



SOCIEDADE PORTUGUESA DE
ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA

Rev Port Ortop Traum 24(4): 277-288, 2016

REVISÃO

MENISCECTOMIA PARCIAL E RISCO DE GONARTROSE

Diogo Moura, Pedro Marques, Fernando Fonseca

Serviço de Ortopedia e Traumatologia, Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra

Diogo Moura

Interno Complementar de Ortopedia

Pedro Marques

Assistente Hospitalar Graduado de Ortopedia

Fernando Fonseca

Diretor de Serviço de Ortopedia

Submetido em 23 setembro 2016

Revisto em 29 janeiro 2017

Aceite em 28 fevereiro 2017

Tipo de Estudo: Estudo Terapêutico

Nível de Evidência: V

Declaração de conflito de interesses: Nada a declarar.

Correspondência

Diogo Moura

Serviço de Ortopedia e Traumatologia

Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra

Rua Fonseca Pinto

3000-075 Coimbra

Telefone: 966964175

dfilmoura@gmail.com

RESUMO

A menisctomia parcial artroscópica é atualmente um dos procedimentos ortopédicos mais frequentes. No entanto, apesar dos resultados da menisctomia parcial artroscópica a curto prazo serem excelentes, a avaliação a longo prazo não é satisfatória em termos de sinais radiográficos de gonartrose precoce. Atualmente é aceite que qualquer grau de menisctomia é um fator de risco para o desenvolvimento precoce de osteoartrose do joelho e que existe uma correlação consistente entre a quantidade de menisco ressecado ou, em outras palavras, a quantidade de tecido meniscal funcional remanescente, e o desenvolvimento de alterações degenerativas articulares do joelho. O objetivo deste artigo é realizar uma revisão bibliográfica acerca da menisctomia parcial e o risco de gonartrose, procurando rever a sua base biomecânica e os estudos sobre os resultados da menisctomia parcial a longo prazo. Para isso foi realizada uma pesquisa na base de dados *Pubmed/Medline* com as palavras “*Partial meniscectomy*” e “*Knee osteoarthritis*” e foram seleccionados sobretudo artigos publicados nos últimos 10 anos e em língua inglesa, incluindo artigos originais e de revisão.

Palavras chave: *Meniscectomia parcial, menisco, roturas, tratamento, joelho, artroscopia, gonartrose*

ABSTRACT

Arthroscopic partial meniscectomy is currently one of the most common orthopedic procedures performed. However, whereas the short-term results of arthroscopic partial meniscectomy are excellent, evaluation of the long-term is not satisfactory in terms of radiographic signs of early osteoarthritis of the knee. Currently it is accepted that any amount of meniscectomy is a risk factor to early onset of osteoarthritis and that a strong correlation exists between the amount of the resected meniscus or in other words the amount remaining functional meniscal tissue and the development of degenerative changes in the knee. This paper's goal is to perform a literature review about partial meniscectomy and its risk for early knee osteoarthritis, looking to approach its biomechanical basis and the trials about partial meniscectomy long-term outcomes. A research at database *Pubmed/Medline* by the words "*Partial meniscectomy*" and "*Knee osteoarthritis*" was performed and mainly last 10 year english language papers were selected, including original and review articles.

Key words: *Partial meniscectomy, meniscus, ruptures, treatment, knee, arthroscopy, knee osteoarthritis*

INTRODUÇÃO

A meniscectomia parcial é atualmente um dos procedimentos cirúrgicos mais frequentes na cirurgia ortopédica e na medicina desportiva^{1,2,3}. A meniscectomia parcial artroscópica surgiu como alternativa à clássica meniscectomia total aberta devido à associação da ausência de menisco com rápida progressão para gonartrose^{4,5,6,7,8,9,10,11,12,13}. A meniscectomia parcial artroscópica está atualmente claramente indicada nas roturas meniscais traumáticas agudas instáveis, irreparáveis, sintomáticas (em particular com sintomas mecânicos) e cujo tratamento conservador sintomático inicial não teve sucesso. O objetivo da meniscectomia parcial é remover o tecido meniscal instável afetado pela rotura e ao mesmo tempo preservar o máximo possível de tecido meniscal periférico estável e funcional¹. Os resultados clínicos, funcionais e radiográficos da meniscectomia são muito satisfatórios a curto e médio prazo, proporcionando um alívio eficaz dos sintomas da rotura meniscal^{14,15,16,17}. No entanto, apesar dos resultados clínicos a longo prazo serem também favoráveis, vários estudos têm verificado a longo prazo (seguimento superior a 10 anos) sinais importantes de gonartrose precoce nos pacientes submetidos a meniscectomia parcial^{18,19,20,21,22,23}. Neste artigo apresentamos uma revisão da literatura científica acerca da biomecânica da meniscectomia parcial e dos riscos associados de evolução para gonartrose precoce.

BIOMECÂNICA DA MENISCECTOMIA

As superfícies articulares do joelho são altamente incongruentes na medida em que os côndilos femorais convexos articulam com as superfícies articulares tibiais praticamente planas. O aumento da profundidade das superfícies tibiais pelos meniscos permite um encaixe mais eficaz destas com os côndilos femorais e assim garantir a congruência articular, bem como também uma estabilização ântero-posterior adicional ao joelho. A forma semilunar e em cunha dos meniscos adaptada à morfologia femoral permite que os vértices dos côndilos femorais estejam sempre no centro meniscal, assegurando assim a congruência necessária para

o funcionamento do joelho. Ao mesmo tempo, os meniscos aumentam a superfície articular de contacto e assim garantem uma distribuição mais uniforme das cargas que são transmitidas através dos mesmos. Esta função meniscal é fundamental, na medida em que ao garantirem uma menor pressão de contacto articular, os meniscos protegem a cartilagem face a cargas mecânicas excessivas e potencialmente lesivas. Sendo assim, faz sentido que a ausência de menisco diminua a congruência fémoro-tibial, passando no compartimento lateral mesmo a haver contacto direto entre superfícies articulares femoral convexa e tibial também convexa. A diminuição da congruência articular e a ausência de uma estrutura de amortecimento de choques, de uniformização da distribuição de cargas e de estabilização secundária do joelho conduzem a que se verifique uma transmissão de cargas excessiva diretamente sobre a cartilagem articular (diminuição da capacidade de amortecimento e absorção de cargas e aumento da pressão de contacto), o que favorece a sua lesão e o desenvolvimento de osteoporose^{1,11,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37}. A própria alteração da cinemática do joelho provocada pela meniscectomia ou apenas por uma rotura meniscal, ao interferir com a sua morfologia e conseqüentemente com as suas funções de amortecimento de cargas e de estabilização secundária, pode transferir as regiões de contacto tíbio-femoral para áreas da cartilagem articular não adaptadas a tais cargas (redistribuição de áreas de contacto), e proporcionar alterações no metabolismo condral que podem desencadear a cascata de degeneração osteoarticular. Estes dados são importantes na medida em que a espessura, o metabolismo e as características morfológicas da cartilagem articular variam regionalmente de acordo com as cargas implicadas. Além disso, foi demonstrada uma diferença significativa nas propriedades mecânicas condrais e do osso subcondral da cartilagem articular não coberta pelos meniscos, que se encontra mais adaptada a cargas, em comparação com a que se encontra protegida pelos meniscos^{38,39,40,41,42}. Estudos a longo prazo em crianças submetidas a meniscectomia total por menisco discóide demonstraram sinais radiográficos de osteoartrose em 86 a 100% dos casos^{4,43,44,45,46,47,48,49,50}. Baratz et al.²⁶ demonstraram que o aumento da pressão de contacto articular

é inversamente proporcional à área de contacto fémuro-tibial: após uma meniscectomia parcial a área de contacto fémuro-tibial diminui cerca de 10%, o que provoca um aumento da pressão de contacto local de aproximadamente 65%; por sua vez uma meniscectomia total diminui a área de contacto em 75%, o que provoca um aumento do stress de contacto de 235%. Um estudo verificou que, em comparação com a meniscectomia parcial, o risco relativo de desenvolver osteoartrose radiográfica era de mais 2.2 vezes após meniscectomia subtotal e de mais 3.6 vezes após meniscectomia total⁵¹.

Atualmente, a meniscectomia parcial artroscópica está indicada para o tratamento das roturas meniscais sintomáticas irreparáveis, devendo ser excisado o mínimo possível de menisco necessário para o tratamento adequado da rotura. O objetivo deve ser preservar o mais possível da anatomia nativa do menisco, para o qual toda a estrutura músculo-ligamentar do joelho sempre esteve adaptada, procurando manter a eficiência das funções meniscais de uniformização de cargas e de proteção da cartilagem articular, diminuindo assim, em teoria, o risco de osteoartrose^{1,52,53}. Apesar da meniscectomia parcial estar associada a menor risco de progressão para osteoartrose em comparação com a meniscectomia total, a relação entre a excisão meniscal e o desenvolvimento de osteoartrose mantém-se mesmo para a meniscectomia parcial. Os meniscos são de facto estruturas essenciais para o equilíbrio do joelho em termos de uniformização de cargas e proteção da cartilagem articular, sendo que a alteração da sua morfologia, mesmo que parcial, seja por roturas ou por meniscectomias, aumenta o risco de desenvolvimento de osteoartrose do joelho e de necessidade de substituição artroplástica do joelho no futuro^{1,3,52,54,55,56}.

MENISCECTOMIA PARCIAL E OSTEOARTROSE

Os estudos que demonstram resultados a longo prazo, isto é, com tempo mínimo de seguimento superior a 10 anos, após meniscectomias parciais são escassos, heterogéneos e a larga maioria retrospectivos. Os seus dados estão resumidos na tabela 1^{1,18,19,20,21,22,23,53,57,58}. De modo geral, todos os estudos a longo prazo apresentados demonstraram entre 80 a 100% de

resultados clínicos e funcionais muito satisfatórios e 95% dos pacientes encontravam-se satisfeitos ou muitos satisfeitos após meniscectomia parcial artroscópica. No entanto, cerca de 20 a 80% dos joelhos submetidos a meniscectomia parcial desenvolveram sinais radiográficos gonartrose precoce, o que representou uma diferença estatisticamente significativa quando comparados com controlos. Apesar disto, nenhum dos pacientes com sinais radiográficos de gonartrose precoce demonstrou quaisquer sintomas de osteoartrose^{1,18,19,20,21,22,23,53,57,58}. Tal como outros autores confirmaram, na maioria dos estudos os sintomas e o grau funcional do paciente não demonstraram correlação com os sinais radiográficos de osteoartrose^{1,12,18,19,20,21,22,23}.

Fauno e Nielsen²⁰ estudaram prospetivamente 136 pacientes submetidos a meniscectomias parciais por roturas em *flap* e em asa de cesto. Os autores classificaram os sinais radiográficos de acordo com a classificação de Fairbank⁵⁹ e verificaram que 53% dos joelhos operados apresentavam pelo menos uma alteração de Fairbank, em comparação com apenas 22% nos joelhos contralaterais não operados. Não foram identificadas diferenças significativas em termos de progressão para gonartrose entre os dois tipos de roturas meniscais. Chatain et al.¹⁹ compararam ao longo de tempo médio de 15 anos de seguimento os resultados da meniscectomia parcial artroscópica medial com a lateral em 448 pacientes e identificaram diferenças significativas entre os joelhos operados e os contra-laterais quando à instalação de sinais radiográficos de osteoartrose, ocorrendo em 29.5% dos submetidos a meniscectomia medial e em 42.2% dos submetidos a meniscectomia lateral. Os piores resultados clínicos e radiográficos da meniscectomia parcial lateral poderão estar relacionados com a maior incongruência das superfícies articulares fémoro-tibiais no compartimento lateral em comparação com o medial e à consequente alteração biomecânica mais favorecedora de osteoartrose após ressecção meniscal. Foi também destacado neste estudo que apenas 0.2% dos pacientes submetidos a meniscectomia parcial foram submetidos a uma intervenção cirúrgica devido ao desenvolvimento de osteoartrose sintomática, isto é, apenas 1 paciente foi submetido a uma osteotomia tibial. Por sua vez,

Estudo	Número de pacientes avaliados	Idade (média e intervalo ou desvio padrão em anos)	Tempo de seguimento (média e intervalo ou desvio padrão em anos)	Sinais radiográficos de gonartrose após meniscectomia (Prevalência em percentagem)
Fauno e Nielsen ²⁰ (prospetivo)	136	35.2 ± 7 (rotura em flap); 31.6 ± 10 (rotura em asa de cesto)	8.5 (7.9-11.6)	> 1 alteração de Fairbank ⁵⁹ : *Joelhos operados - 53%; *Joelhos contra-laterais - 22%
Chatain et al. ¹⁹ (retrospectivo)	448	38.5 ± 12 (meniscectomia medial); 35 ± 12.5 (meniscectomia lateral)	11 (10-15)	Meniscectomia medial: *Joelhos operados - 29.5%; *Joelhos contra-laterais - 8%; Meniscectomia lateral: *Joelhos operados - 42.2%; *Joelhos contra-laterais - 4.7%
Englund M et al. ⁵⁷ (retrospectivo)	155	54 ± 12	16 ± 1	*Joelhos operados - 43%; *Joelhos contra-laterais - 29%; Controlos - 9%
Burks et al. ¹⁸ (retrospectivo)	111	38.5	14.7 (13.8-16.4)	Escala de osteoartrose 0-4 de Holden et al. ⁶⁰ : *Joelhos operados - 0.59; *Joelhos contra-laterais - 0.36; *Meniscectomia medial: 0.21; *Meniscectomia lateral: 0.36
Hulet C et al. ⁵⁸ (retrospectivo)	89	35 ± 13	22 ± 3	Apenas Meniscectomia lateral: *Joelhos operados - 56%; *Joelhos contra-laterais - 12%
Higuchi H et al. ⁵³ (retrospectivo)	67	26.7	12.2	57% (havia 31% de joelhos já com osteoartrose prévia à cirurgia). Progressão da gonartrose em 48% após meniscectomia
Hulet et al. ²¹ (retrospectivo)	57 (74 joelhos)	36 ± 11	12 ± 1	Apenas meniscectomia medial: *Joelhos operados - 16%; *Joelhos contra-laterais - 11%
Rockborn and Gilquist ²² (retrospectivo)	43 (44 lesões)	19 (15-22)	13	*Joelhos operados - 60.1%; *Joelhos contra-laterais - 15.15%; *Meniscectomia subtotal: 87.5%; *Meniscectomia parcial: 48.57%.

Tabela 1 – Tabela resumo dos estudos a longo prazo após meniscectomias parciais.

Englund M et al.⁵⁷ estudaram retrospectivamente 155 pacientes com idade média de 54 anos com tempo médio de seguimento de 16 anos e identificaram um risco 4.8 vezes superior de osteoartrose radiográfica e 2.6 vezes superior de osteoartrose sintomática nos pacientes submetidos a meniscectomia parcial em comparação com os controlos. O risco mais elevado de osteoartrose esteve relacionado com roturas meniscais degenerativas e resseções meniscais extensas. Rockborn and Gilquist²² estudaram retrospectivamente 44 meniscectomias que incluíam resseções meniscais parciais e subtotais e verificaram uma diferença estatisticamente significativa entre

os grupos, com piores resultados em termos de sinais radiográficos de gonartrose nos pacientes submetidos a meniscectomia subtotal (87.5%) em comparação com a meniscectomia parcial (48.57%). Foram também encontrados significativamente mais sinais radiográficos de gonartrose nos joelhos operados (60.1%) em comparação com os joelhos contra-laterais (15.15%). Um estudo efetuado em 29 pacientes submetidos a meniscectomia parcial medial (8.4 anos de tempo de seguimento) e lateral (7.1 anos de tempo de seguimento) isoladas, identificaram através de ressonâncias magnéticas índices de 64% de osteoartrose no compartimento

medial no grupo da meniscectomia medial versus 33% no compartimento lateral no grupo da meniscectomia lateral, correspondendo a graus II, III e IV da classificação de Outerbridge⁶¹. Outros estudos que recorreram a ressonância magnética confirmam estes resultados e detetaram mesmo lesões condrais nos primeiros 5 anos após a excisão meniscal^{62,63}. Eichinger M et al.⁶⁴ fizeram avaliações prospetivas aos 6,12 e 24 meses após a meniscectomia parcial e identificaram através de ressonância magnética evidência de lesões condrais progressivas após a intervenção meniscal, que atingiam não apenas o compartimento tíbio-femoral do lado da meniscectomia, mas também o contralateral e a articulação patelo-femoral. Por sua vez, uma análise com ressonância magnética T1p e T2 com mapeamento do tempo de relaxamento, identificou que a meniscectomia parcial afetou a composição bioquímica da cartilagem articular logo aos 6 meses após a meniscectomia⁴². As alterações foram mais acentuadas nas áreas de carga e na cartilagem imediatamente adjacente à resseção meniscal, o que sugere a implicação da meniscectomia parcial na alteração da cinemática do joelho. Por sua vez, Englund et al.⁶⁵ estudaram prospetivamente 121 pacientes (50 a 79 anos) com roturas meniscais sintomáticas submetidos a tratamento conservador e sem sinais de gonartrose prévia e verificaram um aumento dos sinais radiográficos de osteoartrose após 30 meses de tempo médio de seguimento, concluindo que a própria rotura meniscal, ao comprometer a integridade morfológica e funcional do menisco, também é um fator de risco para o desenvolvimento de gonartrose. O estudo retrospectivo de Roemer FW et al.³ em 355 joelhos verificou que todos os pacientes submetidos a meniscectomia parcial (n=31) em comparação com apenas 58.9% (n=165) dos joelhos com rotura meniscal não operados desenvolveram sinais radiográficos de osteoartrose no ano seguinte à cirurgia ou à lesão. A meniscectomia parcial foi considerada um fator de risco significativo para agravamento da lesão condral (*odds ratio*=4.51). Atualmente vários autores defendem que nenhum grau de meniscectomia é inócuo e que o risco aumentado de progressão para osteoartrose está diretamente relacionado com a quantidade de menisco funcional que é preservado após uma meniscectomia parcial. A interação topográfica

entre meniscos e cartilagem articular do joelho, isto é, o grau de cobertura da superfície articular tibial pelos meniscos, está diretamente relacionado com a sua eficácia funcional em termos de amortecimento de choques e proteção da cartilagem articular. Quando este equilíbrio é alterado, seja por lesões meniscais, por meniscectomias parciais ou mesmo suturas meniscais, a proteção da cartilagem articular está em risco e o provável favorecimento de cargas assimétricas anormais aumenta o risco de lesões condrais e como tal o de progressão para gonartrose precoce^{1,3,39,43,51,52,53,54,55,56,65,66,67}. Atualmente, a meniscectomia parcial, mas também as próprias roturas meniscais, são portanto consideradas fatores de risco para gonartrose precoce e a quantidade de menisco ressecado é o fator de risco mais consistentemente associado ao seu aparecimento nestes pacientes. A presença de outros fatores de risco para osteoartrose nestes pacientes, tais como meniscectomia lateral em comparação com a medial, idade superior a 40 anos, excesso de peso, deformidades angulares do joelho, desequilíbrios ligamentares e lesões condrais prévias (associada também à presença de roturas meniscais degenerativas por serem parte do processo evolutivo da osteoartrose), terá como consequência a aceleração do processo degenerativo articular^{18,20,21,24,43,52,53,57,58,65,68,69,70,71,72}. Um estudo biomecânico demonstrou que as meniscectomias parciais são mais prejudiciais a favorecer o desenvolvimento de lesões condrais em comparação com as respetivas roturas meniscais³⁴. A justificação é que os fragmentos da rotura meniscal preservam ainda alguma função de distribuição de cargas, enquanto o mesmo não se verifica após a sua excisão. Desta maneira, atualmente muitos estudos abordam a preservação meniscal e o desenvolvimento de técnicas de reparação e reconstrução meniscal. A sutura, as matrizes, os implantes e os transplantes meniscais, ao permitirem preservar de forma mais eficaz a morfologia meniscal, poderão ter vantagens em comparação com a meniscectomia na diminuição da progressão para gonartrose após rotura meniscal⁵². Apesar de terem indicações diferentes e só ser possível reparação com sutura em cerca de 5% das roturas meniscais, um estudo verificou que a longo prazo a sutura meniscal está associada a menores taxas de sinais radiográficos de osteoartrose em

comparação com a meniscectomia parcial de forma estatisticamente significativa (80.8% dos joelhos sem sinais de artrose após sutura meniscal versus apenas 40% após meniscectomia parcial)⁶⁹. Além disso, os autores verificaram que o nível funcional prévio à rotura meniscal foi recuperado em 96.2% dos pacientes submetidos a reparação meniscal em comparação com apenas 50% dos submetidos a meniscectomia parcial, o que também constituiu uma diferença estatisticamente significativa. Estes resultados sugerem a importância da manutenção ao máximo de tecido meniscal funcional aquando de uma meniscectomia tanto em resultados clínicos como radiográficos^{26,69,70,73}. Os autores justificam que a presença de sinais de osteoartrose precoce após sutura meniscal poderá estar associada à qualidade inferior e funcionalidade menos eficiente do tecido meniscal após sutura por cicatrização incompleta ou desenvolvimento de tecido fibrótico^{69,74,75}. Rubman MH et al.⁷⁶ sugerem e referem bons resultados com reparações de roturas meniscais mesmo com extensão para a zona avascular em pacientes selecionados com elevado risco de desenvolvimento de osteoartrose, particularmente desportistas com menos de 40 anos de idade. Os autores referem que apesar de terem 20% de taxa de re-operação na sua série, os benefícios de potencialmente reconstruir um menisco funcional que permita uma proteção eficaz da cartilagem articular e evite o desenvolvimento de lesões osteoartrosicas precoces, são superiores ao risco de necessidade de nova cirurgia. Por sua vez, e apesar dos dados serem ainda preliminares, alguns estudos indicam que os implantes sintéticos e o transplante meniscal alógeno poderão, também pelo princípio da restauração da morfologia meniscal original, estar associados a menor taxa de progressão para osteoartrose precoce a longo prazo^{52,77,78,79}. Vários estudos experimentais em termos de medicina regenerativa estão atualmente em curso com o objetivo de encontrar um tratamento eficaz das roturas meniscais que mantenha ao máximo a anatomia meniscal original e evite a progressão para osteoartrose, em particular a utilização de fatores de crescimento, matrizes, implantes, cultura de tecidos e células estaminais⁵².

CONCLUSÃO

Em suma, apesar dos resultados clínico-funcionais a curto, médio e longo prazo dos pacientes submetidos a meniscectomia parcial por rotura meniscal sintomática irreparável serem muito satisfatórios, os resultados radiográficos a longo prazo (seguimento superior a 10 anos) não são favoráveis, apresentando uma taxa elevada de aparecimento de sinais de gonartrose precoce. Atualmente existe evidência científica que nenhum grau de meniscectomia é inócuo e que o risco aumentado de progressão para osteoartrose precoce depende da quantidade de menisco funcional que é preservado após uma meniscectomia parcial. A meniscectomia parcial é um fator de risco para o desenvolvimento precoce de gonartrose, mas a própria rotura meniscal e qualquer desequilíbrio da relação topográfica protetora entre meniscos e cartilagem articular também o são. A sutura e o transplante meniscais, ao permitirem preservar a morfologia meniscal, poderão ter vantagens em comparação com a meniscectomia parcial na diminuição da progressão para gonartrose após rotura meniscal. São necessários mais estudos prospetivos aleatorizados com tempo de seguimento superior de modo a definir o procedimento terapêutico ideal para melhoria sintomática destes pacientes a curto prazo e ao mesmo tempo evitar ao máximo o desenvolvimento de gonartrose precoce a longo prazo. A evidência científica atual acerca dos riscos de osteoartrose após meniscectomia parcial deve levar os cirurgiões ortopédicos a ponderar e a discutir cuidadosamente com o paciente os riscos e benefícios da escolha desta opção terapêutica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Petty CA, Lubowitz JH. Does arthroscopic partial meniscectomy always cause arthritis? *Sports Med Arthrosc.* 2012 Jun;20(2):58-61.
2. Fabricant PD, Jokl P. Surgical outcomes after arthroscopic partial meniscectomy. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007;15: 647-653.
3. Roemer FW, Kwok CK, Hannon MJ et al. Partial meniscectomy is associated with increased risk of incident radiographic osteoarthritis and worsening cartilage damage in the following year. *Eur Radiol.* 2016 Apr 27.
4. Raber DA, Friederich NF, Hefti F. Discoid lateral meniscus in children. Long-term follow-up after total meniscectomy. *J Bone Joint Surg Am* 1998;80:1579-1586.
5. Jorgensen U, Sonne-Holm S, Lauridsen F, et al. Long-term follow-up of meniscectomy in athletes. A prospective longitudinal study. *J Bone Joint Surg Br.* 1987;69:80-83.
6. Lotke PA, Lefkoe RT, Ecker ML. Late results following medial meniscectomy in an older population. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63:115-119.
7. Roos E, Ostenberg A, Roos H, et al. Long-term outcome of meniscectomy: symptoms, function, and performance tests in patients with or without radiographic arthritis compared to matched controls. *Osteoarthritis Cartilage.* 2001;9:316-324.
8. Fairbank TJ. Knee joint changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br.* 1948;30:664-670.
9. McGinty JB, Lawrence FG, Marvin RA. Partial or total meniscectomy. A comparative analysis. *J Bone Joint Surg Am.* 1976;58:248-251.
10. Johnson RJ, Kettelkamp DB, Clark W, et al. Factors affecting late results after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56:719-729.
11. Tapper EM, Hoover NW. Late results after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Am.* 1969;51:517-526.
12. Fabricant PD, Jokl P. Surgical outcomes after arthroscopic partial meniscectomy. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007;15: 647-653.
13. Shelbourne KD, Dickens JF. Joint space narrowing after partial medial meniscectomy in the anterior cruciate ligament intact knee. *J Am Acad Orthop Surg* 2007;15:519-524.
14. Covall DJ, Wasilewski SA. Roentgenographic changes after arthroscopic meniscectomy: five-year follow-up in patients more than 45 years old. *Arthroscopy.* 1992;8:242-246.
15. Englund M, Lohmander LS. Risk factors for symptomatic knee osteoarthritis fifteen to twenty-two years after meniscectomy. *Arthritis Rheum.* 2004;50:2811-2819.
16. Matsusue Y, Thomson NL. Arthroscopic partial medial meniscectomy in patients over 40 years old: a 5- to 11-year follow-up study. *Arthroscopy.* 1996;12:39-44.
17. Northmore-Ball MD, Dandy DJ. Long-term results of arthroscopic partial meniscectomy. *Clin Orthop Relat Res.* 1982;167:34-42.
18. Burks RT, Metcalf MH, Metcalf RW. Fifteen year follow-up of arthroscopic partial meniscectomy. *Arthroscopy.* 1997; 13:673-679.
19. Chatain F, Adeleine P, Chambat P, et al. A comparative study of medial versus lateral arthroscopic partial meniscectomy on stable knees: 10-year minimum follow-up. *Arthroscopy.* 2003;19:842-849.
20. Fauno P, Nielsen AB. Arthroscopic partial meniscectomy: a long-term follow-up. *Arthroscopy.* 1992;8:345-349.
21. Hulet CH, Locker BG, Schiltz D, et al. Arthroscopic medial meniscectomy on stable knees. *J Bone Joint Surg Br.* 2001; 83:29-32.
22. Rockborn P, Gillquist J. Outcome of arthroscopic meniscectomy: a 13-year physical and radiographic follow-up of 42 patients under 23 years of age. *Acta Orthop Scand.* 1995;66:113-117.
23. Petty C, Lubowitz JL. Does arthroscopic partial meniscectomy result in knee osteoarthritis? A systematic review with a minimum of 8 years follow up. *Arthroscopy.* 2010;27:419-424.
24. Kim SJ, Chun YM, Jeong JH, Ryu SW, Oh KS, Lubis AM. Effects of arthroscopic meniscectomy on the long-term prognosis for the discoid lateral meniscus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007;15:1315-1320.
25. Mizuta H, Nakamura E, Otsuka Y, Kudo S, Takagi K. Osteochondritis dissecans of the lateral femoral condyle following total resection of the discoid lateral meniscus. *Arthroscopy.* 2001 Jul;17(6):608-12.
26. Baratz ME, Fu FH, Mengato R. Meniscal tears: The effect of meniscectomy and of repair on intraarticular contact areas and stress in the human knee: A preliminary report. *Am J Sports Med* 1986;14:270-275.

27. Englund M. The role of the meniscus in osteoarthritis genesis. *Rheum Dis Clin North Am.* 2008;34:573-579.
28. Renstrom P, Johnson RJ. Anatomy and biomechanics of the menisci. *Clin Sports Med.* 1990;9(3):523-538.
29. Kurosawa H, Fukubayashi T, Nakajima H. Load-bearing mode of the knee joint: physical behavior of the knee joint with or without menisci. *Clin Orthop Relat Res.* 1980;149:283-290.
30. Atmaca H, Kesemenli CC, Memişoğlu K, Özkan A, Celik Y. Changes in the loading of tibial articular cartilage following medial meniscectomy: a finite element analysis study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013 Dec; 21 (12): 2667-2673
31. Thorlund JB, Holsgaard-Larsen A, Creaby MW et al. Changes in knee joint load indices from before to 12 months after arthroscopic partial meniscectomy: a prospective cohort study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2016 Jul;24(7):1153-9.
32. Ahmed AM. A pressure distribution transducer for in vitro static measurements in synovial joints. *J Biomech Eng.* 1983; 105(3):309-314.
33. Yang N, Nayeb-Hashemi H, Canavan PK. The combined effect of frontal plane tibiofemoral knee angle and meniscectomy on the cartilage contact stresses and strains. *Ann Biomed Eng.* 2009 Nov;37(11):2360-72.
34. Dong Y, Hu G, Dong Y, Hu Y, Xu Q. The effect of meniscal tears and resultant partial meniscectomies on the knee contact stresses: a finite element analysis. *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* 2014;17(13):1452-63.
35. Lee SJ, Aadalen KJ, Malaviya P, Lorenz EP, Hayden JK, Farr J et al. Tibiofemoral contact mechanics after serial medial meniscectomies in the human cadaveric knee. *Am J Sports Med.* 2006 Aug;34(8):1334-44.
36. Vadher SP, Nayeb-Hashemi H, Canavan PK, Warner GM. Finite element modeling following partial meniscectomy: effect of various size of resection. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2006;1:2098-101.
37. Zielinska B, Donahue TL. 3D finite element model of meniscectomy: changes in joint contact behavior. *J Biomech Eng.* 2006 Feb;128(1):115-23.
38. Edd SN, Netravali NA, Favre J, Giori NJ, Andriacchi TP. Alterations in knee kinematics after partial medial meniscectomy are activity dependent. *Am J Sports Med.* 2015 Jun;43(6):1399-407.
39. Bedi A, Kelly NH, Baad M, Fox AJ, Brophy RH, Warren RF et al. Dynamic contact mechanics of the medial meniscus as a function of radial tear, repair, and partial meniscectomy. *J Bone Joint Surg Am.* 2010 Jun;92(6):1398-408.
40. Thambyah A, Nather A, Goh J. Mechanical properties of articular cartilage covered by the meniscus. *Osteoarthritis Cartilage.* 2006 Jun;14(6):580-8. Epub 2006 Apr 18.
41. Dempsey AR, Wang Y, Thorlund JB, Mills PM, Wrigley TV, Bennell KL et al. The relationship between patellofemoral and tibiofemoral morphology and gait biomechanics following arthroscopic partial medial meniscectomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013 May;21(5):1097-103.
42. Souza RB, Wu SJ, Morse LJ, Subburaj K, Allen CR, Feeley BT. Cartilage MRI relaxation times after arthroscopic partial medial meniscectomy reveal localized degeneration. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Jan;23(1):188-97.
43. Atay OA, Doral MN, Leblebicioğlu G, Tetik O, Aydingöz U. Management of discoid lateral meniscus tears: observations in 34 knees. *Arthroscopy.* 2003 Apr; 19 (4): 346-352
44. Kobayashi A, Uezaki N, Mitsuyasu M. Discoid meniscus of the knee joint. *Clin Orthop* 1975;10:10-24.
45. McGinty JB, Geuss LF, Marvin RA. Partial or total meniscectomy. *J Bone Joint Surg Am* 1977;59:763-766.
46. Ikeuchi H. Arthroscopic treatment of lateral discoid meniscus: Technique and long-term results. *Clin Orthop* 1982;167:19-28.
47. Ogut T, Kesmezacar H, Akgun I, Cansu E. Arthroscopic meniscectomy for discoid lateral meniscus in children and adolescents: 4.5 year follow-up. *J Pediatr Orthop B* 2003;12:390-397.
48. Asik M, Sen C, Taser OF, Alturfan AK, Sozen YV. Discoid lateral meniscus: Diagnosis and results of arthroscopic treatment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2003;11:99-104.
49. Manzione M, Pizzutillo PD, Peoples AB, Schweizer PA. Meniscectomy in children: A long-term follow-up study. *Am J Sports Med* 1983;11:111-115.
50. Zaman M, Leonard MA. Meniscectomy in children: Results in 59 knees. *Injury* 1981;12:425-428.
51. Englund M, Lohmander LS. Risk factors for symptomatic knee osteoarthritis fifteen to twenty-two years after meniscectomy. *Arthritis Rheum.* 2004 Sep;50(9):2811-9.
52. Verdonk R, Madry H, Shabshin N et al. The role of meniscal tissue in joint protection in early

- osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016 Jun;24(6):1763-74.
53. Higuchi H, Kimura M, Shirakura K, Terauchi M, Takagishi K. Factors affecting long-term results after arthroscopic partial meniscectomy. *Clin Orthop Relat Res.* 2000 Aug;(377):161-8.
54. Englund M, Roemer FW, Hayashi D et al. Meniscus pathology, osteoarthritis and the treatment controversy. *Nat Rev Rheumatol.* 2012 May 22;8(7):412-9.
55. Brophy RH, Gray BL, Nunley RM, Barrack RL, Clohisey JC. Total knee arthroplasty after previous knee surgery: expected interval and the effect on patient age. *J Bone Joint Surg Am* 2014;96:801e5.
56. Yoon KH, Lee SH, Bae DK, Park SY, Oh H. Does varus alignment increase after medial meniscectomy? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013 Sep;21(9):2131-6.
57. Englund M, Roos EM, Lohmander LS. Impact of type of meniscal tear on radiographic and symptomatic knee osteoarthritis: a sixteen-year followup of meniscectomy with matched controls. *Arthritis Rheum.* 2003 Aug;48(8):2178-87.
58. Hulet C, Menetrey J, Beaufils P, Chambat P, Djian P, Hardy P et al. French Arthroscopic Society (SFA). Clinical and radiographic results of arthroscopic partial lateral meniscectomies in stable knees with a minimum follow up of 20 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Jan;23(1):225-31.
59. Fairbank TJ; Knee joint changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br.* 1948 Nov;30B(4):664-70.
60. Holden DL, James SL, Larson RL, et al. Proximal tibial osteotomy in patients who are 50 years old or less. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 1988;70:977-982.
61. Williams RJ 3rd, Warner KK, Petrigliano FA, Potter HG, Hatch J, Cordasco FA. MRI evaluation of isolated arthroscopic partial meniscectomy patients at a minimum five-year follow-up. *HSS J.* 2007 Feb;3(1):35-43.
62. Wang Y, Dempsey AR, Lloyd DG, Mills PM, Wrigley T, Bennell KL et al. Patellofemoral and tibiofemoral articular cartilage and subchondral bone health following arthroscopic partial medial meniscectomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012 May;20(5):970-8.
63. Mills PM, Wang Y, Cicuttini FM, Stoffel K, Stachowiak GW, Podsiadlo P et al. Tibio-femoral cartilage defects 3-5 years following arthroscopic partial medial meniscectomy. *Osteoarthritis Cartilage.* 2008 Dec;16(12):1526-31.
64. Eichinger M, Schocke M, Hoser C, Fink C, Mayr R, Rosenberger RE. Changes in articular cartilage following arthroscopic partial medial meniscectomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016 May;24(5):1440-7.
65. Englund M, Guermazi A, Roemer FW, Aliabadi P, Uang M, Lewis CE, et al. Meniscal tear in knees without surgery and the development of radiographic osteoarthritis among middle-aged and elderly persons: the multicenter osteoarthritis study. *Arthritis Rheum.* 2009;60:831-839.
66. Madry H, Luyten FP, Facchini A. Biological aspects of early osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2012 Mar;20(3):407-22.
67. Bloecker K, Guermazi A, Wirth W, et al. Tibial coverage, meniscus position, size and damage in knees discordant for joint space narrowing – data from the Osteoarthritis Initiative. *Osteoarthritis and cartilage / OARS, Osteoarthritis Research Society.* 2013;21(3):419-427.
68. Choi SH, Ahn JH, Kim KI, et al. Do the radiographic findings of symptomatic discoid lateral meniscus in children differ from normal control subjects? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* in press, available online 12 March, 2014.
69. Stein T, Mehling AP, Welsch F, von Eisenhart-Rothe R, Jäger A. Long-term outcome after arthroscopic meniscal repair versus arthroscopic partial meniscectomy for traumatic meniscal tears. *Am J Sports Med.* 2010 Aug;38(8):1542-8.
70. Andersson-Molina H, Karlsson H, Rockborn P. Arthroscopic partial and total meniscectomy: a long-term follow-up study with matched controls. *Arthroscopy.* 2002;18(2):183-189.
71. Papalia R, Del Buono A, Osti L, Denaro V, Maffulli N. Meniscectomy as a risk factor for knee osteoarthritis: a systematic review. *Br Med Bull.* 2011;99:89-106.
72. Meredith DS, Losina E, Mahomed NN, Wright J, Katz JN. Factors predicting functional and radiographic outcomes after arthroscopic partial meniscectomy: a review of the literature. *Arthroscopy.* 2005 Feb;21(2):211-23.
73. Paxton ES, Stock MV, Brophy RH. Meniscal repair versus partial meniscectomy: a systematic review comparing reoperation rates and clinical outcomes. *Arthroscopy.* 2011 Sep;27(9):1275-88.

74. Majewski M, Stoll R, Widmer H, Muller W, Friederich NF. Midterm and long-term results after arthroscopic suture repair of isolated, longitudinal, vertical meniscal tears in stable knees. *Am J Sports Med.* 2006;34(7):1072-1076.
75. Venkatachalam S, Godsiff SP, Harding ML. Review of the clinical results of arthroscopic meniscal repair. *Knee.* 2001;8(2):129-133.
76. Rubman MH, Noyes FR, Barber-Westin SD. Arthroscopic repair of meniscal tears that extend into the avascular zone. A review of 198 single and complex tears. *Am J Sports Med.* 1998 Jan-Feb;26(1):87-95.
77. Samitier G, Alentorn-Geli E, Taylor DC et al. Meniscal allograft transplantation. Part 2: systematic review of transplant timing, outcomes, return to competition, associated procedures, and prevention of osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Jan;23(1):323-33.
78. Zaffagnini S, Marcheggiani Muccioli GM, Lopomo N et al. Prospective long-term outcomes of the medial collagen meniscus implant versus partial medial meniscectomy: a minimum 10-year follow-up study. *Am J Sports Med.* 2011 May;39(5):977-85.
79. Monllau JC, Gelber PE, Abat F et al. Outcome after partial medial meniscus substitution with the collagen meniscal implant at a minimum of 10 years' follow-up. *Arthroscopy.* 2011 Jul;27(7):933-43.