

# A aplicação de diferentes estratégias de recuperação de estatura: o comportamento mecânico da coluna vertebral

André L. Rodacki<sup>1,2</sup>; Valério H. Dezan<sup>1,2</sup>; Thiago A. Sarraf<sup>1,2</sup>;  
Clever L. Provensi<sup>2</sup>; Victor H. Okazaki<sup>2</sup>; Cintia. L.N. Rodacki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná

<sup>2</sup> Departamento de Educação Física da Universidade Federal do Paraná

<sup>3</sup> Departamento de Educação Física do Centro Universitário Positivo - UnicenP

## Abstract

This study aimed to verify and compare the mechanical behaviour of the spine after procedures of gravitational inversion and Fowler position. Eleven healthy male participants volunteered to participate of the study. A special stadiometer was used to quantify small changes in stature, which were used as a spinal stress index. Gravitational inversion caused a stature recovery of  $6,68 \pm 1,6$  mm, while the Fowler position allowed a recovery of  $4,61 \pm 1,39$  mm ( $p < 0,05$ ). Both unloading strategies proved able to reduce spinal stress. Although gravitational inversion position produced the greatest spinal recovery, it was noticed that such benefits were not sustain as much as that provided in the Fowler position.

**Keywords:** spine, intervertebral disc, spinal traction, gravitational inversion

## Introdução

A inversão gravitacional tem sido utilizada como uma estratégia para minimizar o estresse compressivo sobre a coluna vertebral antes e/ou após a realização de atividades físicas [1,2]. A inversão gravitacional também tem sido freqüentemente usada como um procedimento terapêutico para o tratamento e alívio de dores na coluna vertebral [3]. A inversão gravitacional consiste em uma técnica de tração na qual o indivíduo permanece em uma posição invertida ou parcialmente invertida (por meio de pranchas, cadeiras ou botas especiais). A força de separação dos discos intervertebrais é imposta pela ação do peso corporal que causa uma de força de tração sobre as estruturas da coluna vertebral [4]. A racionalidade deste procedimento é reduzir o estresse compressivo sobre a coluna vertebral através do tracionamento (alongamento) de alguns tecidos moles da coluna (ex: discos intervertebrais, fâscias e ligamentos) com o objetivo de recuperar a morfologia e funcionalidade mecânica [4, 5]. Quando uma força de alongamento é aplicada sobre a coluna vertebral, ocorre uma deformação imediata elástica dos ânulos fibrosos e reabsorção de fluido para o interior do núcleo pulposo e ânulos fibrosos, recuperando a forma inicial dos discos intervertebrais [6]. Tais mecanismos ocasionam uma recuperação na altura dos discos intervertebrais e aumentam a capacidade mecânica da coluna em absorver

e dissipar estresses compressivos [7]. Por exemplo, Dunlop et al. [8] e Adams e Dolan [9] reportaram que uma recuperação na altura dos discos intervertebrais pode reduzir o estresse compressivo sobre algumas estruturas da coluna vertebral (ex: as facetas articulares, raízes nervosas e ânulo fibroso posterior) as quais são fontes de dores na coluna vertebral.

Contudo, os estudos que procuraram verificar *in vivo* os efeitos mecânicos da inversão gravitacional são poucos e apresentam resultados contraditórios. Troup et al. [10] observaram que a realização de inversão gravitacional em diferentes angulações ( $30^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $70^\circ$  e  $90^\circ$ ) não ocasionou uma maior recuperação na altura dos discos intervertebrais que o simples repouso na posição de Fowler (ex:  $0^\circ$ ). Em contrapartida, Haker et al. [11] reportaram que a inversão gravitacional ( $50^\circ$  de inclinação com a horizontal) causou uma recuperação na altura dos discos intervertebrais maior que o repouso na posição de Fowler. Tal discrepância entre os estudos dificulta a prescrição em termos de dose-resposta para os procedimentos de inversão gravitacional.

O presente estudo possui o objetivo de verificar e comparar o comportamento mecânico dos discos intervertebrais após a inversão gravitacional e posição de Fowler, utilizando pequenas variações de estatura como critério. Um melhor entendimento dos mecanismos envolvidos em diferentes posturas de redução do estresse sobre os discos intervertebrais (ex: inversão gravitacional e posição de Fowler) pode auxiliar no desenvolvimento de estratégias que diminuam o estresse sobre a coluna vertebral.

## Materiais e Métodos

Inicialmente todos os participantes foram informados dos procedimentos de avaliação necessários e consentiram em participar do estudo de forma voluntária. A amostra foi composta por onze indivíduos do sexo masculino (idade =  $22,4 \pm 3,92$  anos; IMC =  $24,6 \pm 1,8$  Kg/m<sup>2</sup>), os quais relataram não apresentar dores nas costas, desvios posturais, patologias na coluna vertebral ou sistema cardiovascular conhecidas nos doze meses que precederam o estudo.

## Procedimentos Experimentais

Cada sujeito participou de três sessões experimentais em ocasiões separadas. Todas as sessões foram realizadas pelo período da manhã (8:00-12:00) para reduzir os efeitos da variação circadiana da estatura [12].

Na primeira sessão, os sujeitos foram familiarizados e treinados de acordo com os procedimentos do estadiômetro, para obterem medidas confiáveis de variação de estatura. Os sujeitos foram considerados como treinados no equipamento quando dez séries de medidas consecutivas foram tomadas e apresentaram desvio padrão inferior a 0,5 mm [13,14].

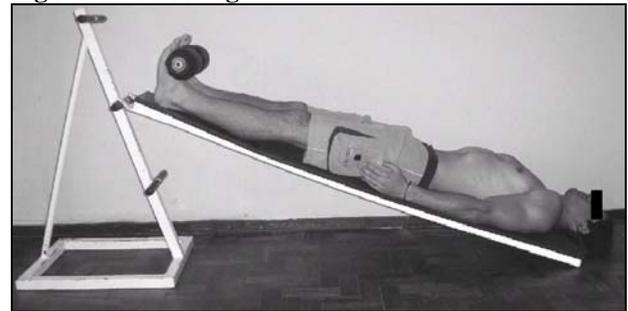
A segunda e terceira sessão foram designadas para verificar a recuperação na estatura na inversão gravitacional ou posição de Fowler após os sujeitos executarem uma tarefa física. A tarefa física consistiu em sustentar sobre os ombros (na posição sentada, com um encosto de 90°) uma barra que correspondesse a ~ 30% do peso corporal dos sujeitos ( $23,4 \pm 2,4$  kg) durante 10 minutos. Não foi permitido aos sujeitos realizarem movimentos corporais excessivos durante a sustentação da barra.

A inversão gravitacional foi realizada por meio de uma “prancha de inversão”, a qual possibilitou aos sujeitos permanecerem em uma postura de inversão gravitacional parcial de 30° com a horizontal (Figura 1). Este ângulo foi escolhido devido fato que ângulos de inversão mais acentuados (ex: inversão total) podem ocasionar complicações para a saúde dos sujeitos (ex: complicações cardiovasculares) [3,15], além de não serem muito usuais em procedimentos clínicos. Na posição de Fowler foi solicitado aos sujeitos permanecer em repouso em decúbito dorsal com os quadris e joelhos flexionados (de forma passiva) a ~ 45°, e com as pernas sustentadas sobre uma superfície confortável. A ordem das condições experimentais foi randomizada.

O detalhamento sobre os procedimentos experimentais utilizados na determinação da variação da estatura por meio do estadiômetro podem ser obtidos em Rodacki et al. [14], porém uma breve descrição segue na próxima seção. No início da segunda e terceira sessões, os sujeitos permaneceram na posição de Fowler durante 20 minutos antes dos procedimentos experimentais. O

objetivo desta postura foi minimizar os efeitos da variação circadiana [12] e de atividades físicas que possam ter ocorrido anteriormente ao experimento [16] (normalização). Após este período de repouso, os sujeitos permaneceram em pé durante 2 minutos para minimizar os efeitos da deformação dos tecidos moles dos membros inferiores durante as medidas de estatura [17]. Após esse período, a 1ª mensuração de estatura no estadiômetro foi realizada, sendo utilizada como estatura basal (estatura basal). Em seguida os indivíduos executaram a tarefa física durante 10 minutos, a qual foi seguida pela 2ª mensuração de estatura no estadiômetro (perda de estatura).

**Figura 1. Inversão gravitacional em 30°**



Após a tarefa física, os sujeitos foram submetidos a uma das posturas de recuperação da estatura (inversão gravitacional ou posição de Fowler) durante 20 minutos. Ao final do período de recuperação, a 3ª medida de estatura (recuperação de estatura) foi tomada.

Para verificar a conservação na recuperação de estatura após as posturas de recuperação da estatura os sujeitos permaneceram em pé durante 20 minutos sendo realizada a 4ª mensuração de estatura (estatura residual). A organização dos procedimentos experimentais encontra-se representada esquematicamente na Figura 2.

**Figura 2. A organização dos procedimentos experimentais.**

Normalização	1ª Mensuração (estatura basal)	Tarefa	2ª Mensuração (perda de estatura)	Inversão ou Posição de Fowler	3ª Mensuração (recuperação de estatura)	Postura Ortostática	4ª Mensuração (estatura residual)
20 min	2 min	10 min	2 min	20 min	2 min	20 min	2 min

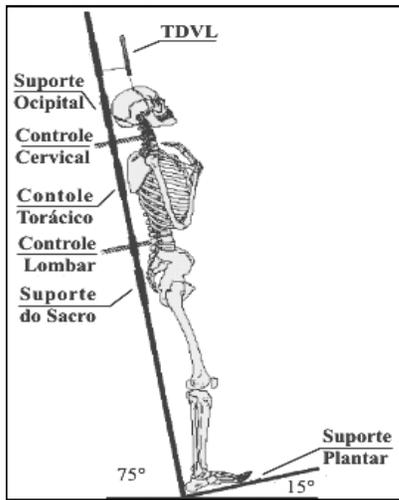
## Estadiômetro – descrição do equipamento e protocolo de medição de variação de estatura

Um estadiômetro especial descrito por Rodacki et al. [14] foi utilizado para verificar as variações na altura dos

discos intervertebrais. O estadiômetro é um aparelho que permite verificar indiretamente variações na altura dos discos intervertebrais através de mensurações precisas da variação da estatura [13,18]. A figura 3 mostra o

estadiômetro e apresenta esquematicamente os controles posturais do equipamento.

**Figura 3. Estadiômetro**



Modificado de Rodacki et al [14]

O estadiômetro consiste em uma armação metálica rígida, inclinada posteriormente em um ângulo de 15° em relação a horizontal. O avaliado foi posicionado dentro deste aparelho na posição em pé, mantendo uma postura estabilizada e com o peso corporal distribuído de forma similar entre os membros inferiores. Em seguida os contornos dos pés foram demarcados sobre a superfície plantar do estadiômetro. Para prevenir ajustes posturais durante as medidas, algumas hastes foram encostadas sobre a superfície da pele relativa aos seguintes pontos anatômicos: maior protuberância posterior da cabeça (occipital); maior profundidade da curvatura da lordose cervical (ao nível da vértebra C4); o ponto de maior proeminência da cifose torácica (ao nível da vértebra T7); o ponto médio da depressão da lordose lombar (ao nível de L4); o ápex das nádegas (aproximadamente na crista média do sacro). Desta forma, foi possível controlar as curvaturas da coluna vertebral durante as medidas de variação de estatura, independentemente do perfil da coluna vertebral do sujeito.

Para controlar os movimentos da cabeça, utilizou-se de um dispositivo composto por um óculos (sem lentes) que possui dois emissores de raios laser (classe 2, comprimento de onda 630-680 mm e saída máxima < 1 mW) acoplados em suas laterais. O peso deste equipamento é desprezível. O controle horizontal e vertical da posição da cabeça foi efetuado pelo alinhamento da luz emitida por dois emissores laser sobre duas pequenas marcas de referência (2,0 mm) ajustáveis posicionadas na superfície de projeção do estadiômetro colocada aproximadamente 500-700 mm acima da cabeça dos sujeitos. O posicionamento da cabeça na mesma postura foi garantido ao reposicionar os feixes de luz sobre as marcas de referência. O controle da posição

da cabeça foi efetuado através de um espelho (200x150 mm) colocado a frente dos sujeitos. O óculos foi fixado a cabeça por uma tira elástica, a fim de manter uma pressão relativamente constante e evitar pequenos deslocamentos que pudessem afetar as medidas. Após os ajustes posturais, a haste de medição de um transdutor digital de variação linear (Solartron DC 50, modelo RS646-511) foi posicionada por gravidade sobre o centro da superfície da cabeça. Este equipamento possui uma acuracidade linear de 0,05mm sobre uma amplitude de medição de 50 mm. O ponto de contato da haste do transdutor foi demarcado sobre a superfície da cabeça para garantir maior precisão nas medidas.

### **Análises dos Dados**

A análise dos dados foi realizada utilizando estratégia similar a de Rodacki et al. [18]. A perda de estatura foi determinada pela subtração da estatura basal pela mensuração de estatura obtida após a execução da tarefa (estatura basal – perda de estatura); a recuperação de estatura foi determinada pela diferença da mensuração de estatura verificada após tarefa pela estatura observada no final do período de repouso nas posturas de recuperação (perda de estatura – recuperação de estatura); a estatura residual foi definida pela subtração da recuperação de estatura pela medida obtida após o período na postura ortostática (recuperação de estatura – estatura residual).

### **Análise Estatística**

Inicialmente, os dados foram submetidos a uma estatística descritiva padrão (média, desvio-padrão e porcentagem). O teste *Kolmogorov-Smirnov* foi aplicado e confirmou a normalidade dos dados. Para comparar as variações de estatura (perda de estatura, recuperação de estatura e estatura residual) entre as posturas de inversão gravitacional e posição de Fowler o teste *t* de *Student* para variáveis independentes foi aplicado. O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ . Todos os testes foram realizados utilizando o *software* Statistica® versão 5.5.

### **Resultados**

#### **Familiarização e Perda de Estatura Após a Tarefa**

Foi observado um desvio padrão de  $0,33 \pm 0,14$  mm ao final da primeira sessão (familiarização) após 10 mensurações de estatura consecutivas.

A perda de estatura observada após a tarefa física moderada foi de  $4,27 \pm 1,21$  mm e  $4,43 \pm 1,26$  mm na segunda e terceira sessões, respectivamente. A tarefa produziu uma redução de estatura similar em ambas às sessões (diferença de 0,16 mm).

#### **Recuperação de Estatura**

Após um período de 20 minutos em postura de recuperação da estatura, a inversão gravitacional

ocasionou uma recuperação de estatura de  $6,68 \pm 1,6$ mm, enquanto que a posição de Fowler causou uma recuperação de  $4,61 \pm 1,39$ mm ( $p < 0,05$ ). Em média, a inversão gravitacional proporcionou uma recuperação 45,2% maior do que a posição de Fowler.

### **Estatura Residual**

O ganho de estatura obtido nas posturas de inversão gravitacional e posição de Fowler foi reduzido significativamente após um imediato período de 20 minutos na postura ortostática ( $p < 0,05$ ). Todavia, esta perda de estatura pronunciou-se com maior magnitude quando os indivíduos foram previamente submetidos à inversão gravitacional ( $5,61 \pm 1,75$ mm,  $p < 0,05$ ) do que na posição de Fowler ( $2,21 \pm 1,19$ mm).

A estatura residual verificada após 20 minutos na posição ortostática foi de  $1,07 \pm 0,85$ mm (17,9%) quando os indivíduos foram previamente submetidos à inversão gravitacional e  $2,40 \pm 1,67$ mm (48,8%) na posição de Fowler ( $p < 0,05$ ).

### **Discussão**

#### **Familiarização e Normalização**

O pequeno desvio padrão observado após a sessão de familiarização ( $0,33 \pm 0,14$ mm) confirmou a indicação de vários estudos [13,14] aonde medições de estatura reproduzíveis podem ser obtidas após uma breve sessão de familiarização. Em associação, foi encontrada uma diferença de 0,16mm na perda de estatura após a tarefa entre a 2ª e a 3ª sessões, o que sugere um controle apropriado das cargas imposta sobre a coluna vertebral anterior aos procedimentos experimentais (normalização) [2]. Desta forma, os erros de medida de variação de estatura encontrados no presente estudo estão dentro dos limites verificados na literatura.

#### **Perda de Estatura Após a Tarefa**

Neste estudo foi escolhida uma tarefa física que apresentasse um importante componente compressivo na coluna vertebral. Esta tarefa física consistiu em sustentar sobre os ombros uma carga de 30% do peso corporal ( $23,4 \pm 2,4$  kg) durante 10 minutos. Após a tarefa, foi observada uma perda de estatura média de 4,33 mm. Tal perda de estatura é compatível com os verificados na literatura após tarefas de sustentação de cargas estáticas [19] ou dinâmicas [20]. Por exemplo, Wilby et al. [20] reportaram uma perda de estatura de 4,3mm após os sujeitos executarem um circuito de levantamento de pesos. A perda de estatura observada no presente estudo após a tarefa pode ser explicada pelo comportamento viscoelástico dos discos intervertebrais em resposta a cargas [13,14]. Quando cargas compressivas são aplicadas sobre a coluna vertebral ocorre um aumento na pressão intradiscal [21,22] causando uma imediata deformação elástica dos ânulos fibrosos (deformação radial) [23]. Em associação, o fluido contido no núcleo

pulposo e ânulos fibrosos são gradualmente expelidos do disco intervertebral [9]. A combinação destes fatores ocasiona uma redução na altura dos discos intervertebrais [12]. Como a redução na altura dos discos intervertebrais causa uma redução no comprimento da coluna vertebral e o comprimento da coluna vertebral corresponde aproximadamente 1/3 da altura corporal, variações na altura dos discos intervertebrais podem ser quantificadas através de pequenas medidas de estatura [13]. Desta forma, a perda de estatura é conseqüência da redução do espaço intervertebral, mediado pela perda na altura dos discos intervertebrais, e tem sido utilizada como um índice de estresse na coluna vertebral [19, 24, 25]. Vários estudos têm demonstrado que uma redução na altura dos discos intervertebrais pode ocasionar uma sobrecarga sobre algumas estruturas da coluna vertebral não apropriadas para resistir cargas mecânicas, tais como as facetas articulares [8] e raízes nervosas [6] podendo ocasionar dor [4]. Desta forma, alguns estudos sugerem a utilização de posturas que facilitem a recuperação na altura dos discos intervertebrais tais como a inversão gravitacional e posição de Fowler com a finalidade de reduzir o estresse mecânico sobre a coluna vertebral [2].

#### **Recuperação de Estatura**

Foi verificado no presente estudo que ambas as posições de recuperação de estatura recuperaram parcialmente a estatura perdida durante a tarefa física. Contudo, foi observado que a postura de inversão gravitacional causou uma recuperação ~40% superior que a posição de Fowler. Tais achados são similares aos verificados por Healey et al. [26] os quais observaram que a inversão gravitacional (50°) causou uma recuperação de estatura ~40% maior que outras posturas de recuperação da estatura (sentado em uma cadeira inclinada 110°, decúbito lateral e deitado em decúbito dorsal com a coluna hiperextendida).

A maior recuperação verificada na inversão gravitacional quando comparado com a posição de Fowler pode ser explicada através dos diferentes mecanismos no qual a ocorreu a recuperação na altura dos discos intervertebrais em cada uma das posturas de recuperação da estatura utilizadas no presente estudo. Quando um indivíduo é submetido à inversão gravitacional ocorre uma abrupta força de tração resultante do peso corporal ocasionando uma imediata deformação elástica de algumas estruturas da coluna vertebral (ex: discos intervertebrais, fâscias, ânulos fibrosos), ocasionando um aumento dos espaços intervertebrais [4,5]. Em associação, a manutenção na postura de inversão gravitacional pode causar um alongamento estático-passivo dos músculos da coluna vertebral estimulando a ativação dos órgãos tendíneos de Golgi, e conseqüentemente inibindo a contração muscular. Tais argumentos são reforçados pelo estudo de Nosse [27] no qual foi observado uma redução de

~35% na atividade eletromiográfica dos músculos superficiais da região lombar coluna vertebral após 10 segundos do início da inversão gravitacional. Esta redução na atividade muscular pode reduzir o estresse sobre a coluna vertebral, explicando parcialmente os achados de Nachemson e Elfstrom [28] os quais observaram uma redução de ~25% na pressão intradiscal após procedimentos de tração. Esta possível redução na pressão intradiscal durante a inversão gravitacional permite que o fluido retorne para dentro do núcleo pulposo e anulos fibrosos causando um aumento dos discos intervertebrais e conseqüentemente recuperação da estatura. Contudo, Boocock et al. [1] sugere que, algumas pessoas podem sentir desconforto durante os procedimentos de inversão gravitacional, dificultando a recuperação de estatura. Tal argumento pode justificar os resultados contrários observados entre os estudos de Troup et al. [10] e Haker et al. [11] com respeito à capacidade da inversão gravitacional na recuperação da estatura.

Em outra mão, quando um indivíduo adota a posição de Fowler, as forças compressivas sobre a coluna vertebral são minimizadas [18]. Os estudos de Nachemson e Morris [21], Wilke et al. [22] demonstraram que a postura deitado em decúbito dorsal ocasiona uma redução de ~75% na pressão intradiscal quando comparado com a postura ortostática. Esta redução na pressão intradiscal na posição de Fowler pode ser ainda menor que a postura de decúbito dorsal porque os quadris e os joelhos estão em flexão, o que ocorre de forma passiva na posição de Fowler, reduzindo a tensão dos músculos flexores de quadril (principalmente o músculo iliopsoas) sobre a coluna vertebral. Tal redução na pressão intradiscal, como previamente comentado, facilita a recuperação na altura dos discos intervertebrais devido ao retorno gradativo do fluido para o interior dos discos intervertebrais.

Desta forma, é inferido que a recuperação na estatura observada após o procedimento de inversão gravitacional resulta da associação de uma deformação elástica e viscosa dos músculos, fâscias e discos intervertebrais, enquanto que na posição de Fowler a recuperação de estatura ocorreu predominantemente por uma deformação viscosa dos discos intervertebrais. Contudo, torna-se necessário a realização de estudos através de outras metodologias (ex: ressonância magnética) que observe a mecânica interna dos discos intervertebrais durante os procedimentos de recuperação do comprimento da coluna vertebral.

### **Estatura Residual**

A recuperação de estatura obtida imediatamente após os procedimentos experimentais de recuperação da estatura (inversão gravitacional e posição de Fowler) reforçam os resultados do estudo de Boocock et al. [1, 2] que sugerem uma curta duração nestes tipos de

procedimento. A curta duração desses efeitos pode ser explicada pela associação de dois mecanismos. O retorno elástico das estruturas deformadas da coluna vertebral e o aumento do estresse compressivo sobre os discos intervertebrais são argumentos que podem ter forte influência sobre esse comportamento. Contudo, a contribuição de cada um destes mecanismos pode ter sido diferente em cada uma das posturas. Considerando que a inversão gravitacional causou uma importante deformação elástica de algumas estruturas da coluna vertebral, espera-se que ao minimizar as forças de tração exercida pelo peso corporal um grande retorno elástico destas estruturas associadas com uma gradual perda de fluido dos discos ocorra. Por outro lado, como a recuperação de estatura observada durante a posição de Fowler foi atribuída principalmente a um aumento na altura dos discos intervertebrais devido a um gradativo influxo de fluido para o interior dos discos, infere-se que a perda de estatura verificada após os 20 minutos na postura ortostática tenha ocorrido predominantemente por expulsão de fluido dos discos. Estudos que analisem as taxas de mudança na perda de estatura podem colaborar no esclarecimento desses mecanismos.

A posição de Fowler apresentou um maior ganho de estatura residual (48,8%) quando comparado à inversão gravitacional (17,9%). Desta forma, o repouso na posição de Fowler mostrou-se mais eficiente que a inversão gravitacional quando se objetiva uma recuperação na altura dos discos intervertebrais por um período de tempo mais prolongado.

### **Considerações Finais**

A inversão gravitacional ocasionou um maior recuperação na altura dos discos intervertebrais em um mesmo período de tempo que a posição de Fowler. Desta forma, o procedimento de inversão gravitacional pode apresentar uma importante relevância clínica quando se objetiva uma rápida separação do espaço intervertebral, a qual reduz, por exemplo, a compressão de raízes nervosas e conseqüentemente reduzir a dor. Todavia, quando se objetiva que a recuperação na altura dos discos intervertebrais se mantenha por um maior período de tempo é recomendado o repouso na posição de Fowler. Talvez, a combinação dos procedimentos de inversão gravitacional e posição de Fowler seja o procedimento mais eficiente para conseguir uma maior recuperação na altura dos discos intervertebrais durante um maior período de tempo, todavia outros estudos são necessários para comprovar tais pressupostos.

### **Referências**

- [1] BOOCOOCK, M.G.; GARBUUT, G.; REILLY, T. "The effects of gravity inversion on exercise-induced spinal loading". *Ergonomics*, 31(11): 1631-1637,1988.
- [2] BOOCOOCK, M. G.; GARBUUT, G.; LINGE, K.; REILLY, T.; TROUP, J. D. "Changes in stature

following drop jumping and post-exercise gravity inversion". *Med Sci Sports Exerc.* 22 (3): 385-390, 1990.

[3] GIANAKOPOULOS, G.; WAYLONIS, G.; GRANT, P.; TOTTLE, D.; BLAZEK, J. "Inversion Devices: Their Role in Producing Lumbar Distraction." *Arch Phys Med Rehabil*, 66: 100-102, 1985.

[4] BORENSTEIN, D.; WIESEL, S.W.; BODEN, S.D. *Low Back Pain: medical diagnosis and comprehensive management.* Saunders Company: Philadelphia, 1995.

[5] SHEFFIELD, F. "Adaptation of Tilt Table for Lumbar Traction." *Arch Phys Med Rehabil* 45: 469-472, 1964.

[6] WATKINS, J. "Structure and Function of the Musculoskeletal System". United States: Human Kinetics, 1999.

[7] KANE, M, et al: "Effects of Gravity-facilitated Traction on Intervertebral Dimensions of the Lumbar Spine". *Journal of Orthopedic and Sports Phys Ther*: 281-288, Mar 1985.

[8] DUNLOP, R. B.; ADAMS, M. A.; HUTTON, W. C. "Disc space narrowing and the lumbar facet joints." *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 66 (5): 706-710, 1984.

[9] ADAMS, M. A.; DOLAN, P. "Recent advances in lumbar spinal mechanics and their clinical significance". *Clinical Biomechanics*, 10 (1): 3-19, 1995.

[10] TROUP, J.D.G.; REILLY, T.; EKLUND, J.A.; LEATT, P. "Changes in stature with spinal loading and their relation to the perception of the exertion or discomfort." *Stress Medicine*, 1: 303-307, 1985.

[11] HAKER, A.; JANIK, H.; SCHULTZ, K. LIEGEN "in der Arbeitspause?" *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed*, 37: 6-9, 2002.

[12] REILLY, T.; TYRRELL, A.; TROUP, J.D.G. "Circadian variation in human stature." *Chronobiology International*; 1: 121-126, 1984

[13] EKLUND, J.A.E.; CORLETT, E.N. "Shrinkage as a measure of the effect of load on the spine." *Spine*; 9: 189- 94, 1984.

[14] RODACKI, C.; RODACKI, A.; FOWLER, N.; BIRCH, K. "Measurement variability in determining stature in sitting and standing postures." *Ergonomics*; 44: 1076- 85, 2001.

[15] VEHR, P. R.; PLOWMAN, S.A. FERNHALL, B. "Exercise during gravity inversion: acute and chronic effects." *Arch Phys Med Rehabil*, 69: 950-954, 1988.

[16] FOWLER, N.E.; LEES, A.; REILLY, T. "Changes in stature following plyometric drop-jump and pendulum exercises." *Ergonomics*; 40: 1279- 86, 1997.

[17] FOREMAN, T.; LINGE, K. "The importance of heel compression in the measurement of diurnal stature variation". *Applied Ergonomics* ; 4: 299-300, 1989.

[18] RODACKI, C.; FOWLER, N.; RODACKI, A.; BIRCH, K. "Stature loss and recovery in pregnant

women with and without low back pain." *Arch Phys Med Rehabil*, 84: 507-5512, 2003.

[19] TYRRELL, A. R.; REILLY, T.; TROUP, J. D.G. "Circadian variation in stature and the effects of spinal loading". *Spine*, 10 (2): 159-164, 1985.

[20] WILBY, J.; LINGE, K.; REILLY, T.; TROUP, J.D.G. "Spinal shrinkage in females: circadian variation and the effects of circuit weight-training". *Ergonomics*; 30(1): 47-54, 1987.

[21] NACHEMSON, A.; MORRIS, J. M. "In vivo measurements of intradiscal pressure: discometry, a method for the determination of pressure in the lower lumbar discs". *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 46(5): 1077-1092, 1964.

[22] WILKE, H.; NEEF, P.; CAIMI M.; HOOGLAND, T.; CLAES, L. "New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life". *Spine*, 24 (8): 755-762, 1999.

[23] KELLER, T.; SPENGLER, D.; HANSSON, T. "Mechanical behaviour of the human lumbar spine: creep analysis during static compressive loading." *Journal of Orthopaedic Research*, 5: 467-487, 1987.

[24] VAN DIEEN J.; TOUSSAINT H. "Spinal shrinkage as a parameter of functional load". *Spine*, 18: 1504-1514, 1993.

[25] BEYNON, C.; REILLY, T. "Spinal shrinkage during a seated break and standing break during simulated nursing tasks". *Applied Ergonomics*, 32: 617-622, 2001.

[26] HEALEY, E. L.; FOWLER, N. E.; BURDEN, A. M.; McEWAN, I.M. "The influence of different unloading positions upon stature recovery and paraspinal muscle activity". *Clinical Biomechanics*, 20: 365-371, 2005.

[27] NOSSE, L. J. "Inverted Spinal Traction". *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 59: 367-370, 1978.

[28] NACHEMSON, A.; ELFSTROM, G. "Intravital dynamic pressure measurements in lumbar discs. A study of common movements, maneuvers and exercises". *Scand. J. Rehabil Med.* 2, (Suppl. 1): 1-40, 1970.

#### e-mail dos autores:

[rodacki@ufpr.br](mailto:rodacki@ufpr.br)

[valeriohenrique@hotmail.com](mailto:valeriohenrique@hotmail.com)

[thiagosarraf@pop.com.br](mailto:thiagosarraf@pop.com.br)

[vhaokazaki@gmail.com](mailto:vhaokazaki@gmail.com)