

Estabilidade articular mecânica e funcional

Mechanic and functional joint stability

ALENCAR, M.A.; ROLLA, A.F.; FONSECA, S.T. Estabilidade articular mecânica e funcional. *R. bras. Ci e Mov.* 2006; 14(4): 111-118.

RESUMO: A estabilidade articular é um requisito essencial para que um indivíduo realize atividades funcionais e é descrita na literatura por dois tipos de estabilidade, a mecânica e a funcional. Tem-se discutido sobre a relação direta entre os dois tipos de estabilidade, entretanto a falta de correlação entre elas tem sido demonstrada. O objetivo deste estudo foi analisar os fatores que contribuem para a estabilidade mecânica e a estabilidade funcional e discutir a relação entre elas. A estabilidade mecânica é determinada pela geometria articular e pelas propriedades mecânicas dos tecidos que se encontram dentro e ao redor da articulação. Entretanto vários estudos apresentam evidências de que durante a realização de diversas atividades funcionais a rigidez passiva das articulações parece não ser suficientes para garantir sua estabilidade. Estabilidade articular funcional é a condição que permite um desempenho normal de uma articulação durante uma atividade funcional. É promovida pelos fatores contribuintes para a estabilidade mecânica somado a resultante de força que age sobre uma articulação. Durante muito tempo, e mesmo atualmente, tem-se assumido que testes clínicos de frouxidão positivos são indicativos de instabilidade e conseqüentemente de incapacidade. Entretanto, a maioria dos estudos que avaliou desempenho funcional e frouxidão não encontrou correlação entre estas duas variáveis. Apesar dos testes de frouxidão serem úteis no diagnóstico de uma lesão ligamentar, a sua utilidade na predição do desfecho funcional do indivíduo após a lesão é limitada. **Palavras-chaves:** estabilidade articular, rigidez

ALENCAR, M.A.; ROLLA, A.F.; FONSECA, S.T. Mechanic and functional joint stability. *R. bras. Ci e Mov.* 2006; 14(4): 111-118.

ABSTRACT: Joint stability is an essential requirement to subject practice functional activities. It is described at literature by two types of stability, the mechanical and the functional. A lot has been discussing about the direct relationship between the two types of stability, however a lack of correlation among them has been demonstrated. The purpose of this study was to analyze the factors that contribute to the mechanical stability and the functional stability of a joint and to discuss the relationship between them. The mechanic stability is determined by the joint geometry and mechanicals properties of the tissues within and around the joint. However, many studies have shown evidences that during the practice of several functional activities the joint passive stiffness is not sufficient to guarantee joint stability. Functional joint stability is the condition of a joint that allows normal performance of the individual during physical activities. It is determined by the factors that contribute to mechanic stability and by resulting forces that act on the joint. For a long time, and even nowadays, it has been assumed that positive clinical laxity test were indicative of instability and consequently of impairment. However, most of the studies that evaluated functional performance and laxity didn't find association between these two variables. In spite of the usefulness of the tests of laxity in the diagnosis of ligamentar lesion, their capacity of predicting individual's functional outcome after the lesion is limited.

Keywords: joint stability, stiffness

Alencar, M. A.¹

Rolla, A. F.²

Fonseca, S. T.³

¹ Mestre em Ciências da Reabilitação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

² Especialista ortopedia e esportes pela Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

³ Professor Adjunto do Departamento de fisioterapia, Universidade Federal de Minas Gerais Belo Horizonte, MG, Brasil

Trabalho realizado no Departamento de Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais.

Recebimento: 13/05/2006
Aceite: 03/08/2006

Correspondência: Ana Flávia Lage Rolla. Endereço: Rua Padre Ângelo, n.97, apto 201, bloco C2, bairro: Pará Itabira – MG. Cep: 35900-491. E-mail: anaflrolla@ig.com.br

Introdução

A estabilidade articular é um requisito essencial para que um indivíduo realize atividades funcionais^{26,32}. Em geral, a estabilidade é definida como a habilidade do sistema retornar para a sua posição de equilíbrio após uma pequena perturbação ou de resistir a esta perturbação^{11,19,31,32}. Um dos principais aspectos relacionados à estabilidade de uma articulação é a rigidez articular, uma vez que reflete a capacidade de uma articulação responder a perturbação ou a deslocamentos angulares^{1,3,16,17,20,26}.

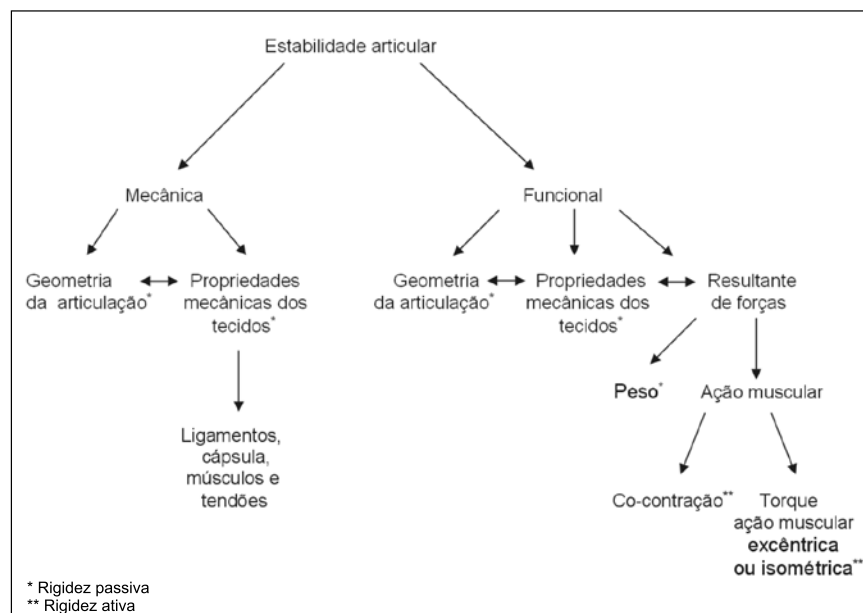
A estabilidade articular, é descrita, na literatura por dois tipos de estabilidade, a mecânica e a funcional^{16,17} (Figura 1). A estabilidade mecânica da articulação refere-se a estabilidade passiva ou o grau de frouxidão da articulação^{16,17}, que é freqüentemente avaliada no ambiente clínico, através de testes tais como gaveta e Lachman ou pelo artrômetro³⁰. A estabilidade mecânica é determinada pela geometria articular e propriedades mecânicas dos tecidos dentro ou ao redor da articulação^{16,17}. Já a estabilidade funcional é definida como a condição na qual a articulação é estável e não apresenta sintomas durante a prática de atividade física^{16,17,26,33}. Portanto, a queixa do indivíduo e a razão de sua procura por tratamento, normalmente refere-se a

alteração neste tipo de estabilidade³⁰. A estabilidade funcional é determinada pela interação de inúmeros fatores, incluindo a geometria articular, propriedades mecânicas dos tecidos e resultante de forças sobre a articulação causada pelo peso corporal e ação muscular^{16,17}.

Muito tem sido discutido sobre a relação direta entre os dois tipos de estabilidade^{7,16,17,27,30}. A suposição de que a frouxidão articular conduz inexoravelmente para a instabilidade e esta para uma disfunção, tem feito com que muitos profissionais utilizem as medidas de estabilidade mecânica como um parâmetro de evolução ou melhora do indivíduo³⁰. Entretanto, vários estudos têm demonstrado a falta de correlação entre a estabilidade mecânica e funcional^{7,16,17,27,30}. Indivíduos que apresentam frouxidão articular nem sempre apresentam sintomas de instabilidade durante a realização de atividades funcionais, mesmo em atividades extenuantes^{7,16,17,27,30}. Além disso, sintomas de instabilidade e disfunções podem estar presentes sem alterações concomitantes na estabilidade mecânica^{16,17}.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi analisar os fatores que contribuem para a estabilidade mecânica e para a estabilidade funcional e discutir a relação entre estes dois tipos de estabilidade articular.

Figura 1: Fatores que contribuem para a estabilidade articular



Estabilidade mecânica

Estabilidade mecânica é determinada pela geometria articular e pelas propriedades mecânicas dos tecidos que se encontram dentro e a redor da articulação^{16,17}. Estes componentes são responsáveis pela rigidez passiva de uma articulação^{16,17}.

A geometria articular é determinada pelas estruturas ósseas e por estruturas acessórias como discos, meniscos e lábios articulares que, através do aumento da congruência articular, contribuem para a estabilidade mecânica^{20,22,23}. Em um estudo realizado por Markolf *et al.* (1981) foi verificado, após menisectomia medial e lateral, uma diminuição da rigidez passiva de joelhos nos movimentos de varo-valgo e deslize antero-posterior de tibia, em extensão total, mostrando, assim, a importância das estruturas acessórias na congruência de uma articulação²⁰.

Dentre os tecidos que oferecem resistência mecânica ao deslocamento articular pode-se destacar ligamentos, cápsulas, fâscias, tendões e músculos^{16,17,23,22}. Sendo que a rigidez articular depende, dentre outros fatores, da rigidez destas estruturas. As propriedades mecânicas dos ligamentos são consideradas por muitos autores como as mais importantes, por oferecerem a maior parte da força de restrição a um deslocamento passivo da articulação^{16,17,33}. Esta resistência oferecida pelo ligamento é específica para cada tipo de articulação e variável de acordo com a direção e amplitude de movimento^{16,17}. O ligamento cruzado anterior, por exemplo, a 30 graus de flexão de joelho tem 86% de sua força direcionada para prevenir movimento anterior da tibia e 50% para aproximação articular, enquanto na extensão total, 70% de sua força de tensão está direcionada para prevenir deslocamento anterior da tibia e 70% para aproximação articular²¹.

Em testes de deslocamento passivo de ligamento, grande quantidade de força é necessária até o ponto de ruptura. Entretanto, o estresse máximo suportado por esta estrutura é inferior àquele produzido pela maioria das atividades dinâmicas e principalmente esportivas^{16,17}. Alguns autores acreditam que o real papel mecânico dos ligamentos na estabilidade articular funcional é o de guiar a artrocinemática articular e não de restringir os movimentos excessivos²⁹.

Os músculos, mesmo passivamente, são capazes de oferecer resistência ao deslocamento, já que oferecem resistência a sua deformação e, quando deformados, armazenam energia elástica, tendendo a retornar à sua posição inicial¹². A rigidez muscular passiva depende das propriedades viscoelásticas do músculo, assim como os outros tecidos intra e periarticulares. Entretanto, a rigidez muscular total pode ser modificada de acordo com o nível de ativação muscular^{3,12}.

Apesar da contribuição de todos os fatores relacionados à estabilidade mecânica, vários estudos apresentam evidências de que durante a realização de diversas atividades funcionais a rigidez passiva das articulações parecem não ser suficientes para garantir sua estabilidade^{2,5,6}. Desta forma, o processo de estabilização funcional de uma articulação deve ser mais cuidadosamente investigado.

Estabilidade funcional

Estabilidade articular funcional é a condição que permite um desempenho normal de um indivíduo durante uma atividade funcional^{16,17,26,33}. Este tipo de estabilidade é promovido pelos fatores contribuintes para a estabilidade mecânica somado a resultante de força que age sobre uma articulação^{1,10,16,17,19,20}. A interação destes fatores confere a resistência da articulação a deslocamentos, ou seja, a rigidez articular, em atividades funcionais^{1,19,20}.

A geometria articular e a tensão passiva dos tecidos que cruzam a articulação participam da estabilidade articular funcional por meio da resistência passiva oferecida ao deslocamento²⁰ e pelo importante papel na manutenção das superfícies articulares em congruência, quando cargas compressivas forem aplicadas^{2,15}. Como foi relatado anteriormente, durante atividades funcionais, principalmente aquelas de maior intensidade, são necessárias forças adicionais para a manutenção da estabilidade. Forças e momentos produzidos pelo peso corporal (gravidade), inércia e músculos, geram uma resultante de força compressiva sobre a articulação que aproxima as superfícies articulares, aumentando a congruência^{16,17,20} e conseqüentemente a rigidez da articulação. Markolf *et al.* (1981) realizaram um estudo *in vitro* no qual cargas verticais foram colocadas sobre a articulação e sua

resistência ao deslocamento foi avaliada²⁰. Eles verificaram que a rigidez articular aumentou com o aumento da carga²⁰. No ser humano podemos analisar este achado como sendo a ação do peso corporal contribuindo para a estabilidade articular.

A atividade muscular tem sido reportada como um fator importante no ajuste da rigidez articular. Isso se faz necessário à medida que a demanda de estabilidade é modificada de acordo com a tarefa ou o ambiente^{3,8,11,16,17,25,31}. As alterações observadas na rigidez articular por meio da contração muscular resultam do aumento da rigidez dos músculos ativados e também da aproximação das superfícies articulares^{2,16,17,19}. Os mecanismos propostos para os ajustes dinâmicos da rigidez articular (rigidez ativa) são: a co-contratação muscular^{6,13,14,24,28} e/ou aumento da contração de um músculo se opondo a um momento de força externo durante as atividades funcionais^{13,14,24,28}.

A co-contratação, ativação simultânea de músculos antagonistas, tem sido reportada como uma estratégia utilizada durante a execução de diversas tarefas funcionais como marcha, descida de um degrau, corrida, salto e alcance^{6,14,18}. Em muitos estudos a co-contratação foi observada não só durante a realização do movimento, mas nas fases pré e pós-movimento^{11,25,31}. Esta observação demonstra que esse mecanismo proporciona estabilidade por meio de um ajuste preparatório e contínuo da rigidez da musculatura ao redor de uma articulação^{2,11,25,31}.

Em alguns estudos foi observado aumento da rigidez articular que não pôde ser explicado pelo aumento da co-contratação^{4,24,28}. Este comportamento foi observado em situações nas quais a direção da perturbação era previsível. Carpenter *et al.* (2001), por exemplo, foi verificaram um aumento significativo na rigidez do tornozelo em indivíduos posicionados na extremidade de uma plataforma elevada⁴. Este aumento da rigidez foi associado apenas a ativação do músculo tibial anterior⁴. Como os participantes deslocaram os seus centros de massa posteriormente devido ao risco de queda para frente, a gravidade gerava um torque externo de flexão plantar na articulação do tornozelo, de forma que o tibial anterior estaria atuando excêntricamente para ajustar a rigidez da mesma⁴.

Na literatura, são discutidos os prováveis mecanismos fisiológicos responsáveis pela regulação da rigidez ativa^{9,16,17}. Dentre eles, destacam-se a propriocepção, reflexo ligamento muscular e ajuste dinâmico da rigidez via sistema fuso muscular gama^{9,16,17}. Os mecanismos proprioceptivos e reflexo ligamento-muscular possuem limitações e possíveis inadequações para explicar o controle da estabilidade articular. Talvez a maior das limitações seja o fato do sistema músculo-esquelético responder a um estímulo externo somente após a perturbação ter sido aplicada. Neste caso, a demora biológica em responder a estímulos faria com que estas respostas fossem muito longas e, provavelmente ineficazes no processo de estabilização articular. No mecanismo de ajuste da rigidez via sistema gama, o organismo estaria sempre preparado para lidar com perturbações externas, uma vez que a rigidez pode ser ajustada continuamente^{9,16,17}. Entretanto, ainda não existe um consenso em relação à existência de um mecanismo único e primário.

Relação entre estabilidade mecânica e estabilidade funcional

Durante muito tempo, e mesmo atualmente, medidas de frouxidão ligamentar testadas clinicamente através de testes passivos ou por artrômetros, são usadas como testes preditivos de sucesso de tratamento ou mesmo para indicação cirúrgica³⁰. Tem-se assumido que frouxidão encontrada nestes testes levará à instabilidade e conseqüentemente à incapacidade³⁰. Entretanto, a maioria dos estudos que avaliou desempenho funcional e frouxidão não encontrou correlação entre estas duas variáveis^{7,30}.

Snyder-Mackler *et al.*, em 1997, compararam indivíduos com lesão de ligamento cruzado anterior (LCA) que retornaram à inteira participação às atividades físicas pré-lesão (adaptados) e àqueles que não retornaram (não adaptados)³⁰. Não houve diferença significativa entre os grupos quanto às medidas de frouxidão ligamentar, medidas por artrômetro e foi encontrada uma diferença significativa para a maioria das medidas de desfecho funcional, avaliadas através de questionários³⁰. Resultados similares foram encontrados por Eastlack *et al.* (1999), sendo que este

usou além de questionários funcionais, medidas de desempenho funcional ⁷.

A falta de relação direta entre estabilidade mecânica e funcional já foi observada por alguns autores ^{7,30}, no entanto os fatores que levam a adaptação ou não do indivíduo são ainda especulativas. Desde 1985, Noyes *et al.* tentam relacionar alguns fatores com a incapacidade após lesão de LCA ²³. Entre eles está a magnitude da lesão inicial, recorrências da lesão, tipo de esporte no qual o indivíduo está inserido, lesões meniscais ou ligamentares associadas e habilidades neuromusculares do indivíduo ²³.

Snyder-Mackler *et al.* (1997) discutiram a possibilidade do desenvolvimento de um padrão de movimento compensatório ou de uma adaptação no padrão de controle do movimento em indivíduos adaptados, em resposta à lesão, enquanto que indivíduos não adaptados não foram capazes de desenvolver estas estratégias compensatórias ³⁰. Na tentativa de explicar as possíveis diferenças nas compensações realizadas pelos indivíduos após uma lesão ligamentar, Rudolph *et al.* (1998), realizaram um estudo comparando cinética e cinemática em atividades como caminhar, trotar e subir e descer degraus em indivíduos que se adaptaram bem após lesão e àqueles que não se adaptaram ²⁷. Foi encontrado aumento no momento extensor do joelho lesado em ambos os grupos, se comparado ao não lesado e aumento do ângulo de flexão de joelho para todas as atividades testadas nos indivíduos que não se adaptaram bem à lesão ²⁷. Desta forma, modificações no padrão de movimento após lesão ligamentar provavelmente vão ocorrer e podem variar individualmente. Entretanto, a literatura ainda não oferece informação suficiente para que se estabeleça uma relação causal entre estas modificações e a adaptação à lesão.

Outra relação que já foi investigada por alguns autores, se refere à força dos músculos do joelho e o desempenho funcional após lesão ligamentar, entretanto, a literatura também não é conclusiva para esta questão ^{7,27}.

Alguns autores relatam que as forças geradas pelos músculos que passam através de uma articulação têm o papel de equilibrar a resultante de forças externas e, assim, garantir a estabilidade da articulação,

ou seja, impedir movimentos articulares indesejados como a translação entre o fêmur e tibia ^{1,2}. Logo, se um músculo está com uma menor capacidade de produzir torque pode permitir um deslocamento indesejado entre as superfícies articulares, ocasionando, então, a sensação de instabilidade articular (falseio) e assim, causar um impacto negativo no desempenho funcional de um indivíduo ¹. Rudolph *et al.* (1998), comparando a força do quadríceps entre grupos de indivíduos adaptados e não adaptados após lesão de LCA, encontraram um valor menor no grupo dos não adaptados, entretanto a diferença não foi estatisticamente significativa ²⁷. Estes autores discutem que a adaptação dos indivíduos após lesão de LCA não pode ser explicada completamente pela força muscular e que outros fatores podem estar associados. Já no estudo de Eastlack *et al.* (1999) que também avaliou a força do quadríceps, o grupo indivíduos adaptados apresentou significativamente maior força de quadríceps que o grupo de indivíduos não adaptados agudos e crônicos ⁷. Logo, os autores concluem que este fator, provavelmente, está associado à capacidade do indivíduo realizar suas atividades mesmo com frouxidão ligamentar. Devido a discrepância de resultados, ainda não está claro o quanto a função muscular estaria influenciando na capacidade do indivíduo ter a estabilidade funcional, apesar da instabilidade mecânica.

A dificuldade em se investigar a relação entre adaptação após a lesão e fatores causais pode estar na própria classificação dos indivíduos quanto à adaptados e não adaptados. Classificação esta, que se dá na maioria dos estudos a partir do relato subjetivo do indivíduo que depende diretamente da sua percepção ou até mesmo satisfação na realização de atividades após lesão, o que nem sempre coincide com sua real capacidade em desempenhar uma função. Além disso, já que a falta de relação entre estabilidade mecânica e estabilidade funcional já foi descrita, investigações sobre a quantidade mínima de rigidez de uma estrutura passiva necessária para contribuir para a estabilidade articular torna-se importante, assim como o real papel dos ligamentos neste processo de estabilização. Esta revisão foi limitada pelo fato de a literatura ainda ser escassa neste tema,

principalmente no que se refere ao estudo da relação entre estabilidade mecânica e funcional em outras articulações que não o joelho. É preciso ainda o desenvolvimento de estudos que possam identificar a quantidade da contribuição dos diversos fatores na estabilidade funcional nas diversas articulações, assim como determinar os fatores que levam o indivíduo que possui estabilidade mecânica precária a apresentar estabilidade funcional adequada.

Conclusão

A literatura descreve estabilidade mecânica e estabilidade funcional

separadamente, entretanto a inter-relação entre os diversos fatores contribuintes de cada tipo de estabilidade mostra a impossibilidade da análise de cada um individualmente. Apesar dos testes de frouxidão serem úteis no diagnóstico de uma lesão ligamentar, a sua utilidade na predição do desfecho funcional do indivíduo após a lesão é limitada. Como a relação entre a quantificação da alteração na estabilidade mecânica e desempenho funcional não pode ser estabelecida, possíveis fatores causais da adaptação ou não do indivíduo, devem ser investigados.

Referências Bibliográficas

1. An K. Muscle force and its role in joint dynamic stability. **Clinical Orthopedics and Related Research**. 2002; 403s : S37-42.
2. Baratta R, Solomonow M, Zhou B, Lestón D, Chuinard R, D'Ambrosia R. Muscular coactivation. the role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. **The American Journal of Sports Medicine**. 1988; 16(2): 113-122.
3. Blackburn JT, Riemann BL, Padua DA, Guskiewicz KM. Sex comparison of extensibility, passive, and active stiffness of the knee flexors. **Clinical Biomechanics**. 2004; 19: 36-43.
4. Carpenter MG, Frank JS, Silcher CP, Peysar GW. The influence of postural threat on the control of upright stance. **Journal of Biomechanics**. 2001; 34: 1257-1267.
5. Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the *in vivo* lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. **Clinical Biomechanics**. 1996; 11(1): 1-15.
6. Duan XH, Allen RH, Sun JQ. A stiffness-varying model of human gait. **Medical Engineering and Physics**. 1997; 19(6): 518-524.
7. Eastlack ME, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Laxity, instability, and functional outcome after acl injury: copers versus noncopers. **Med Sci Sports Exerc**. 1999; 31(2): 210-215.
8. Ettema GJC, Huijing PA. Skeletal muscle stiffness in static and dynamic contractions. **Journal of Biomechanics**. 1994; 27(11): 1361-1368.
9. Fonseca ST, Ocarino JM, Silva PLP. Ajuste da rigidez muscular via sistema fuso-musculargama: implicações para o controle da estabilidade articular. **Revista Brasileira de Fisioterapia**. 2004; 8(3): 187-195.
10. Fonseca ST, Silva PLP, Ocarino JM, Guimarães RB, Oliveira MT, Lage CA. Analyses of dynamic co-contraction level in individuals with anterior cruciate ligament injury. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 2004; 14(2): 239-247.
11. Gardner-Morse MG, Stokes IAF. Trunk stiffness increase with steady-state effort. **Journal of Biomechanics**. 2001; 34: 457-463.
12. Hebert R. The passive mechanical properties of muscle and their adaptations to altered patterns of use. **The Australian Journal of Physiotherapy**. 1988; 34(3): 141-149.
13. Holt KG, Obusek JP, Fonseca ST. Constraints on disordered locomotion: a dynamical systems perspective on spastic cerebral palsy. **Human Movement Science**. 1996; 15: 177-202.
14. Hortobágyi T, De Vita P. Muscle pre- and coactivity during downward stepping are associated with leg stiffness in aging. **Journal Electromyography Kinesiology**. 2000; 10: 117-126.
15. Hsieh HH, Walker SP. Stabilizing mechanisms of the loaded and unloaded knee joint. **J Bone Joint Surg**. 1976; 58a: 87-93.
16. Johansson H, Sjolander P, Sojka P. A sensory role for the cruciate ligaments. **Clinical Orthopedics**. 1991; 258: 161-178.
17. Johansson H, Sjolander P, Sojka P. Receptors in the knee joint ligaments and their role in the biomechanics of the joint. **Critical Reviews in Biomedical Engineering**. 1991; 18(5): 341-368.

18. Klein CS, Rice CL, Marsh GD. Normalized force, activation, and coactivation in the arm muscles of young and old men. **Journal of Applied Physiology**. 2001; 91(3): 1341-1349.
19. Lee PJ, Rogers EL, Granata KP. Active trunk stiffness increases with co-contraction. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 2006; 16(1): 51-57.
20. Markolf KL, Bargar WL, Shoemaker SC, Amstutz HC. The role of joint load in knee stability. **The Journal of Bone and Joint Surgery**. 1981; 63a(4): 570-585.
21. Mcleod WD. The biomechanics and function of the secondary restraints to the anterior cruciate ligament. **Orthopedic Clinics Of North America**. 1985; 16(2): 165-171.
22. Milner TE. Contribution of geometry and joint stiffness to mechanical stability of the human arm. **Experimental Brain Research**. 2002; 143(4): 515-519.
23. Noyes FR, McGinniss GH, Grood ES. The variable function disability of the anterior cruciate ligament deficient knee. **Orthopedic Clinics Of North America**. 1985; 16(1): 47-67.
24. Obuseck JP, Holt KG, Rosestein RM. The hybrid mass-spring pendulum model of human leg swinging: stiffness in control of cycle period. **Biological Cybernetics**. 1995; 73: 139-147.
25. Pijnappels M, Bobbert MF, Dieën JH. EMG modulation in anticipation of a possible trip during walking in young and older adults. **Journal of Electromyography and Kinesiology**. 2006; 16(2): 137-143.
26. Reimann BL, Demont RG, Ryu K, Lephart, SM. The effects of sex, joint angle, and the gastrocnemius muscle on passive ankle joint complex stiffness. **Journal Of Athletic Training**. 2001; 36(4): 369-377.
27. Rudolph KS, Eastlack ME, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Movement Patterns After Anterior Cruciate Ligament Injury: A comparison of patients who compensate well for the injury and those who require operative stabilization. **Journal Electrom Kinesiolog**. 1998; 8: 349-362.
28. Silva PLP. Avaliação da contribuição da co-contração e da atividade excêntrica muscular para a regulação da rigidez da articulação do joelho. 73 Páginas. Dissertação de Mestrado em Ciências da Reabilitação. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004
29. Smith PN, Refshauge KM, Scarvell JM. Development of the concepts of knee kinematics. **Arch Phys Med Rehabil**. 2003; 84: 1895-1902.
30. Snyder-Mackler L. The relationship between passive joint laxity and functional outcome after anterior cruciate ligament injury. **Am Journal Sports Med**. 1997; 25(2): 191-195.
31. Stokes A.F, Gardner-Morse M, Hery SM, Badger GJ. Decrease in trunk muscular response to perturbation with preactivation of lumbar spinal musculature. **Spine**. 2000; 25(15): 1957-1964.
32. Wagner H, Blickhan R. Stabilizing function of skeletal muscles: an analytical investigation. **J Theor Biol**. 1999; 199: 163-179.
33. Williams GN, Chmielewski T, Rudolph KS, Buchanan TS, Snyder-Mackler L. Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**. 2001; 31(10): 546-566.