

ARTIGO ORIGINAL

Importância do treinamento da propriocepção e do controle motor na reabilitação após lesões músculo-esqueléticas

The importance of training the proprioception and motor control in rehabilitation following musculoskeletal injuries

Gustavo Leporace ^{1,2}, Leonardo Metsavaht ¹, Maria Matilde de Mello Sposito ^{1,3}

RESUMO

A propriocepção e o controle muscular possuem um papel fundamental na estabilidade articular dinâmica. Após lesões ortopédicas algumas características sensório-motoras são alteradas e devem ser focadas em programas de reabilitação, para que haja sucesso no retorno às atividades realizadas previamente a lesão. Desta forma, devem ser realizados exercícios proprioceptivos específicos desde início do período pós operatório ou após a fase aguda de lesões tratadas conservadoramente, com o objetivo de melhorar a acuidade proprioceptiva e a resposta muscular antecipatória e reativa, restabelecendo a estabilidade articular dinâmica. Neste artigo abordaremos o conceito original de propriocepção, a contribuição para a manutenção da estabilidade articular dinâmica, a influência da lesão na acuidade proprioceptiva e o treinamento da propriocepção e do controle neuromuscular.

ABSTRACT

Proprioception and muscular control play a fundamental role in dynamic joint stability. After orthopedic injuries, some motor-sensory characteristics are effected and must be focused on in rehabilitation programs in order to successfully return to pre-injury activities. Certain specific proprioceptive exercises should be initiated immediately after surgery, or after the proper treatment of the acute phase of injuries in order to improve the proprioceptive acuity and the anticipatory and reactive muscular response, reestablishing dynamic joint stability. In this article we focus on the original concept of proprioception, its contribution to the maintenance of dynamic joint stability, the influence of injuries on the proprioceptive acuity, proprioceptive and neuromuscular control training.

PALAVRAS-CHAVE

Propriocepção, Atividade Motora, Sistema Musculosquelético/lesões, Reabilitação

KEYWORDS

Proprioception, Motor Activity, Musculoskeletal System/injuries, Rehabilitation

1 Instituto Brasil de Tecnologias da Saúde, Rio de Janeiro.

2 Laboratório de Biomecânica e Comportamento Motor, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

3 Instituto de Medicina Física e Reabilitação – Centro de Reabilitação Umarizal, Hospital das Clínicas, Universidade de São Paulo.

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA

Instituto Brasil de Tecnologias da Saúde
Rua Visconde de Pirajá, 407 - 3º Andar - Sala 307
Ipanema
Rio de Janeiro - RJ
Cep 224100-03
E-mail: gustavo.leporace@brasilsaude.org.br

INTRODUÇÃO

Apesar do termo “propriocepção” ter sido descrito inicialmente em 1906, por Sherrington, e ser amplamente utilizada no âmbito da reabilitação, observa-se entre os profissionais uma falta de conhecimento no que tange ao seu conceito, embasamento fisiológico, importância para manutenção da estabilidade articular, influência da lesão e as técnicas de prescrição de exercícios.

A propriocepção predomina como um dos termos mais mal empregados dentre os componentes do sistema sensorio-motor. É incorretamente empregado como sinônimo de sentido de posição articular, sensação somática, equilíbrio e estabilidade articular dinâmica.¹

Originalmente Sherrington a descreveu para referenciar as informações aferentes oriundas dos “proprioceptores”, localizados no “campo proprioceptivo”. Propunha que esta contribui para a regulação da postura global (equilíbrio postural), postura segmentar (estabilidade articular), assim como para diversas sensações periféricas conscientes, denominada “sensações musculares” (“muscle senses”).² Este autor ainda descreveu 4 submodalidades de sensações musculares: postura; movimento passivo; movimento ativo; e resistência ao movimento. Estas submodalidades correspondem hoje ao termo sentido de posição articular, cinestesia e sentido de resistência.³

Atualmente propriocepção é definida como o conjunto de informações aferentes oriundas das articulações, músculos, tendões e outros tecidos projetados para o sistema nervoso central (SNC) para processamento, influenciando as respostas reflexas e o controle motor voluntário. A propriocepção contribui para o controle postura, estabilidade articular e diversas sensações conscientes.⁴ É extremamente importante a compreensão de que a propriocepção limita-se somente a aquisição do estímulo mecânico e sua transdução em estímulos neurais, não possuindo influência com o processamento no SNC e na resposta motora.⁴

A propriocepção faz parte de um sistema denominado sistema somato-sensorio. Este engloba todas as informações mecânicas, originadas pelos mecanorreceptores, dolorosas, originadas pelos nocirreceptores e térmicas, originadas pelos termorreceptores.⁵

As informações proprioceptivas são oriundas dos receptores musculares e tendíneos, denominados fuso muscular e órgão tendinoso de Golgi, e receptores localizados nos ligamentos, cápsula articular, meniscos e tecidos cutâneos.

Contribuição da propriocepção para a manutenção da estabilidade articular dinâmica

Estabilidade articular dinâmica é definida como a capacidade de resistir a uma perturbação ou prontamente retomar a postura adequada após perturbações.⁶

É determinada pela interação de diversos fatores, como o constrangimento passivo causado pelos ligamentos e outras estruturas articulares, a geometria articular, a fricção entre as superfícies cartilaginosas e pelas cargas mecânicas geradas por forças compressivas, como a gravidade e a atividade muscular.⁷

Os testes de frouxidão ligamentar, muito utilizados na prática clínica para mensurar a estabilidade articular, como o Lachman, Gaveta Anterior, Teste de Apreensão Anterior no Ombro, avaliam

somente a estabilidade mecânica, também denominada de passiva. No entanto, existem evidências demonstrando a falta de relação entre a estabilidade mecânica e a estabilidade funcional, esta última sendo determinada principalmente pela ação dos músculos ao redor da articulação.⁸

Estudos demonstraram que mesmo após a reconstrução do ligamento cruzado anterior alguns pacientes continuaram a apresentar episódios de falseio no joelho, caracterizando instabilidade funcional, apesar da restauração da estabilidade mecânica,^{9,10} ratificando a importância da musculatura na estabilidade articular dinâmica.

As informações proprioceptivas gerada pelos mecanorreceptores são levadas pelas vias aferentes até o SNC, aonde serão processadas e programadas novas formas de ativação muscular para estabilizar as articulações.⁵ A ativação inconsciente dos estabilizadores dinâmicos, que ocorre em preparação e em resposta ao movimento articular é denominada controle neuromuscular.¹¹

A ativação muscular em resposta à sobrecarga articular é mediada pelo mecanismo de “feedback”. Diversas formas de reflexo estão relacionadas com a resposta muscular a alguma alteração na homeostase do sistema. Um reflexo bastante estudado é o denominado reflexo de proteção ligamento muscular.¹¹ Segundo estes autores, ligamentos de determinadas articulações também servem com órgãos sensoriais dinâmicos, gerando indiretamente estímulos para o início da atividade muscular sinérgica, além de sua função passiva de limitar o movimento articular. Por exemplo, quando se aplicam altas forças anteriores à tibia, o ligamento cruzado anterior (LCA) é alongado de maneira que seus receptores geram um estímulo que resulta em contração dos músculos posteriores de coxa, que irão atuar na prevenção do deslocamento anterior excessivo da tibia.¹¹ A presença deste reflexo em outras articulações, como a coluna e o ombro, já foram demonstradas em alguns estudos.^{12,13}

Outro meio proposto de estabilização articular é em relação à co-contracção de músculos antagonistas em uma articulação.¹⁴ É descrita na literatura uma relação direta entre o nível de co-contracção muscular e rigidez dinâmica¹⁵ e propõe-se que o nível de co-contracção entre músculos antagonistas é um dos principais fatores para a manutenção da estabilidade articular dinâmica.¹⁶

Rigidez dinâmica é definida fisicamente pela taxa de mudança de amplitude movimento em função da força aplicada. Está diretamente relacionada com a resistência de uma articulação ao movimento.¹⁷

Apesar destes mecanismos propostos para estabilidade articular, ao que parece, o tempo de latência que ocorre entre a percepção do estímulo e a atividade muscular reflexa não é o suficiente para prevenir lesões.¹⁸ Desta maneira, outros mecanismos devem agir para auxiliar na estabilidade dinâmica.

Ao que parece, uma outra estratégia utilizada com o objetivo da manutenção da estabilidade dinâmica é a ativação muscular anterior à sobrecarga articular, controlada pelo mecanismo de “feedforward”.¹⁹ Esta ocorre devido a informações sensoriais periféricas geradas em experiências progressas que são aprendidas, armazenadas e usadas para planejar e executar a atividade muscular adequada. Essa ativação muscular ocorre em preparação para a absorção das cargas mecânicas seguintes (Figura 1).

Um estudo demonstrou que tanto a atividade muscular preparatória assim como a reflexa ocorre durante quedas frontais com apoio do membro superior.²⁰ Portanto, atualmente acredita-se que ambas as formas de ativação muscular são essenciais para prover estabilidade articular dinâmica e devem ser abordadas no processo de treinamento.^{11,14}

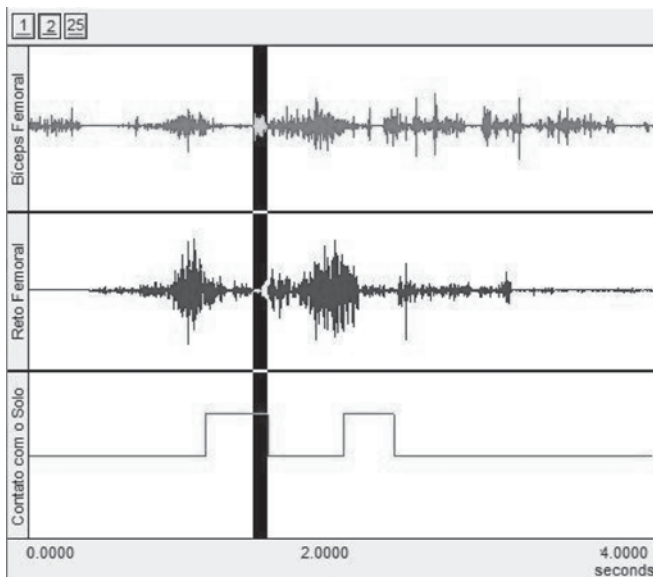


Figura 1

Atividade Mioelétrica (sinal em bruto) do bíceps femoral (acima) e reto femoral (intermediário) durante dois saltos verticais consecutivos. A faixa em preto demonstra a existência de atividade muscular 100ms anterior ao contato com o solo após o primeiro salto, preparando a articulação do joelho para absorção das cargas mecânicas.



Figura 2

Apoio unipodal em superfície instável.

Influência das lesões na acuidade proprioceptiva e treinamento após a lesão

Diversos estudos demonstraram a atenuação na propriocepção e resposta motora após lesões músculo-esqueléticas.^{21,22,23} Apesar da metodologia conflitante entre os estudos, sabe-se que diversas características sensorio-motoras encontram-se alteradas após um processo lesivo.^{14,24}

Uma lesão ligamentar pode levar a instabilidade mecânica e atenuação na acuidade proprioceptiva. A diminuição na propriocepção gera indiretamente alterações no controle neuromuscular, que, associado a instabilidade mecânica leva a instabilidade funcional. A instabilidade funcional, conseqüentemente, predispõe a novas lesões e desta forma um ciclo de lesões se inicia.²⁵ Assim, o processo de reabilitação deve ser planejado de modo a reverter estas alterações, permitindo aos pacientes o retorno ao nível pré-lesão, através da integração das sensações periféricas relativas à propriocepção e ao processar destes sinais em respostas motoras eficientes, atenuando ou revertendo totalmente a instabilidade funcional originada pela lesão. Com o objetivo de gerar padrões de ativação muscular adequado, devem-se estimular posturas vulneráveis que necessitem de grande estabilização muscular preparatória e reativa.

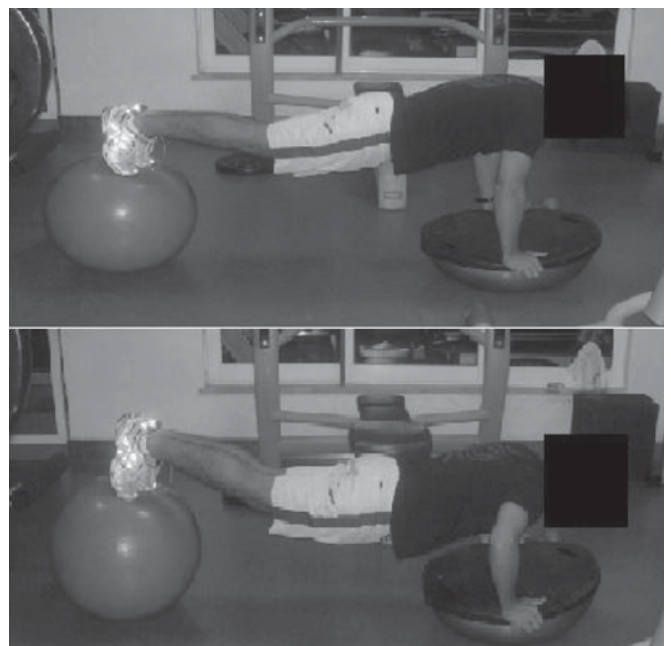


Figura 3

Flexão de braço em superfícies instáveis. Acima: posição inicial. Abaixo: posição final.



Figura 4
Atividade pliométrica: salto do solo para a cama elástica.



Figura 6
Marcha em superfície instável



Figura 5
Sustentação frontal com perturbação.

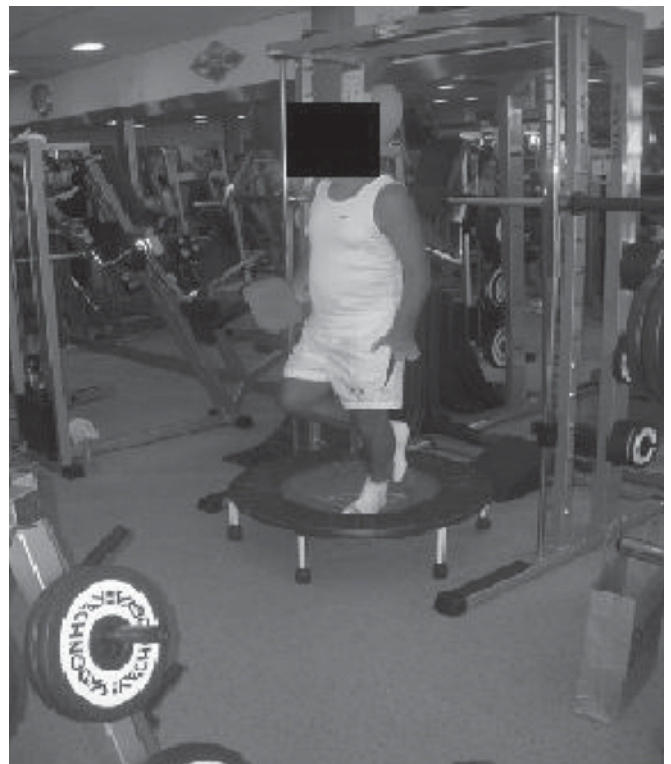


Figura 8
Exercício funcional em superfície instável.

Apesar de haver certo risco em estimular estas posturas, o treinamento é realizado de maneira controlada e progressiva, gerando as adaptações sensório-motoras adequadas para estimular a capacidade e confiança do paciente e assim voltar ao nível prévio a lesão.

Quatro elementos devem ser focados para restabelecer os déficits sensório-motores: propriocepção, estabilização dinâmica, controle neuromuscular reativo e padrões motores funcionais.²⁴

Os mecanismos de propriocepção envolvem tanto vias conscientes como vias inconscientes.²⁶ Desta maneira, os exercícios prescritos devem conter tanto estímulos conscientes, para estimular a cognição, assim como alterações repentinas e inesperadas na posição articular, para iniciar a atividade reflexa da musculatura. Os exercícios prescritos devem envolver equilíbrio em superfícies instáveis, enquanto o indivíduo realiza atividades funcionais (Figura 2).

Já o objetivo do treinamento da estabilização dinâmica é melhorar a co-ativação entre os músculos antagonistas.

Exercícios para estimular a propriocepção e estabilização dinâmica devem ser realizados em cadeia fechada e com pequenos movimentos, uma vez que a compressão estimula os receptores articulares e as alterações na curva de comprimento-tensão estimula os receptores musculares. Exercícios de reposicionamento dos membros também devem ser realizados, para estimular o senso de posição articular e controle neuromuscular²⁴ (Figura 3).



Figura 7
Estabilização rítmica.

A melhora da rigidez dinâmica é outro aspecto importante. Sugere-se que os receptores musculares aumentam sua sensibilidade com o aumento da rigidez dinâmica.²⁷ Exercícios que envolvam treinamento excêntrico, como descidas de degraus e aterrissagens após saltos, são os mais eficientes para aumentar rigidez dinâmica preparatória e reativa¹⁷ (Figura 4).

O controle neuromuscular reativo é alcançado através de exercícios que gerem situações inesperadas, como perturbações em superfícies instáveis em apoio unipodal e durante a marcha. Ao que parece, este tipo de treinamento melhora a ativação preparatória e reativa dos músculos posteriores de coxa em indivíduos com lesão no LCA²⁸ (Figura 5 e 6). Exercícios de estabilizações rítmicas, através do conceito de Facilitação Neuromuscular Proprioceptiva, também podem ser utilizados para melhorar o controle reativo da musculatura, além de melhoras na estabilidade articular²⁹ (Figura 7). Exercícios pliométricos em fases adiantadas da reabilitação, associados a superfícies instáveis ou não, e corridas com mudanças de direção também podem ser realizados para treinar a absorção das cargas mecânicas atuando na articulação³⁰ (Figura 4).

CONCLUSÃO

É indispensável a prescrição de exercícios adequadamente planejados que melhorem a acuidade proprioceptiva e o controle motor após lesões músculo-esqueléticas com o objetivo de restabelecer os déficits originados, que podem, a curto prazo, atenuar o sucesso do processo de reabilitação e, a longo prazo, levar a degenerações precoces e lesões com indicação de tratamento cirúrgico.

REFERÊNCIAS

- Riemann BL, Lephart SM. The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. *J Athl Train.* 2002;37(1):71-79.
- Sherrington CS. The integrative action of the nervous system. New York: Scribner's Son; 1906.
- Matthews PB. Where does Sherrington's "muscular sense" originate? Muscles, joints, corollary discharges? *Annu Rev Neurosci.* 1982;5:189-218.
- Lephart SM, Fu FH. Proprioception and neuromuscular control in joint stability. Champaign (IL): Human Kinetics; 2000.
- Guyton AC, Hall JE. Textbook of medical physiology. 11 ed. Philadelphia: WB Saunders; 2006.
- McGill SM, Cholewicki J. Biomechanical basis for stability: an explanation to enhance clinical utility. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(2):96-100.
- Johansson H, Sjolander P. The neurophysiology of joints. In: Wright V, Radin EL, editors. Mechanics of joints: physiology, pathophysiology and treatment. New York: Marcel Dekker; 1993. p.243-90.
- Snyder-Mackler L, Ladin Z, Schepsis AA, Young JC. Electrical stimulation of the thigh muscles after reconstruction of the anterior cruciate ligament. Effects of electrically elicited contraction of the quadriceps femoris and hamstring muscles on gait and on strength of the thigh muscles. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73(7):1025-36.
- Barrett DS. Proprioception and function after anterior cruciate reconstruction. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73(5):833-7.
- Harrison EL, Duenkel N, Dunlop R, Russell G. Evaluation of single-leg standing following anterior cruciate ligament surgery and rehabilitation. *Phys Ther.* 1994;74(3):245-52.
- Solomonow M, Krogsgaard M. Sensorimotor control of knee stability. A review. *Scand J Med Sci Sports.* 2001;11(2):64-80.
- Knatt T, Guanche C, Solomonow M, Lu Y, Baratta R, Zhou BH. The glenohumeral-biceps reflex in the feline. *Clin Orthop Relat Res.* 1995;(314):247-52.
- Solomonow M, Zhou BH, Harris M, Lu Y, Baratta RV. The ligamento-muscular stabilizing system of the spine. *Spine.* 1998;23(23):2552-62.

12. Myers JB, Wassinger CA, Lephart SM. Sensorimotor contribution to shoulder stability: effect of injury and rehabilitation. *Man Ther.* 2006;11(3):197-201.
13. Markolf KL, Graff-Radford A, Amstutz HC. In vivo knee stability. A quantitative assessment using an instrumented clinical testing apparatus. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60(5):664-74.
14. Williams GN, Chmielewski T, Rudolph K, Buchanan TS, Snyder-Mackler L. Dynamic knee stability: current theory and implications for clinicians and scientists. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2001;31(10):546-66.
15. Butler RJ, Crowell HP 3rd, Davis IM. Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2003;18(6):511-7.
16. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med.* 2007;35(3):359-67.
17. Bastian AJ. Learning to predict the future: the cerebellum adapts feedforward movement control. *Curr Opin Neurobiol.* 2006;16(6):645-9.
18. Dietz V, Noth J, Schmidtbleicher D. Interaction between pre-activity and stretch reflex in human triceps brachii during landing from forward falls. *J Physiol.* 1981;311:113-25.
19. Lephart SM, Fu FH, Borsa JP, Warner JP. Proprioceptive of the shoulder joint in healthy, unstable, and surgically repaired shoulders. *J Shoulder Elbow Surg.* 1994;3: 371-380.
20. Zuckerman JD, Gallagher MA, Cuomo F, Rokito A. The effect of instability and subsequent anterior shoulder repair on proprioceptive ability. *J Shoulder Elbow Surg.* 2003;12(2):105-9.
21. Myers JB, Ju YY, Hwang JH, McMahon PJ, Rodosky MW, Lephart SM. Reflexive muscle activation alterations in shoulders with anterior glenohumeral instability. *Am J Sports Med.* 2004;32(4):1013-21.
22. Swanik CB, Lephart SM, Giannantonio FP, Fu FH. Re-establishing proprioception and neuromuscular control in the ACL-injured athlete. *J Sport Rehabil.* 1997;6:182-206.
23. Lephart SM, Henry TJ. The physiological basis for open and closed kinetic chain rehabilitation for the upper extremity. *J Sport Rehabil.* 1996;5:71-87.
24. Lephart SM, Henry TJ. Functional rehabilitation for the upper and lower extremity. *Orthop Clin North Am.* 1995;26(3):579-92.
25. Fellows SJ, Thilmann AF. The role of joint biomechanics in determining stretch reflex latency at the normal human ankle. *Exp Brain Res.* 1989;77(1):135-9.
26. Hurd WJ, Chmielewski TL, Snyder-Mackler L. Perturbation-enhanced neuromuscular training alters muscle activity in female athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14(1):60-9.
27. Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide. 3rd ed. Berlin: Springer; 2008.
28. Swanik KA, Lephart SM, Swanik CB, Lephart SP, Stone DA, Fu FH. The effects of shoulder plyometric training on proprioception and selected muscle performance characteristics. *J Shoulder Elbow Surg.* 2002;11(6):579-86.
29. Smith CE, Nyland J, Caudill P, Brosky J, Caborn DN. Dynamic trunk stabilization: a conceptual back injury prevention program for volleyball athletes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38(11):703-20.