




ANÁLISE DO EQUILÍBRIO POSTURAL EM CRIANÇAS PRATICANTES E NÃO PRATICANTES DE ATIVIDADES ESPORTIVAS

ANALYSIS OF POSTURAL BALANCE IN CHILDREN WHO PRACTICE AND THOSE WHO DO NOT PRACTICE SPORTS ACTIVITIES

ANÁLISIS DEL EQUILIBRIO POSTURAL EN NIÑOS QUE PRACTICAN Y NO PRACTICAN ACTIVIDADES DEPORTIVAS

Eros de Oliveira Junior¹ 
(Fisioterapeuta)

Allan Felipe Mendes da Silva¹ 
(Profissional de Educação Física)

Fabiana Dias Antunes² 
(Fisioterapeuta)

Jeferson Lucas Jacinto¹ 
(Profissional de Educação Física)

Andreo Fernando Aguiar¹ 
(Profissional de Educação Física)

1. Universidade Norte do Paraná (Unopar), Centro de Pesquisa em Ciências da Saúde, Londrina, PR, Brasil.

2. Irmandade Santa Casa de Londrina, Londrina, PR, Brasil.

Correspondência

Jeferson Lucas Jacinto
Rua Marselha, 591, Jardim Piza,
Londrina, PR, Brasil. 86041-140.
jeferson1995lucas@gmail.com

RESUMO

Introdução: O equilíbrio postural é fundamental para as atividades da vida diária e desempenho esportivo em todas as fases da vida, mas permanece desconhecido se a prática de atividade esportiva regular pode melhorar o equilíbrio postural em crianças. **Objetivo:** Avaliar o equilíbrio postural em crianças praticantes e não praticantes de atividade esportiva regular. **Métodos:** A amostra foi composta por 60 crianças (idade: 7-13 anos), divididas em dois grupos: praticantes de atividades esportivas (n = 30) e não praticantes de atividades esportivas (n = 30). O nível de atividade física foi avaliado com a aplicação do questionário Physical Activity Questionnaire for Children (PAQ-C) e o equilíbrio postural em condição estática foi avaliado sobre a plataforma de força BIOMECH400-412 em apoio bipodal e unipodal. **Resultados:** Nenhuma diferença significativa foi observada entre os grupos quanto a idade, estatura e índice de massa corporal (p > 0,05). Entretanto, os grupos apresentaram diferença significativa (p < 0,001) quanto ao nível de atividade física; o grupo praticante de atividade esportiva foi caracterizado como ativo e o grupo não praticante como sedentário. O grupo praticante de atividade esportiva apresentou melhor equilíbrio postural tanto em apoio bipodal como unipodal, quando comparado ao grupo não praticante (p < 0,05). **Conclusão:** A prática de atividade esportiva regular melhora o equilíbrio postural em crianças de 7 a 13 anos de idade. **Nível de evidência II; Estudo diagnóstico - Investigação de um exame para diagnóstico.**

Descritores: Equilíbrio postural; Aptidão física; Esportes; Comportamento sedentário; Criança.

ABSTRACT

Introduction: Postural balance is essential for activities of daily living and sports performance in all life phases, but it remains unknown whether the regular practice of sports activities can improve postural balance in children. **Objective:** To evaluate postural balance in children who practice and those who do not practice regular sports activities. **Methods:** The sample consisted of 60 children (7-13 years of age) divided into two groups: participants in sports activities (n = 30) and non-participants in sports activities (n = 30). The level of physical activity was assessed by applying the Physical Activity Questionnaire for Children (PAQ-C) and static postural balance was assessed on the BIOMECH400-412 strength platform in bipedal and unipedal support. **Results:** No significant difference was observed between the groups in age, height or body mass index (p > 0.05). However, the groups showed a significant difference (p < 0.001) in the level of physical activity. The practicing sports group was characterized as active and the non-practicing group as sedentary. The practicing sports group had better postural balance in both bipedal and unipedal support compared to the non-practicing group (p < 0.05). **Conclusion:** The practice of regular sports activities improves postural balance in children from 7 to 13 years of age. **Level of evidence II; Diagnostic study - Investigating a diagnostic test.**

Keywords: Postural balance; Physical fitness; Sports; Sedentary behavior; Child.

RESUMEN

Introducción: El equilibrio postural es esencial para las actividades de la vida diaria y el rendimiento deportivo en todas las edades, pero se desconoce si las actividades deportivas regulares pueden mejorar el equilibrio postural en los niños. **Objetivo:** Evaluar el equilibrio postural en niños que practican y no practican actividades deportivas habituales. **Métodos:** La muestra estuvo formada por 60 niños (7 a 13 años) divididos en dos grupos: practicantes de actividades deportivas (n = 30) y no practicantes de actividades deportivas (n = 30). El nivel de actividad física se evaluó mediante la aplicación del Cuestionario de Actividad Física para Niños (PAQ-C) y el equilibrio postural en condición estática se evaluó en la plataforma de fuerza BIOMECH400-412 en soporte bípedo y unipodal. **Resultados:** No se observó diferencia significativa entre los grupos en cuanto a edad, talla e índice de masa corporal (p > 0.05). Sin embargo, los grupos mostraron una diferencia significativa (p < 0,001) con respecto al nivel de actividad física, el grupo que practica deporte se caracterizó como activo y el grupo no practicante como sedentario. El grupo que practica deporte presentó mejor



INTRODUÇÃO

O equilíbrio postural é primordial para as atividades cotidianas, desenvolvimento motor e prática de atividades esportivas. Quando informações imprecisas são fornecidas por um ou mais dos três sistemas sensoriais (visual, vestibular e somatossensorial), o equilíbrio postural pode ser perturbado,¹ aumentando o risco de quedas e lesões traumáticas.² Nas situações de vida cotidiana a criança é submetida a múltiplas perturbações que lhes obrigam a controlar constantemente sua postura e seu equilíbrio. Esta realidade sugere a reflexão sobre o modo pelo qual as crianças regulam o equilíbrio postural e como a atividade esportiva regular poderia melhorar esta variável. Durante a postura estática ou dinâmica, o corpo humano utiliza estratégias posturais para a manutenção do equilíbrio através de mecanismos biomecânicos e ajustes posturais neuromusculares,³ tais como a informação proprioceptiva em *feedback*, por um sistema já programado (*feedforward*) ou pelo uso da força de apoio (pressão dos pés), tudo isto no intuito de preservar o centro de massa do corpo no interior da base de suporte.^{3,4}

Uma instabilidade postural pode ocorrer pelo aumento da fadiga durante a atividade motora, influenciando os sistemas envolvidos na integração do controle postural.⁵ Desta forma, os sistemas de controle do equilíbrio realizam diferentes compensações musculares e estratégias de ajustes posturais, por meio da ativação dos grupos musculares do tronco e dos membros inferiores, a fim de preservar a estabilidade e diminuir assim a perda de equilíbrio e o risco de quedas. Tais ajustes do equilíbrio postural são repetidos na execução de múltiplas habilidades motoras durante a prática de atividades esportivas e, supostamente, podem contribuir para melhorar os mecanismos e sistemas responsáveis pela estabilidade do corpo. No entanto, os efeitos da prática regular de atividades esportivas sobre o equilíbrio postural em crianças de 7 a 13 anos permanecem desconhecidos.

O objetivo deste estudo foi avaliar o equilíbrio postural estático em apoio bipodal e unipodal em crianças praticantes e não praticantes de atividade esportiva regular. Por meio da análise estabilográfica, uma técnica padrão ouro para avaliação do controle postural, nós testamos a hipótese de que a prática regular de atividade esportiva pode melhorar o equilíbrio postural em crianças.

METODOLOGIA

Participantes

Sessenta crianças com idade entre 7 e 13 anos foram distribuídas em dois grupos: praticantes de atividades esportivas (PAE; $n = 30$; 15 meninos e 15 meninas) e não praticante de atividade esportiva (NPAE; $n = 30$; 12 meninos e 18 meninas). O grupo PAE foi composto por crianças praticantes de futebol de campo ($n = 5$), futsal ($n = 8$), ginástica rítmica ($n = 7$) e triatlão ($n = 10$), e todas elas praticavam a atividade esportiva por no mínimo 6 meses. Todos os participantes e responsáveis foram esclarecidos sobre os objetivos e procedimentos, riscos e benefícios da pesquisa e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Norte do Paraná (Unopar) sob parecer nº 1.810.298. Todos os procedimentos estão de acordo com a declaração de Helsinki de 1995.

Avaliação do nível de atividade física e equilíbrio postural

O nível de atividade física foi avaliado por meio do Questionário de Atividade Física para Crianças (PAQ-C).⁶ O equilíbrio postural em condição estática (apoio unipodal e bipodal) foi avaliado sobre a plataforma de força BIOMECA400-412 (EMG System do Brasil, São José dos Campos-SP). Para aquisição e tratamento dos parâmetros de equilíbrio, utilizou-se o software Bioanalysis (EMG System do Brasil, São José dos Campos-SP). Foram analisados os parâmetros de equilíbrio postural baseados no centro de pressão (COP) [área de elipse do COP (em cm^2), velocidade média de oscilações do COP (em cm/s) e frequência média de oscilações do COP (em Hz) nas direções de movimento anteroposterior (AP) e médiolateral (ML).

Protocolo experimental

Todos os participantes foram familiarizados com os equipamentos e com o protocolo experimental. Após 6 minutos de repouso, os participantes realizaram o teste de equilíbrio estático em apoio bipodal durante 60s (duas tentativas, com 30s de repouso entre cada tentativa). (Figura 1A) Após um minuto de repouso, os participantes realizaram o teste estático em apoio unipodal com o membro inferior dominante durante 30s (três tentativas, com períodos de repouso de 30s entre as tentativas). (Figura 1B) O protocolo de equilíbrio foi realizado com os pés descalços, braços ao longo do corpo e olhos abertos, direcionados para um alvo (círculo preto na altura dos olhos do participante) fixado a 2,5 metros de distância à frente da plataforma de força.

Análise estatística

Inicialmente os dados foram verificados quanto à normalidade por meio do teste de Shapiro Wilk. Diferenças entre os grupos foram analisadas usando o teste de Mann-Whitney. Os dados são expressos em média e desvio-padrão (DP), e o nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas usando o *software* SPSS versão 21.0 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA).

RESULTADOS

Nenhuma diferença significativa foi observada na idade, peso, estatura e IMC ($p > 0,05$) dos grupos experimentais. De acordo com o PAQ-C os

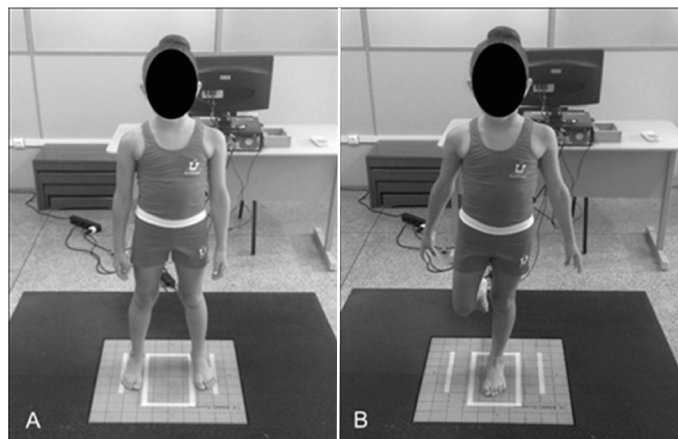


Figura 1. (A) Teste de equilíbrio em apoio bipodal; (B) Teste de equilíbrio em apoio unipodal.

grupos apresentaram diferença significativa no nível de atividade física ($U = 70,000$; $p < 0,001$), com o grupo NPAE sendo classificado como sedentário (score 2,91) e o grupo PAE como ativo (score 4,13). (Tabela 1) Em relação aos resultados de equilíbrio postural, o grupo PAE apresentou melhor desempenho comparado ao grupo NPAE, tanto no teste em apoio bipodal (COP [$U = 200,500$; $p < 0,001$]; velocidade anteroposterior [$U = 32,500$; $p < 0,001$]; velocidade médiolateral [$U = 39,500$; $p < 0,001$]; frequência anteroposterior [$U = 186,000$; $p < 0,001$]; frequência médiolateral [$U = 271,000$; $p = 0,008$]), (Tabela 2) quanto no teste em apoio unipodal (COP [$U = 277,000$; $p = 0,011$]; velocidade anteroposterior [$U = 283,500$; $p = 0,014$]; velocidade médiolateral [$U = 247,500$; $p = 0,003$]; frequência anteroposterior [$U = 205,500$; $p < 0,001$]; frequência médiolateral [$U = 276,500$; $p = 0,010$]). (Tabela 3)

Tabela 1. Características dos participantes.

	PAE (n = 30)	NPAE (n = 30)	p-valor
Idade (anos)	11,03 (2,34)	10,83 (1,58)	0,29
Peso (kg)	43,19 (14,22)	41,15 (17,00)	0,51
Estatuta (cm)	145 (14)	142 (10)	0,13
IMC (kg/m ²)	19,40 (3,62)	21,18 (5,47)	0,33
Score PAQ-C	4,13 (0,58)	2,91 (0,62)	< 0,001*

PAE: praticantes de atividade esportiva; NPAE: não praticantes de atividade esportiva; IMC: índice de massa corporal. Valores expressos em média e desvio padrão (DP). *Nível de significância $p < 0,05$.

Tabela 2. Equilíbrio baseadas no COP para o teste bipodal.

Equilíbrio em apoio bipodal	PAE (n = 30)	NPAE (n = 30)	p-valor
Área de elipse (cm ²)	2,27 (1,59)	4,05 (2,38)	< 0,001*
Velocidade (cm/s)			
AP	1,18 (0,53)	2,94 (1,48)	< 0,001*
ML	1,09 (0,57)	3,19 (2,74)	< 0,001*
Frequência (Hz)			
AP	0,32 (0,10)	0,58 (0,28)	< 0,001*
ML	0,81 (0,32)	1,17 (0,55)	0,008*

PAE: praticantes de atividade esportiva; NPAE: não praticantes de atividade esportiva; COP: centro de pressão; AP: anteroposterior; ML: médiolateral. Valores expressos em média e desvio padrão (DP). *Nível de significância $p < 0,05$.

Tabela 3. Equilíbrio baseadas no COP para o teste unipodal.

Equilíbrio em apoio unipodal	PAE (n = 30)	NPAE (n = 30)	p-valor
Área de elipse (cm ²)	9,80 (2,84)	14,22 (7,85)	0,011*
Velocidade (cm/s)			
AP	4,02 (1,67)	5,16 (2,41)	0,014*
ML	3,83 (1,22)	5,06 (2,48)	0,003*
Frequência (Hz)			
AP	0,69 (0,20)	0,93 (0,26)	< 0,001*
ML	0,87 (0,19)	1,03 (0,25)	0,010*

PAE: praticantes de atividade esportiva; NPAE: não praticantes de atividade esportiva; COP: centro de pressão; AP: anteroposterior; ML: médiolateral. Valores expressos em média e desvio padrão (DP). *Nível de significância $p < 0,05$.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que o grupo de crianças que praticam atividade esportiva apresenta melhor controle do equilíbrio do que o grupo de crianças não praticantes e insuficientemente ativas. As crianças do grupo que praticavam atividades esportivas participavam de esportes extracurriculares, na qual desenvolviam habilidades específicas de esportes coletivos ou individuais. Nossos resultados são consistentes com o estudo de Rabello e colaboradores,⁷ no qual reportou que jovens atletas de taekwondo apresentaram melhor controle postural (velocidade do COP durante o apoio unipodal), quando comparados a jovens sedentários. Em adição, Greco e colaboradores⁸ ressaltam a importância da prática regular de atividades esportivas extracurriculares, mostrando que um programa de treinamento com duração de oito semanas, em combinação com a prática de educação física escolar, melhorou o equilíbrio estático, a flexibilidade dos membros inferiores, a força nas pernas

e a coordenação motora geral em crianças de 8 a 10 anos. Por outro lado, as crianças que participaram apenas da educação física escolar não mostraram melhora significativa no equilíbrio estático e força dos membros inferiores. Tais evidências, em conjunto com nossos achados, sugerem que a prática regular de atividades esportivas extracurriculares pode ser uma importante estratégia para reduzir o comportamento sedentário e, assim, melhorar o nível de aptidão física, a coordenação motora geral e o equilíbrio postural em crianças.⁹

A melhora do equilíbrio postural em resposta a prática de atividades esportivas pode estar relacionada a repetição das técnicas e dos movimentos específicos, desenvolvendo habilidades que aceleram o desenvolvimento do sistema vestibular o que promove o equilíbrio. Além disso, o treinamento esportivo pode aumentar a capacidade de usar informações somatossensoriais, resultando também na melhora do equilíbrio postural.^{10,11} O estudo de Heleno e colaboradores¹² mostrou que um programa de treinamento sensório-motor de cinco semanas, com exercícios estáticos e dinâmicos associados aos movimentos do futebol, melhorou o desempenho funcional e controle postural de jovens jogadores de futebol. Tais achados corroboram as evidências de que a prática de atividade esportiva pode aumentar a aptidão física e diminuir os parâmetros de fadiga que são críticos para o equilíbrio postural.^{13,14} De fato, indivíduos ativos e treinados são menos afetados pelos efeitos fisiológicos da fadiga e pelos distúrbios do sistema proprioceptivo, ajudando o sistema nervoso a controlar melhor o equilíbrio postural,^{5,15-18} como evidenciado no estudo de Pau e colaboradores,¹⁹ no qual jogadores de futebol adolescentes apresentaram menos fadiga após o exercício, com melhora da capacidade de equilíbrio postural. Por outro lado, indivíduos insuficientemente ativos demonstram um efeito mais pronunciado da fadiga no equilíbrio postural e exigem um período mais longo de recuperação para retornar ao desempenho postural basal.²

Outros estudos mostraram que uma melhor aptidão física em crianças e adolescentes está associada a um melhor equilíbrio postural.^{19,20} Stanek e colaboradores²¹ mostraram que crianças que participavam de atividades esportivas apresentaram melhor equilíbrio postural do que crianças insuficientemente ativas. Em adição, Fowweather e colegas (2008)²² relataram que um programa de nove semanas de atividade esportiva para crianças de 8 a 9 anos de idade melhorou significativamente seu equilíbrio postural estático. O desempenho neuromuscular nesta faixa etária está mais marcante, proporcionando maior habilidade motora, isso permite que as crianças melhorem a execução de tarefas motoras específicas, como por exemplo, o ajuste postural.²³ Em crianças de 6 a 7 anos, Granacher e colaboradores²⁴ verificaram que somente os programas tradicionais de treinamento de equilíbrio três vezes por semana durante quatro semanas, resultaram em um efeito pequeno a médio na capacidade de equilíbrio postural. Os autores explicam que a maturação neuromuscular incompleta do sistema de controle postural das crianças nessa idade provavelmente explica seu achado. Além disso, os sistemas aferentes visuais e vestibulares alcançam desempenho superior apenas em torno da adolescência.²⁵ Todavia, nossos achados mostram que a partir dos 7 anos de idade a prática esportiva regular pode contribuir para melhoria do equilíbrio postural.

Estudos relatam que a idade de 7 a 8 anos é fundamental para o desenvolvimento postural, visto que nesta fase as crianças podem apresentar maior dificuldade para manter o equilíbrio.^{26,27} A concentração consciente na tarefa realizada é fundamental no planejamento do movimento. Como resultado do bom planejamento do movimento, o corpo pode se adaptar a cada atividade encontrada. Se a criança possuir esta habilidade, ela poderá controlar seu equilíbrio estático e dinâmico sem precisar de auxílio externo adicional.²⁸ No estudo de Faigenbaum e colaboradores,²³ com crianças de 7 anos de idade, o equilíbrio postural

foi preservado durante a participação da criança em atividades esportivas, porém, após um período de interrupção das atividades por oito semanas, o equilíbrio postural das crianças regrediu para a linha basal. Como a resposta da oscilação postural ao exercício depende de seu tipo, intensidade e duração, e como a capacidade de habilidades neuromusculares (como equilíbrio postural) é necessária para realizar um movimento repetido, qualquer período de destreinamento da prática específica pode diminuir a transmissão do estímulo ao sistema neuromuscular, diminuindo o equilíbrio postural²³. A fadiga dos músculos estabilizadores (como gastrocnêmio, sóleo e músculos lombares) prejudica o correto alinhamento da articulação estabilizadora e reduz o controle neuromuscular ao redor das articulações, o que promove um comprometimento da estabilidade postural.^{29,30} Assim, para manter ou melhorar o equilíbrio postural e diminuir o risco de quedas e futuras lesões, os exercícios específicos de equilíbrio devem ser combinados a atividades que melhorem a aptidão física geral e o sistema sensorial.²

Este estudo apresenta algumas limitações. Nós recrutamos somente crianças praticantes de futebol de campo, futsal, ginástica rítmica e

triathlon. Para ampliar a validade externa dos resultados, futuros estudos são necessários para investigar os possíveis efeitos da prática de outras modalidades esportivas no controle postural de crianças. Além disso, nossos resultados devem ser interpretados com cautela, devido ao tamanho reduzido da amostra e falta de avaliação do estado de maturação neuromuscular dos participantes.

CONCLUSÃO

Crianças que praticam atividade esportiva regular e são fisicamente ativas apresentam melhor equilíbrio postural do que crianças não praticantes de atividade esportiva e insuficientemente ativas. Assim, a prática de atividades esportivas, com ênfase na integração sensorial e no equilíbrio postural, deve ser amplamente estimulada tanto no âmbito escolar quanto no contexto extracurricular.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo. E.O.J: elaboração do projeto de pesquisa, análise estatística e redação; AFMS: coleta de dados, tabulação dos dados e redação; FDA: elaboração do projeto de pesquisa, análise estatística e redação; J.L.J: análise estatística, redação e revisão; A.F.A: elaboração do projeto de pesquisa, redação e revisão do artigo.

REFERÊNCIAS

- Hohne A, Stark C, Bruggemann GP, Arampatzis A. Effects of reduced plantar cutaneous afferent feedback on locomotor adjustments in dynamic stability during perturbed walking. *J Biomech*. 2011;44(12):2194-200.
- Steinberg N, Nemet D, Pantanowitz M, Zeev A, Hallumi M, Sindiani M, et al. Longitudinal study evaluating postural balance of young athletes. *Percept Mot Skills*. 2016;122(1):256-79.
- Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & Posture*. 1995;3(4):193-214.
- Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? *Clin Rehabil*. 2000;14(4):402-6.
- Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, Buckley WE. The effects of fatigue and chronic ankle instability on dynamic postural control. *J Athl Train*. 2004;39(4):321-9.
- Guedes DP, Lopes CC, Guedes JERP. Reprodutibilidade e validade do Questionário Internacional de Atividade Física em Adolescentes. *Rev Bras Med Esporte*. 2005;11(2):151-8.
- Rabello LM, Macedo CdSG, Gil AW, Oliveira MRd, Coelho VA, Silva GB, et al. Comparison of postural balance between professional taekwon do athletes and young adults. *Fisioter Pesq*. 2014;21(2):139-43.
- Greco G, Cataldi S, Fischetti F. Effectiveness of a short after-school intervention on physical fitness in school-aged children. *Ricerche di Pedagogia e Didattica, Journal of Theories and Research in Education*. 2019;14(1):22.
- Cattuzzo MT, dos Santos HR, Ré AHN, de Oliveira IS, Melo BM, de Sousa Moura M, et al. Motor competence and health related physical fitness in youth: A systematic review. *J Sci Med Sport*. 2016;19(2):123-9.
- Shirabe NA, Silva RAD, Oliveira MR, Nowotny AH, Sturion LA, Gil AWdO, et al. Atletas de taekwondo têm melhor controle postural do que atletas de handebol e futebol americano. *Rev Bras Med Esporte*. 2017;23(6):473-6.
- Paillard T, Noe F, Riviere T, Marion V, Montoya R, Dupui P. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *J Athl Train*. 2006;41(2):172-6.
- Helena LR, da Silva RA, Shigaki L, Araújo CGA, Coelho Candido CR, Okazaki VHA, et al. Five-week sensory motor training program improves functional performance and postural control in young male soccer players – A blind randomized clinical trial. *Phys Ther Sport*. 2016;22:74-80.
- Zemkova E, Hamar D. Physiological mechanisms of post-exercise balance impairment. *Sports Med*. 2014;44(4):437-48.
- Kita I, Imanaka K, Arita H. Effects of practice on cardiorespiratory responses during postural control. *Exp Brain Res*. 2005;161(4):512-8.
- Pau M, Ibba G, Leban B, Scorcu M. Characterization of static balance abilities in elite soccer players by playing position and age. *Res Sports Med*. 2014;22(4):355-67.
- Zemková E, Hamar D. Postural sway response to exercise: The effect of intensity and duration. *International Journal of Applied Sports Sciences*. 2005;17:1-6.
- Wilkins JC, Valovich McLeod TC, Perrin DH, Gansnedter BM. Performance on the balance error scoring system decreases after fatigue. *J Athl Train*. 2004;39(2):156-61.
- Wisloff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sports Med*. 2004;38(3):285-8.
- Pau M, Ibba G, Attene G. Fatigue-induced balance impairment in young soccer players. *J Athl Train*. 2014;49(4):454-61.
- Burgi F, Meyer U, Granacher U, Schindler C, Marques-Vidal P, Kriemler S, et al. Relationship of physical activity with motor skills, aerobic fitness and body fat in preschool children: a cross-sectional and longitudinal study (Ballabeina). *Int J Obes (Lond)*. 2011;35(7):937-44.
- Stanek E, Truszczynska-Baszak A, Drzał-Grabiec J, Tarnowski A. Postural balance assessment in children aged 7 to 9 years, as related to body weight, height, and physical activity. *Biomedical Human Kinetics*. 2015;7(1).
- Foweather L, McWhannell N, Henaghan J, Lees A, Stratton G, Batterham AM. Effect of a 9-wk after-school multiskills club on fundamental movement skill proficiency in 8- to 9-yr-old children: an exploratory trial. *Percept Mot Skills*. 2008;106(3):745-54.
- Faigenbaum AD, Farrell AC, Fabiano M, Radler TA, Naclerio F, Ratames NA, et al. Effects of detraining on fitness performance in 7-year-old children. *J Strength Cond Res*. 2013;27(2):323-30.
- Granacher U, Muehlbauer T, Maestrini L, Zahner L, Gollhofer A. Can balance training promote balance and strength in prepubertal children? *J Strength Cond Res*. 2011;25(6):1759-66.
- Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, Scholtz AW. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *Dev Med Child Neurol*. 2006;48(6):477-82.
- Roncesvalles MN, Schmitz C, Zedka M, Assaiante C, Woollacott M. From egocentric to exocentric spatial orientation: development of posture control in bimanual and trunk inclination tasks. *J Mot Behav*. 2005;37(5):404-16.
- Nougier V, Bard C, Fleury M, Teasdale N. Contribution of central and peripheral vision to the regulation of stance: developmental aspects. *J Exp Child Psychol*. 1998;68(3):202-15.
- Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks. *Gerontology*. 2001;47(4):189-94.
- Cetin N, Bayramoglu M, Aytaç A, Surenkok O, Yemisci O. Effects of lower-extremity and trunk muscle fatigue on balance. *Open Sports Medicine J*. 2008;2:16-22.
- Armstrong W, Yaggie J. Effects of lower extremity fatigue on indices of balance. *Human Kinetics Journal*. 2003;13(4):312-22.