dentre os principais benefícios relacionados a esta técnica, destacamos, além do ensino e estudo da anatomia musculoesquelética, o potencial uso em treinamento de procedimentos cirúrgicos e a realização de imagens em exames diagnósticos.

Descritores – Joelho; Imagem Tridimensional; Anatomia

ABSTRACT

The knee extensor mechanism is a complex structure formed by the quadriceps muscle and tendon, the patella, the patellar tendon and the ligaments that surround and help stabilize the knee. Through using a three-dimensional viewing technique on images of the knee extensor apparatus, we aimed to didactically show the structures that compose this bone-muscle-ligament complex. Anatomical dissection of the knee with emphasis on the structures of its extensor mechanism was performed, followed by taking photographs using a camera and lenses suitable for simulating human vision, through a technique for constructing three-dimensional images. Then, with the aid of appropriate software, pairs of images of the same structure from different angles simulating human vision were overlain with the addition of polarizing layer, thereby completing the construction of an anaglyphic image. The main structures of the knee extensor mechanism could be observed with a three-dimensional effect. Among the main benefits relating to this technique, we can highlight that in addition to teaching and studying musculoskeletal anatomy, it has potential use in training for surgical procedures and production of images for diagnostic tests.

Keywords – Knee; Imaging, Three-Dimensional; Anatomy

1 – Médico Ortopedista do Centro de Traumatologia do Esporte (CETE), Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) – São Paulo, SP, Brasil.

2 – Médico Ortopedista do Instituto Cohen – São Paulo, SP, Brasil.

3 – Médica Ortopedista da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo – São Paulo, SP, Brasil.

4 – Médico Ortopedista da Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto – Ribeirão Preto, SP, Brasil.

5 – Médico Anatomista da Universidade de Barcelona – Espanha.

6 – Professor Livre-Docente do Departamento de Ortopedia e Traumatologia – Unifesp e Chefe do Centro de Traumatologia do Esporte (CETE) – São Paulo, SP, Brasil.

Trabalho realizado na Universidade Federal de São Paulo – Unifesp/EPM e da Universidade de Barcelona.

Correspondência: Rua Borges Lagoa 783, 5º andar, Vila Clementino – 04038-032 – São Paulo, SP. E-mail: mcastur@yahoo.com

Trabalho recebido para publicação: 22/06/2011, aceito para publicação: 25/08/2011.

Os autores declaram inexistência de conflito de interesses na realização deste trabalho / *The authors declare that there was no conflict of interest in conducting this work*

INTRODUÇÃO

O mecanismo extensor do joelho é uma estrutura complexa formada basicamente por três estruturas interligadas entre si: músculo e tendão quadricipital, patela e tendão patelar. Além destas, ainda estão compreendidos os retináculos patelares, ligamentos restritores, coxim gorduroso de Hoffa e o tecido pré-patelar^(1,2).

O aparelho extensor é responsável pela extensão do joelho e estabilização da articulação patelofemoral. A perda da congruência articular e a falência da estabilização entre patela e fêmur são alterações decorrentes da falta de sinergismo entre as estruturas deste mecanismo. Estas alterações podem ocorrer devido a alterações congênitas ou episódios traumáticos de luxação patelofemoral. Devido à grande incidência de distúrbios patelofemorais houve um maior interesse no entendimento da anatomia das estruturas que compõem o mecanismo extensor e a função de cada uma delas⁽³⁾.

Apesar de existirem vários estudos anatômicos clássicos em cadáveres, ainda há dúvidas a respeito da presença, localização, variações anatômicas e função de algumas estruturas na dinâmica articular do mecanismo extensor do joelho^(2,4-6).

O objetivo do nosso estudo é demonstrar através de fotografias em três dimensões a anatomia do aparelho extensor, com destaque para as estruturas ligamentares mediais e laterais entre a patela, a tibia e o fêmur e a trama vascular responsável pela irrigação deste importante e complexo grupamento musculoesquelético, facilitando o entendimento e estudo da localização tridimensional destas estruturas.

MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Paulo - ID: 1801-1810 CEP.

Selecionamos 10 joelhos de cadáveres adultos, com idades entre 34 e 55 anos (média: 41,2 anos), sem história de lesão prévia ou doenças sistêmicas. A pele e o tecido subcutâneo foram removidos preservando os grupos musculares e a parte ligamentar com suas ramificações neurovasculares.

Todas as artérias e arteríolas foram ligadas, com exceção da extremidade proximal da artéria poplítea, utilizada para inserção de um contraste composto por silicone transparente líquido, catalisador biológico e corante vermelho ou preto para estudo da vascularização do mecanismo extensor.

Imagens específicas das diferentes camadas e estruturas do compartimento anterior dos joelhos foram

obtidas utilizando uma câmera Nikon D40 e lentes AF-S Nikkor 18-55mm (1:3.5 – 5.6 GII ED) e Micro Nikkor 105mm (1:2.8) – (Nikon Corp., Japão).

A câmera com suas respectivas lentes foi fixada a uma barra deslizante presa em um tripé fotográfico. A barra deslizante é utilizada para fornecer duas imagens da mesma estrutura em diferentes ângulos, porém, a uma mesma altura e distância da estrutura estudada. As diferentes imagens da mesma estrutura devem estar distantes proporcionalmente à distância interpupilar, assim como a convergência da visão humana (62 a 66mm). O par de imagens é processado com o auxílio de um *software* especial denominado *Callipyran 3D* ou *Anabuilder* (Anabuilder, França). Este programa é capaz de gerar uma camada polarizante de cores diferentes para cada uma das imagens (vermelho para visão do olho esquerdo e azul para a visão do olho direito, por exemplo). Em seguida, a sobreposição das imagens polarizadas gera um efeito tridimensional quando vistas com o auxílio de óculos tridimensionais apropriados.

RESULTADOS

Imagens tridimensionais das principais estruturas do aparelho extensor do joelho foram obtidas com o uso da técnica mencionada. Nas Figuras 1, 2a e 2b podemos visualizar o aspecto frontal e medial da vascularização do mecanismo extensor do joelho. Os ligamentos patelofemoral medial e patelotibial medial, contensores mediais do mecanismo extensor, podem ser vistos nas Figuras 3 e 4. O ligamento patelofemoral lateral, contensor lateral do mecanismo extensor, pode ser visto na Figura 5. Destaque na Figura 6 para a artéria genicular descendente.



Figura 1 – Aspecto frontal da vascularização do mecanismo extensor do joelho.

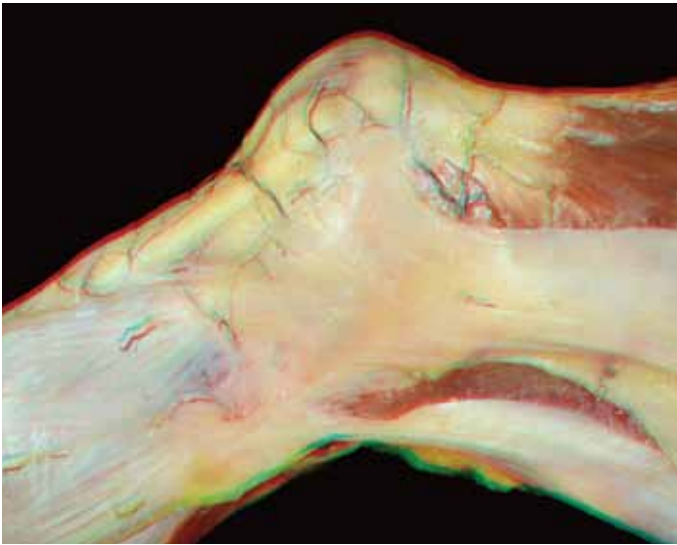


Figura 2a – Vista medial da vascularização do mecanismo extensor do joelho-1ª camada.

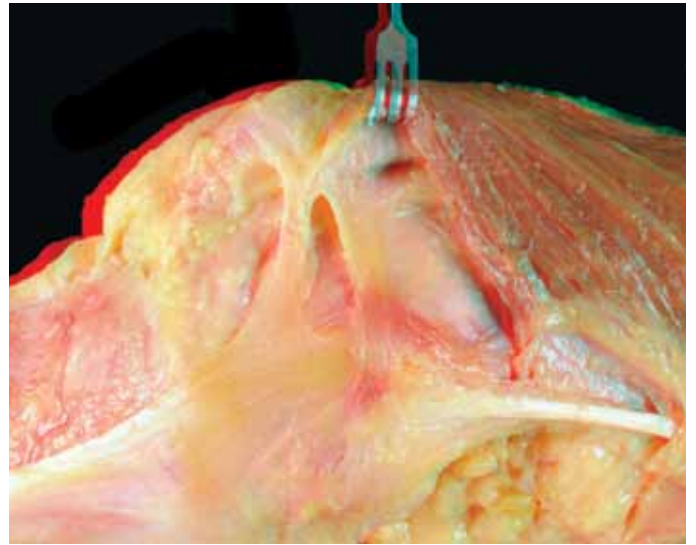


Figura 4 – Ligamento patelofemoral medial e patelotibial medial.

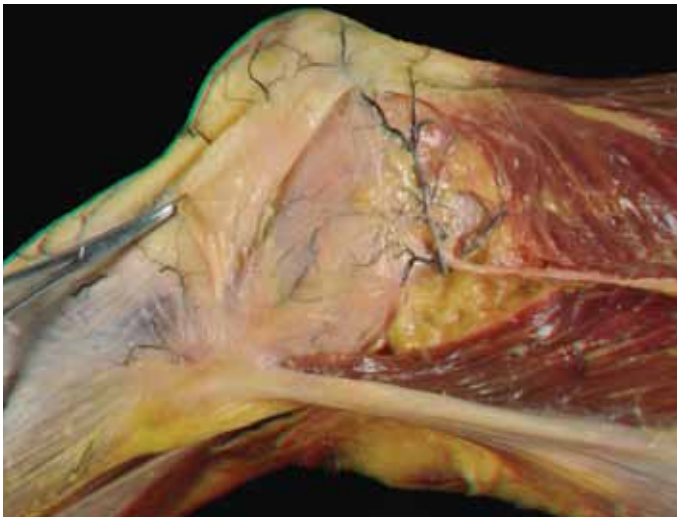


Figura 2b – Vista medial da vascularização do mecanismo extensor do joelho-2ª camada.



Figura 5 – Ligamento patelofemoral lateral.

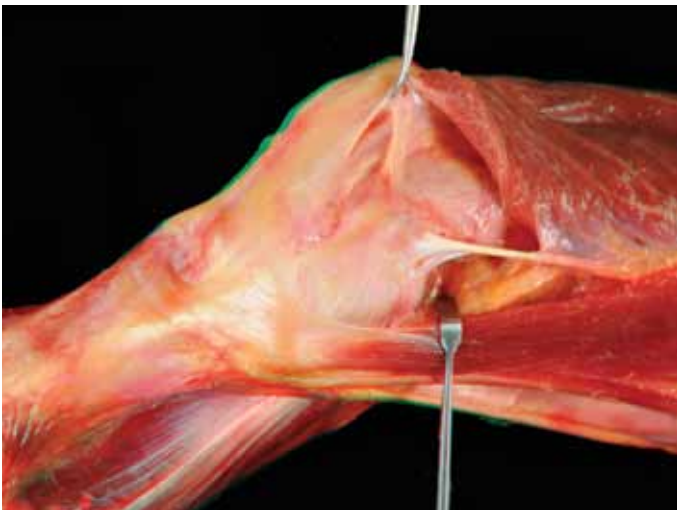


Figura 3 – Ligamento patelofemoral medial.

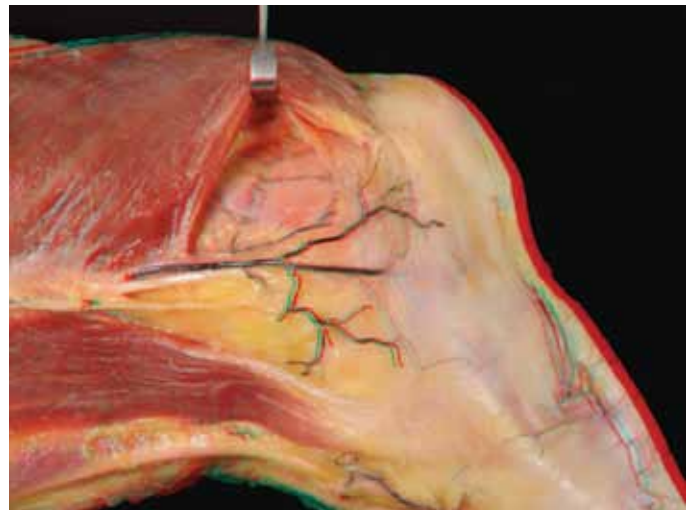


Figura 6 – Artéria genicular descendente.

DISCUSSÃO

As imagens em três dimensões permitem um discernimento real de profundidade que é chamada de visão estereoscópica. Este tipo de visão permite uma orientação mais precisa e interação com o ambiente.

Nos últimos anos, temos percebido uma grande evolução na obtenção e aprimoramento de imagens em 3D nas áreas do entretenimento, documentação e ensino. Na literatura médica, poucos trabalhos explorando essa técnica têm sido publicados^(7,8) e na literatura ortopédica apenas um artigo descreve os aspectos técnicos da obtenção dessas imagens⁽⁹⁾.

Analisando as imagens com o auxílio dos óculos especiais podemos consolidar alguns conceitos no entendimento da anatomia musculoesquelética do mecanismo extensor do joelho.

A anatomia muscular do quadríceps é composta basicamente por quatro músculos, sendo eles o reto femoral (RF) e os vastos lateral (VL), medial (VM) e intermédio (VI). As fibras do VL inserem-se na patela, em média, com aproximadamente 26 graus (20 a 38 graus) e o VM 45 graus (30 a 57 graus), tendo como referência o RF e o VI que se inserem quase perpendicularmente no pólo superior da patela^(1,4). Ainda na face anterior do fêmur origina o músculo *genus articularis* (ou suspensor da bolsa), cuja função, é evitar a invaginação da bolsa suprapatelar para debaixo da patela⁽¹⁰⁾.

As fibras mais distais e periféricas dos músculos vastos medial e lateral apresentam direção distinta das demais fibras centrais junto à inserção na face superomedial e superolateral da patela, respectivamente, sendo denominados vasto medial oblíquo (VMO) e vasto lateral oblíquo (VLO). Apesar de vários estudos anatômicos descreverem a existência destes músculos, não há evidências de que estas estruturas sejam independentes do ponto de vista funcional, representando apenas a mudança na direção das fibras mais distais antes de inserirem-se na patela. A disposição mais oblíqua de algumas fibras contribui para a estabilidade dinâmica da patela durante a extensão do joelho⁽¹⁾.

O tendão quadricipital é descrito como uma estrutura trilaminar formada superficialmente pelos tendões do músculo RF, a camada intermediária pelos tendões do VL e VM e o VI compõe a camada mais profunda⁽¹⁾. Estudo recente demonstrou que essa descrição clássica trilaminar na verdade é uma complexa estrutura com grande variação anatômica e planos fasciais mal definidos⁽²⁾.

O ligamento patelofemoral medial é o principal res-

tritor medial da patela, sendo responsável por 53% da força contentora⁽⁵⁾. As inserções estão localizadas no epicôndilo medial e nos 2/3 proximais da face medial da patela^(1,2,5). Outros estabilizadores mediais secundários da patela descritos são: o retináculo medial, o ligamento patelomeniscal e o ligamento patelotibial^(1,5). O retináculo medial, assim como o lateral, é formado por fibras tanto do vasto medial, que passam paralelas à face medial da patela, quanto de fibras do vasto lateral, que cruzam a região anterior da patela (pré-patelar) e vão se inserir na tibial contralateral^(1,6,11). O ligamento patelomeniscal medial origina-se no 1/3 distal da patela e se insere no corno anterior do menisco medial. O ligamento patelotibial medial é descrito originando-se na região distal e medial da patela e inserindo-se 1,5cm distal à linha articular da região anteromedial da tibia⁽⁵⁾.

Ao contrário do compartimento medial, o ligamento patelofemoral lateral não é o principal contentor do deslocamento medial da patela, apresentando resistência inferior ao retináculo lateral que é composto por fibras transversas conectando o trato iliotibial à patela e, por fim, o ligamento patelomeniscal que é a estrutura menos resistente da subluxação medial da patela⁽¹²⁾.

Na região pré-patelar, Dye *et al*⁽⁶⁾ relataram, através de dissecação em cadáveres, a presença de um tecido com estrutura trilaminar, sendo uma camada superficial com fibras transversalmente orientadas, outra camada com fibras oblíquas e a mais profunda com fibras longitudinais do RF. Entre estas camadas, observou-se, também, a presença de três bursas pré-patelares.

A vascularização do joelho e do mecanismo extensor é ampla e possui uma rede de anastomoses interligadas entre si. O suprimento arterial vem principalmente das artérias femoral, poplítea e tibial anterior. A artéria femoral superficial emite um ramo denominado artéria genicular descendente antes de atravessar o hiato dos adutores. Esta artéria se divide em três ramos: safeno, articular e oblíquo profundo. O ramo safeno anastomosa-se com a artéria genicular inferior medial, o ramo articular anastomosa-se com a artéria genicular superior lateral e o ramo oblíquo profundo divide-se em ramos musculares profundos para nutrir o músculo quadríceps. As artérias genicular superior lateral, genicular superior medial, genicular inferior lateral e genicular inferior medial, ramos da artéria poplítea, atuam na vascularização do aparelho extensor⁽¹³⁾.

A artéria genicular superior lateral anastomosa-se com o ramo descendente da artéria circunflexa femoral

lateral, formando, juntos com outras anastomoses, o anel vascular anastomótico da patela que foi descrito por Scapinelli⁽¹⁴⁾.

As artérias geniculares inferiores medial e lateral emitem ramos para nutrir a patela, o coxim gorduroso de Hoffa e o tendão patelar. Essas duas artérias se dividem em três ramos cada: artérias parapatelares ascendentes, artérias pré-patelares oblíquas e artérias infrapatelares transversas⁽¹³⁾.

As artérias parapatelares ascendentes seguem paralelas à margem da patela para anastomosar com os ramos descendentes parapatelares das artérias geniculares superiores. As artérias pré-patelares oblíquas convergem para a região anterior, que, junto com outros vasos vindos de outras geniculares, compõem o anel anastomótico vascular, por onde ramos arteriais penetram na superfície anterior da patela pelos forames vasculares em números de 10 a 12 em média. As artérias infrapatelares transversas seguem posterior ao tendão patelar originando ramos polares que penetram na rótula pelo pólo inferior, posteriormente à origem do tendão patelar^(13,14).

O tendão patelar recebe suprimento por três pedículos de cada lado: superior, médio e inferior. Os pedículos

mediais têm sua origem nas artérias genicular descendente e genicular inferior medial e os pedículos laterais nas artérias geniculares laterais e tibial anterior recorrente^(15,16). Dois principais arcos vasculares anastomosam com esses pedículos: o retro patelar e o supratubercular, formando uma rede pretenderia⁽¹⁵⁾.

A anatomia nervosa do aparelho extensor do joelho é composta principalmente pelo ramo infrapatelar do nervo safêno, que passa posterior ao músculo sartório na face medial do joelho para se unir ao plexo patelar, fornecendo inervação à cápsula anteromedial, tendão patelar e à pele anteromedial do joelho. Os ramos articulares dos nervos para os músculos do quadríceps, ramos do nervo femoral, innervam a face anterior e anterolateral do joelho⁽¹⁾.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da anatomia do aparelho extensor do joelho com fotografias em 3D permite visualizar as diferentes estruturas e entender a relação entre elas. Dentre outros benefícios relacionados a esta técnica, destacamos, além do ensino e estudo da anatomia musculoesquelética, o potencial uso em treinamento de procedimentos cirúrgicos e a realização de imagens em exames diagnósticos.

REFERÊNCIAS

- Andrikoula S, Tokis A, Vasiliadis HS, Georgoulis A. The extensor mechanism of the knee joint: an anatomical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(3):214-20.
- Waligora AC, Johanson NA, Hirsch BE. Clinical anatomy of the quadriceps femoris and extensor apparatus of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(12):3297-306.
- Collado H, Fredericson M. Patellofemoral pain syndrome. *Clin Sports Med.* 2010;29(3):379-98.
- Reider B, Marshall JL, Koslin B, Ring B, Girgis FG. The anterior aspect of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63(3):351-6.
- Conlan T, Garth WP Jr, Lemons JE. Evaluation of the medial soft-tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1993;75(5):682-93.
- Dye SF, Campagna-Pinto D, Dye CC, Shifflett S, Eiman T. Soft-tissue anatomy anterior to the human patella. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85-A(6):1012-7.
- Ribas GC, Bento RF, Rodrigues AJ Jr. Anaglyphic three-dimensional stereoscopic printing: revival of an old method for anatomical and surgical teaching and reporting. *J Neurosurg.* 2001;95(6):1057-66.
- Meneses MS, Cruz AV, Castro IA, Pedrozo AA. [Stereoscopic neuroanatomy: comparative study between anaglyphic and light polarization techniques]. *Arq Neuropsiquiatr.* 2002;60(3-B):769-74.
- Cohen M, da Costa Astur D, Kaleka CC, Arliani GG, Cohen C, Jalikjian W, et al. Introducing 3-dimensional stereoscopic imaging to the study of musculoskeletal anatomy. *Arthroscopy.* 2011;27(4):593-6.
- Kimura K, Takahashi Y. M. articularis genus. Observations on arrangement and consideration of function. *Surg Radiol Anat.* 1987;9(3):231-9.
- Wangwinyuvirat M, Dirim B, Pastore D, Pretterklieber M, Frank A, Haghighi P, et al. Prepatellar quadriceps continuation: MRI of cadavers with Gross anatomic and histologic correlation. *AJR Am J Roentgenol.* 2009 Mar;192(3):W111-6.
- Merican AM, Sanghavi S, Iranpour F, Amis AA. The structural properties of the lateral retinaculum and capsular complex of the knee. *J Biomech.* 2009;42(14):2323-9.
- Colombel M, Mariz Y, Dahhan P, Kénési C. Arterial and lymphatic supply of the knee integuments. *Surg Radiol Anat.* 1998;20(1):35-40.
- Scapinelli R. Blood supply of the human patella. Its relation to ischaemic necrosis after fracture. *J Bone Joint Surg Br.* 1967;49(3):563-70.
- Soldado F, Reina F, Yuguero M, Rodríguez-Baeza A. Clinical anatomy of the arterial supply of the human patellar ligament. *Surg Radiol Anat.* 2002;24(3-4):177-82.
- Pang J, Shen S, Pan WR, Jones IR, Rozen WM, Taylor GI. The arterial supply of the patellar tendon: anatomical study with clinical implications for knee surgery. *Clin Anat.* 2009;22(3):371-6.