

# Análise Comparativa do Equilíbrio em Apoio Unipodal em Indivíduos Sedentários e Atletas

## Comparative Analysis of Balance on Unipodal in Athletes and Sedentary Subjects

Jeanne Karlette Merlo<sup>a</sup>; Ana Carolina Lazaretti Stoppa<sup>b</sup>; Christiane de Souza Guerino Macedo<sup>c</sup>;  
Rubens Alexandre da Silva Junior<sup>d\*</sup>

### Resumo

Com a evolução o homem assumiu a postura ereta, que é continuamente desafiada pela força da gravidade para manter o equilíbrio do corpo sobre a pequena base de sustentação representada pelos pés. Na busca de respostas adaptativas para o controle do equilíbrio analisa-se a oscilação do corpo durante a postura ereta com o uso de uma plataforma de força. Este estudo teve o objetivo de comparar as variáveis do equilíbrio unipodal em plataforma de apoio em sedentários e atletas. A amostra foi de conveniência, incluindo 12 voluntários do sexo masculino, seis sedentários e seis atletas, com idade entre 21 e 16 anos, respectivamente. Para a coleta de dados foi utilizada uma plataforma de força, na qual os indivíduos permaneceram, por 30 segundos, em apoio unipodal, lado dominante, com os olhos abertos. Com os resultados pode-se observar para atletas e sedentários, respectivamente: RMSAP 4,43(1,19) e 3,78(0,53), RMSML 3,08(0,73) e 2,43(0,33), COP 9,62(3,98) e 7,77(3,97), Velocidade AP 2,48(0,66) e 2,59(0,94), Velocidade ML 2,94(0,93) e 2,55(0,47), Frequência Média AP 0,59(0,2) e 0,64(0,16), Frequência Média ML 0,78(0,15) e 0,77(0,1). A análise estatística não evidenciou diferença significativa entre os grupos, para as variáveis analisadas. Desta forma, este estudo não encontrou diferença em apoio plantar e equilíbrio unipodal de atletas e sedentários.

**Palavras-chave:** Plataforma de força. Equilíbrio Postural. Atletas.

### Abstract

*Through evolution, man assumed an upright posture, which is continuously challenged by the gravity force to maintain the balance of the body on its small base of support represented by the feet. In the search for adaptive answers for the balance control the oscillation of the body during the upright posture with the use of a force platform. This study had the objective of comparing variables of unipodal balance in support platform in sedentary subjects and athletes. The sample was of convenience, including 12 volunteers of the male gender, six sedentary and six athletes, with ages between 21 and 16 respectively. To collect the data a force platform was used, on which the subjects remained for 30 seconds in unipodal support, dominant side with eyes opened. With the results can be observed for athletes and sedentary, respectively: RMSAP 4,43(1,19) e 3,78(0,53), RMSML 3,08(0,73) e 2,43(0,33), COP 9,62(3,98) e 7,77(3,97), AP Speed 2,48(0,66) e 2,59(0,94), ML Speed 2,94(0,93) e 2,55(0,47), average frequency AP 0,59(0,2) e 0,64(0,16), average frequency ML 0,78(0,15) e 0,77(0,1). Statistical analysis showed no significant difference between groups for any variable. This study found no difference in plantar support and on-leg balance in athletes and sedentary.*

**Key-words:** Support Platform. Postural Balance. Athletes.

<sup>a</sup> Especialista em Ortopedia e Traumatologia - Universidade Norte do Paraná. (UNOPAR). E-mail: jeannemerlo@yahoo.com.br

<sup>b</sup> Fisioterapeuta. Pós-Graduada em Fisioterapia Traumato-Ortopédica Funcional. E-mail: anacarolis@yahoo.com.br

<sup>c</sup> Doutoranda em Ciências da Saúde - Universidade de São Paulo (USP). Docente da Universidade Estadual de Londrina (UEL) e da Universidade Norte do Paraná (UNOPAR). chmacedouel@yahoo.com.br

<sup>d</sup> Doutor em Sciences Biomédicales - Université de Montréal. Docente da Universidade Norte do Paraná (UNOPAR). Email: rubensalex@hotmail.com.

\* Endereço para correspondência: Paris, 675 - Jd. Piza. CEP: 86041-140 Cx. P. 401. Londrina - PR.

### 1 Introdução

Através da evolução, o homem assumiu a postura ereta, que é continuamente desafiada pela força da gravidade para manter o equilíbrio do corpo sobre a pequena base de sustentação representada pelos pés<sup>1</sup>. Atualmente, estudos descrevem o corpo humano como um pêndulo invertido suspenso sobre uma base que oscila constantemente devido ao controle do equilíbrio e postura<sup>2,3</sup>.

Recentemente, vários aspectos do controle motor têm sido investigados na análise da postura e do equilíbrio. Este

é mantido por um sistema que sofre a ação de forças em constante mudança, sendo, portanto, razoável a sugestão de que a orientação corporal é alcançada a partir de um relacionamento entre informação sensorial e ação motora. Neste caso, informação sensorial influencia a realização de ações motoras relacionadas ao controle postural e, simultaneamente, as ações motoras influenciam a obtenção de informação sensorial<sup>4</sup>. O estudo da postura pode ser dividido em estático e dinâmico. A posturografia estática lida com a postura ereta parada não perturbada, quando o sujeito tenta ficar imóvel. Na posturografia dinâmica, uma perturbação é aplicada e a resposta do sujeito à perturbação é estudada. Comparações e aplicações da posturografia estática e dinâmica são discutidas<sup>5</sup>.

Na busca de respostas adaptativas para o controle do equilíbrio analisa-se a oscilação do corpo durante a postura ereta com o uso de uma plataforma de força<sup>1</sup>. A plataforma de força consiste de duas superfícies rígidas, uma superior e outra inferior, que são interligados por sensores de força<sup>6</sup>.

A variável mais comum para analisar esta oscilação é a

posição do centro de pressão (COP), o ponto de aplicação da resultante das forças agindo na superfície suporte. O deslocamento do COP representa uma somatória das ações do sistema de controle. Na busca de maior entendimento sobre o controle motor em posição ortostática, vários estudos analisam a área de apoio, o deslocamento, a velocidade média de deslocamento e a força de reação do solo<sup>1</sup>.

O equilíbrio postural atua continuamente durante mudanças de situação, ou seja, na situação de um indivíduo estático, o controle corporal atua de determinada maneira, em situação dinâmica atua de outro modo<sup>7</sup>. No equilíbrio estático, a base de suporte se mantém fixa, enquanto o centro de massa corporal se movimenta. Em uma situação de equilíbrio dinâmico, tanto o centro de massa quanto a base de suporte se movimentam e o centro de massa jamais se alinha à base de suporte durante a fase de apoio unipodal<sup>8</sup>. Piirtola e Era<sup>9</sup> relatam que a velocidade médio-lateral e a média da oscilação médio-lateral da oscilação da COP durante o apoio bipodal estático com os olhos abertos e fechados são os indicadores que mostraram maior associação com futuras quedas.

Atletas de modalidades esportivas, como ginástica olímpica ou judô, devido às exigências específicas da prática destas modalidades, exibem controle postural diferenciado<sup>10</sup>. Observa-se, também, que as análises biomecânicas podem estabelecer mecanismos de correção, visando o rendimento esportivo das modalidades que requerem equilíbrio, além de melhorar a técnica esportiva<sup>11</sup>. Ainda, alguns autores acreditam que a prática de esportes produz adaptações ou desenvolvimento de consciência de estratégias posturais, nos quais os esportistas desenvolvem um sincronismo entre os segmentos do corpo, quando comparado com sujeitos não-atletas<sup>12,13</sup>.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi comparar as variáveis do equilíbrio unipodal em plataforma de apoio de sedentários não-treinados e atletas. Como hipótese inicial, acreditou-se que os atletas, por desenvolverem maior treinamento motor apresentem menor desequilíbrio quando comparados a indivíduos sedentários, não treinados.

## 2 Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e iniciada após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição. Os voluntários, depois de convidados a participar do estudo, foram esclarecidos sobre os objetivos e metodologia da pesquisa e puderam, a qualquer momento, solicitar a saída do mesmo sem qualquer penalidade. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNOPAR (Parecer PP/023/10).

A amostra do presente estudo foi de conveniência. Foram recrutados 12 voluntários, do sexo masculino, seis sedentários e seis atletas de tênis, com idade entre 21 e 16 anos, respectivamente. Os atletas realizam treinamento

esportivo de no mínimo cinco dias por semana, sem história de lesões agudas dos membros inferiores ou que tivessem requerido afastamento da prática esportiva nos últimos três meses, distribuídos da seguinte forma:

Grupo 1: Seis indivíduos sedentários não-treinados, gênero masculino, sem queixas de dor ou lesão músculo-esquelética.

Grupo 2: Seis indivíduos atletas, do mesmo gênero, praticantes de tênis, sem qualquer queixa de dor ou instabilidade, que estejam em treinamento, avaliados ao término da atividade esportiva.

Foram excluídos indivíduos submetidos a procedimentos cirúrgicos ou que apresentem lesões musculares ou articulares nos membros inferiores nos últimos seis meses; indivíduos com diagnóstico de patologias metabólicas, reumáticas ou ortopédicas incapacitantes; pacientes com distúrbios de equilíbrio ou cognitiva; indivíduos que apresentem queixas de fadiga muscular no momento dos testes; atletas que necessitem do uso de estabilizadores para realizar os testes; lesões cutâneas de membros inferiores, hipersensibilidade ao frio e portadores de *Diabetes Melitus*.

Todos os participantes foram testados sobre uma plataforma de força, nomeada BIOMECH400 (EMG System do Brasil, SP Ltda.). A plataforma de força BIOMECH400 possui quatro células de carga em posição retangular. Ela mede 500x500x100 mm e pesa 22 kg. A sensibilidade de cada sensor de carga é certificado por 0,015% para carga máxima de 1000 N. A variação de 9.999N da força aplicada para uma célula de carga corresponde a 120-mV de variação de output, o qual tem um range que varia de 0 a 5V. O sistema usa um 16-bit analógico-digital conversor e filtros de rejeição de 50Hz. A força vertical de reação do solo é derivada de uma amostragem de 100 Hz para coleta de dados. O dado digital é transferido via a USB universal cabo para um PC. Todos os sinais de força registrados pela plataforma são filtrados com filtro de banda-passante baixo de 35-Hz e de segunda ordem (Butterworth filter) para eliminar os ruídos elétricos.

Para aquisição e tratamento dos parâmetros de equilíbrio, foi utilizado o próprio software Bioanalysis da plataforma BIOMECH400, o qual é compilado com rotinas de computação de análises MATLAB (*The Mathworks, Natick, MA*). Os principais parâmetros de equilíbrio baseados foram: Área elipse (95%) ou deslocamento do COP (A-COP em cm<sup>2</sup>), amplitude RMS do COP (RMS em cm<sup>2</sup>), velocidade média (VM em cm/s) e frequência média (FM em Hz) de oscilações do COP em ambos os planos do movimento: Antero-Posterior (A/P) e Médio-Lateral (M/L). Todos esses parâmetros foram calculados em intervalos específicos de 30 segundos em apoio unipodal.

A coleta dos dados foi realizada no Laboratório de Avaliação Funcional e Performance Motora Humana, da Universidade Norte do Paraná (UNOPAR), com horário pré-agendado com o voluntário. O indivíduo foi posicionado sobre a plataforma de força, descalço, sendo o lado dominante em

apoio unipodal estático por 30 segundos. Este procedimento foi repetido três vezes, com intervalo para descanso de 15 segundos entre as coletas.

Foi verificada a distribuição de normalidade da amostra nas diversas variáveis analisadas por meio do teste de Shapiro Wilk. Depois de estabelecida a normalidade, foram aplicados os testes de comparação entre os grupos. No caso de distribuição normal da amostra utilizou-se o teste de “t” de Student não pareado; para amostras com distribuição não normal utilizou-se o teste Mann Whitney. Também foram utilizados testes para análise de medidas repetidas (ANOVA).

### 3 Resultados

O grupo 1 foi composto por 6 indivíduos, sedentários, não-treinados, com idade média de 21 anos. Sendo o grupo 2 constituído de 6 indivíduos atletas, com idade média de 16 anos. Os resultados das variáveis analisadas por meio da plataforma de força estão descritos na tabela 1.

**Tabela 1:** Resultados da análise do apoio unipodal entre atletas e sedentários

Amostra Variáveis	Atletas N=6	Sedentários N=6	Valor do P
RMS AP	4,43 (DP=1,19)	3,78 (DP=0,53)	0,31
RMS ML	3,08(DP=0,73)	2,73 (DP=0,33)	0,31
COP	9,62(DP=3,98)	7,77(DP=3,97)	0,44
Velocidade AP	2,48(DP=0,66)	2,59(DP=0,94)	0,82
Velocidade ML	2,94(DP=0,93)	2,55(DP=0,47)	0,38
Frequência Média AP	0,59(DP=0,2)	0,64(DP=0,16)	0,29
Frequência Média ML	0,78(DP=0,15)	0,77(DP=0,1)	0,46

### 4 Discussão

Durante a prática esportiva, o atleta está exposto à treinos exaustivos, com sobrecargas físicas e mentais, seguidos de diversas repetições de movimentos específicos, de acordo com suas necessidades, seguidos da prática desportiva e sua especificidade. Na prática esportiva o atleta depara-se com um treinamento voltado para as exigências da modalidade, na busca de aprimoramento e conseqüentemente da melhora da sua performance<sup>10</sup>.

A especificidade do treinamento é que determina a transferência ou não da performance do exercício proposto à atividade que irá desempenhar<sup>14</sup>. No treinamento específico, além do trabalho de força muscular e cardiorrespiratório, parte do treinamento é destinada à preparação tática, enfatizando situações que têm grande incidência dentro da competição objetivada. Assim, acredita-se que a realização de exercícios numa determinada postura gere um influxo neural mais aprimorado para a musculatura específica<sup>15</sup>.

Bucci *et al*<sup>16</sup> verificaram a influência da atividade física no controle postural através do COP, em 20 atletas de nível

competitivo e 20 indivíduos sedentários saudáveis. Este autor encontrou diferença entre os grupos na posição unipodal, apontando o melhor desempenho de atletas. Segundo Yoshitomi *et al*<sup>17</sup>, os atletas mais habilidosos apresentam respostas posturais mais adequadas na recuperação do equilíbrio e sugerem que o treinamento esportivo e o nível de habilidade do atleta pode influenciar o desempenho do controle de equilíbrio.

No intuito de investigar a relação entre posturas específicas do treinamento e controle postural, Sloubonov e Newell<sup>18</sup> encontraram que o grupo de não-atletas introduziu número maior de estratégias de movimentos compensatórios em todas as condições em relação a ginastas, acreditando que a experiência contribui para o uso adaptativo de estratégias de movimento compensatório. Não são encontrados relatos na literatura que evidenciem os efeitos do condicionamento físico no deslocamento do centro de pressão em testes estabilométricos de longa duração. Desse modo, é desconhecido o comportamento das oscilações posturais em face das adaptações fisiológicas impostas pelo treinamento físico, durante o processo induzido de fadiga pela postura prolongada<sup>19</sup>. Corroborando com os nossos resultados os mesmos não evidenciaram nenhuma diferença entre os grupos analisados, sedentários não-atletas e atletas.

A hipótese inicial de nosso estudo foi desenvolvida em função de que os atletas, por serem treinados constantemente e possuírem maiores habilidades motoras, apresentassem melhor controle motor e equilíbrio, como já evidenciado em alguns estudos. Entretanto, em nossos resultados não foram evidenciadas diferenças significativas entre os atletas e sedentários. Talvez isto se justifique porque os atletas foram submetidos às avaliações imediatamente após o término de seu treinamento diário e poderiam estar em fadiga muscular, mesmo sem apresentar queixas de dor ou cansaço na realização dos testes. Vuillerme *et al*<sup>20</sup>, observaram que após exercícios fatigantes da musculatura cervical, não houve aumento dos deslocamentos do centro de pressão na condição com a presença da visão. Os autores sugeriram que a visão compensou o efeito da fadiga e permitiu aos sujeitos alcançar níveis de deslocamento do centro de pressão com aqueles observados na condição sem fadiga. Nagy *et al*<sup>21</sup> observaram que o controle postural estático de atletas praticantes de *triathlon ironman* apresentou aumento temporário na trajetória total de oscilação, após exercício de corrida de resistência.

Ainda é importante assinalar que a amostra avaliada foi muito pequena, o que pode induzir erro na comparação dos resultados, bem como idade, peso corporal, e até mesmo o horário determinado para a avaliação. Sendo assim, através dos dados encontrados, estabeleceu-se controvérsia com a literatura analisada, pois nossos atletas não apresentaram diferenças em relação aos sedentários.

## 5 Conclusão

Com o objetivo de comparar as variáveis do equilíbrio unipodal em plataforma de apoio de sedentários não-treinados e atletas, pode-se concluir que este estudo não demonstrou diferenças significativas entre os grupos. Entretanto nossa amostra foi pequena e apresentou diferença entre as idades dos participantes, o que poderia interferir nos resultados apresentados.

Assim, aponta-se a necessidade de desenvolvimento de pesquisas com metodologias controladas para estabelecer a real diferença no equilíbrio entre atletas e sedentários.

## Referencias

- Duarte M. Stabilographic analysis of prolonged unconstrained standing. *Ergonomics* 2000;43:1824-39.
- Gagey P, Weber B. Posturologia: regulação e distúrbio da posição ortostática. São Paulo: Manole; 2000.
- Mattos HM, Przysiezny W. Análise baropodométrica da influência podal na postura. *Ter Man* 2004;3(1):240-6.
- Bonfin TR, Barela JA. Efeito da manipulação de informação sensorial na propriocepção e no controle postural. *Fisioter Mov* 2007;20(2):107-17.
- Mochizuki L, Amadio AC. Aspectos biomecânicos da postura ereta: A relação entre o centro de massa e o centro de pressão. *Rev Port Cienc Desporto* 2003;3(3):77-83.
- Barela AMF, Duarte M. Utilização da plataforma para a aquisição de dados cinéticos durante a marcha humana. São Paulo: USP; 2006.
- Hobeika CP. Equilibrium and balance in the elderly. *Ear Nose Throat J* 1999;78(8):558-66.
- Woollacoot MH, Tang P. Balance control during walking in the older adult: research and its implications. *Phys Ther* 1997;77(6):646-60.
- Piirtola M, Era P. Force platform measurements as predictors of falls among older people - a review. *Gerontology* 2006;52:1-16.
- Faquin A. Características e interrelação da sensibilidade plantar e do equilíbrio de atletas e não-atletas. 2005. Florianópolis. Tese [Mestrado em Ciências do Movimento Humano] - Universidade do Estado de Santa Catarina; 2005.
- Ávila, AOV, Amadio AC, Guimarães ACS, David AC, Mota CB, Borges DM, *et al.* Métodos de medição em biomecânica do esporte: descrição de protocolos para a aplicação nos centros de excelência esportiva. *Rev Bras Biomec* 2002;3(4):57-67.
- Mensure S. Postura, equilíbrio e locomoção: bases neurofisiológicas. In: Viel E. A marcha humana, corrida e o salto. São Paulo: Manole; 2001.
- Perrin P, Schneider D, Deviterne D, Perrot C, Constantinescu L. Training improves the adaptation to changing visual conditions in maintaining human posture control in a test of sinusoidal oscillation of support. *Neurosci Lett* 1998;245:155-8.
- Hernandes BDO. Treinamento desportivo. Rio de Janeiro: Sprint; 2002.
- Kraemer WJ, Fleck SJ, Evans WJ. Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Sci Sport Exerc Rev* 1996;24:363-47.
- Bucci G, Mazzoli D, Merlo A. Effect of physical activity on balance. *Congress Abstracts/Gait and Post.* 2006; S24:S7.
- Yoshitomi SK, Tanaka C, Duarte M, Lima F, Morya E, Hazime F. Postural response to unexpected external perturbation in judoists of different ability levels. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12(3):159-63.
- Slobounov S, Newell KM. Postural dynamics as a function of skill level and task constraints. *Gait Posture* 1994;2:85-93.
- Vieira TMM, Oliveira LF. Postural balance in rowing athletes. *Rev Bras Med Esporte* 2006;12(3):135-8.
- Vuillerme N, Pinsault N, Vaillant J. Postural control during quiet standing following cervical muscular fatigue: effects of changes in sensory inputs. France: Elsevier; 2005.
- Nagy E, Toth K, Janositz G, Kovacs G, Feher-Kiss A, Angyan L, *et al.* Postural control in athletes participating in a triathlon. *Eur J Appl Physiol* 2004;92(4/5):407-13.