



Brazilian Journal of Otorhinolaryngology

ISSN: 1808-8694

ISSN: 1808-8686

Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia  
Cervicofacial

Aydinli, Fatma Esen; Çak, Tuna; Kirazli, Meltem Çiğdem; Çinar,  
Betül Çiçek; Pektaş, Alev; Çengel, Ebru Kültür; Aksoy, Songül  
Effects of distractors on upright balance performance in school-aged  
children with attention deficit hyperactivity disorder, preliminary study###  
Brazilian Journal of Otorhinolaryngology, vol. 84, no. 3, 2018, May-June, pp. 280-289  
Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cervicofacial

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.10.007>

Available in: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=392455836003>

- How to cite
- Complete issue
- More information about this article
- Journal's webpage in redalyc.org

redalyc.org

Scientific Information System Redalyc

Network of Scientific Journals from Latin America and the Caribbean, Spain and  
Portugal

Project academic non-profit, developed under the open access initiative



# Brazilian Journal of OTORHINOLARYNGOLOGY

[www.bjorl.org](http://www.bjorl.org)



## ARTIGO ORIGINAL

### Effects of distractors on upright balance performance in school-aged children with attention deficit hyperactivity disorder, preliminary study<sup>☆,☆☆</sup>



Fatma Esen Aydinli<sup>a,\*</sup>, Tuna Çak<sup>b</sup>, Meltem Çiğdem Kirazli<sup>a</sup>, Betül Çiçek Çinar<sup>c</sup>, Alev Pektaş<sup>d</sup>, Ebru Kültür Çengel<sup>b</sup> e Songül Aksoy<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Hacettepe University, Faculty of Health Sciences, Speech and Language Department, Ankara, Turquia

<sup>b</sup> Hacettepe University, Faculty of Medicine, Child and Adolescent Mental Health Department, Ankara, Turquia

<sup>c</sup> Hacettepe University, Faculty of Health Sciences, Audiology Department, Ankara, Turquia

<sup>d</sup> Hacettepe University Hospital, Ear Nose and Throat Department, Audiology and Speech Pathology Unit, Ankara, Turquia

Recebido em 24 de maio de 2016; aceito em 21 de outubro de 2016

Disponível na Internet em 20 de junho de 2017

#### KEYWORDS

Attention deficit hyperactivity disorder;  
Balance;  
Distractor;  
Sensory organization test

#### Abstract

**Introduction:** Attention deficit hyperactivity disorder is a common impairing neuropsychiatric disorder with onset in early childhood. Almost half of the children with attention deficit hyperactivity disorder also experience a variety of motor-related dysfunctions ranging from fine/gross motor control problems to difficulties in maintaining balance.

**Objectives:** The main purpose of this study was to investigate the effects of distractors two different auditory distractors namely, relaxing music and white noise on upright balance performance in children with attention deficit hyperactivity disorder.

**Methods:** We compared upright balance performance and the involvement of different sensory systems in the presence of auditory distractors between school-aged children with attention deficit hyperactivity disorder ( $n=26$ ) and typically developing controls ( $n=20$ ). Neurocom SMART Balance Master Dynamic Posturography device was used for the sensory organization test. Sensory organization test was repeated three times for each participant in three different test environments.

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.10.007>

☆ Como citar este artigo: Aydinli FE, Çak T, Kirazli MÇ, Çinar BÇ, Pektaş A, Çengel EK, et al. Effects of distractors on upright balance performance in school-aged children with attention deficit hyperactivity disorder, preliminary study. Braz J Otorhinolaryngol. 2018;84:280–89.

☆☆ Os resultados preliminares deste estudo foram apresentados oralmente no 11º Congresso EFAS, de 19 a 22 de junho de 2013, em Budapeste, Hungria.

\* Autor para correspondência.

E-mails: [fesen04@gmail.com](mailto:fesen04@gmail.com), [fesen04@hacettepe.edu.tr](mailto:fesen04@hacettepe.edu.tr) (F.E. Aydinli).

A revisão por pares é da responsabilidade da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

**PALAVRAS-CHAVE**

Transtorno de déficit de atenção e hiperatividade;  
Equilíbrio;  
Distração;  
Teste de organização sensorial

**Results:** The balance scores in the silence environment were lower in the attention deficit hyperactivity disorder group but the differences were not statistically significant. In addition to lower balance scores the visual and vestibular ratios were also lower. Auditory distractors affected the general balance performance positively for both groups. More challenging conditions, using an unstable platform with distorted somatosensory signals were more affected. Relaxing music was more effective in the control group, and white noise was more effective in the attention deficit hyperactivity disorder group and the positive effects of white noise became more apparent in challenging conditions.

**Conclusion:** To the best of our knowledge, this is the first study evaluating balance performance in children with attention deficit hyperactivity disorder under the effects of auditory distractors. Although more studies are needed, our results indicate that auditory distractors may have enhancing effects on upright balance performance in children with attention deficit hyperactivity disorder.

© 2017 Published by Elsevier Editora Ltda. on behalf of Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Efeitos de distrações sobre o desempenho do equilíbrio vertical em crianças em idade escolar com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade – estudo preliminar****Resumo**

**Introdução:** O transtorno do déficit de atenção e hiperatividade é um distúrbio neuropsiquiátrico comum que causa comprometimentos, com início na primeira infância. Quase metade das crianças com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade também experimenta uma variedade de distúrbios relacionados às habilidades motoras, desde problemas de controle de habilidades motoras finas/grossas até dificuldades na manutenção do equilíbrio.

**Objetivos:** O principal objetivo deste estudo foi investigar os efeitos de distrações, especificamente duas distrações auditivas diferentes, música relaxante e ruído branco, sobre o desempenho do equilíbrio vertical em crianças com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade.

**Método:** Comparamos o desempenho do equilíbrio vertical e o envolvimento de diferentes sistemas sensoriais na presença de distração auditiva entre crianças em idade escolar com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (n = 26) e controles com desenvolvimento típico (n = 20). O dispositivo *Neurocom Smart Balance Master Dynamic Posturography* foi utilizado para o teste de organização sensorial. O teste de organização sensorial foi repetido três vezes para cada participante em três ambientes de teste diferentes.

**Resultados:** Os escores de equilíbrio no ambiente em silêncio foram menores no grupo com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade, mas as diferenças não foram estatisticamente significativas. Além dos escores de equilíbrio mais baixos, as razões vestibulares e visuais também foram menores. As distrações auditivas afetaram positivamente o desempenho do equilíbrio geral para ambos os grupos. Condições mais desafiadoras, usando uma plataforma instável com sinais somatossensoriais distorcidos, foram mais afetados. Música relaxante foi mais eficaz no grupo de controle, e ruído branco foi mais eficaz no grupo de hiperatividade com déficit de atenção e os efeitos positivos do ruído branco se tornaram mais evidentes em condições desafiadoras.

**Conclusão:** Que seja de nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que avalia o desempenho do equilíbrio em crianças com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade sob os efeitos de distrações auditivas. Embora mais estudos sejam necessários, os nossos resultados indicam que as distrações auditivas podem ter efeitos de aumento no desempenho do equilíbrio vertical em crianças com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade.

© 2017 Publicado por Elsevier Editora Ltda. em nome de Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## Introdução

O transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) é um distúrbio neuropsiquiátrico incapacitante comum, com início na primeira infância. Crianças com TDAH apresentam níveis inapropriados de comportamentos impulsivos hiperativos e/ou desatentos em seu desenvolvimento, em múltiplos contextos.<sup>1</sup> Estudos epidemiológicos indicam que o TDAH é prevalente em todo o mundo, com um consenso geral de que 7 a 9% dos indivíduos jovens apresentam o distúrbio.<sup>2</sup>

Quase metade das crianças com TDAH também apresenta várias disfunções motoras, desde problemas de controle motor fino/grosso até dificuldades na manutenção do equilíbrio.<sup>3-10</sup> Estudos que avaliam processos subjacentes mostram que a deficiência motora no TDAH é caracterizada por déficits de tempo, coordenação e força, todos associados com disfunção cerebelar.<sup>11</sup> É sugerido que a sintomatologia do TDAH esteja relacionada com disfunções do sistema frontal-estriatal-cerebelar e dados convergentes revelaram redução do volume do *vermis* cerebelar em crianças com TDAH.<sup>12-15</sup> O controle do equilíbrio requer a integração de informações somatossensoriais, vestibulares e visuais-sensoriais e acredita-se que a integridade cerebelar seja o processo chave.<sup>16</sup> Além disso, o controle do equilíbrio também requer atenção e processamento central da informação e, portanto, está fortemente relacionado ao processo cognitivo,<sup>17-25</sup> em vez de ser um mecanismo reflexo puro, subcortical.<sup>17,18,21,22</sup>

Estudos em populações com TDAH podem fornecer informações valiosas sobre o equilíbrio por causa dos déficits de atenção, inibição e função executiva que o acompanham. Alguns estudos avaliaram o equilíbrio em crianças com TDAH e concluíram, em sua maioria, que havia um distúrbio no desempenho do equilíbrio.<sup>18,23,26-30</sup> A maioria dos estudos se concentrou no desempenho do equilíbrio vertical<sup>26,28,29</sup> e alguns investigaram os efeitos de diferentes tarefas cognitivas sobre o desempenho do equilíbrio.<sup>18,23</sup> Em um estudo, os pesquisadores encontraram maior oscilação postural enquanto os participantes faziam tarefas cognitivas que exigiam memória auditiva.<sup>23</sup> Em outro estudo, os pesquisadores analisaram o efeito do metilfenidato sobre o desempenho do equilíbrio vertical em três condições de teste: de pé, costas retas; executando uma tarefa que requeria atenção à memória; e ouvindo música relaxante.<sup>18</sup> Os resultados revelaram que o metilfenidato melhorou significativamente a estabilidade postural ao fazer uma tarefa dupla e ouvir música relaxante. No entanto, o estudo não incluiu controles saudáveis ou diferentes distrações.

Há duas formas principais de detectar o desempenho do equilíbrio: medir o deslocamento do centro de pressão e o teste de organização sensorial (TOS). O TOS é usado para avaliar as contribuições de diferentes sistemas sensoriais para o controle do equilíbrio vertical. O teste é uma ferramenta de pesquisa comum na avaliação da organização sensorial do controle de equilíbrio e já foi usado por outros pesquisadores no estudo do desempenho do equilíbrio em crianças.<sup>28</sup>

Em resumo, deficiências motoras e de equilíbrio podem ser observadas em crianças com TDAH que compartilham uma base neurobiológica comum, com sintomas centrais de

TDAH. O controle de equilíbrio requer atenção e distrações que afetam a atenção também podem atingir o desempenho do equilíbrio. Alguns estudos têm demonstrado os efeitos de distrações sobre a capacidade cognitiva de crianças com TDAH;<sup>31,32</sup> no entanto, nenhum investigou os efeitos das distrações sobre o desempenho do equilíbrio. Que seja de nosso conhecimento, nenhum estudo avaliou o desempenho do equilíbrio em crianças com TDAH com o uso de distrações, como música de fundo e ruído branco. Os objetivos deste estudo foram: (1) comparar o desempenho do equilíbrio vertical em crianças em idade escolar com TDAH e controles com desenvolvimento típico; (2) investigar os efeitos da música relaxante e ruído branco como distrações; e (3) avaliar o envolvimento de diferentes sistemas sensoriais durante o desempenho na presença de distrações.

## Método

### Participantes

No grupo TDAH, as crianças que tinham sido submetidas pela primeira vez a internação e avaliação psiquiátricas foram recrutadas do Ambulatório de Psiquiatria da Criança e do Adolescente. Os critérios de inclusão foram: (1) diagnóstico formal de TDAH confirmado por dois psiquiatras de crianças e adolescentes diferentes, com pelo menos dez anos de experiência com TDAH, de acordo com o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-IV-TR) e confirmado pela entrevista *Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia for School-Age Children-Present and Lifetime Version* (K-SADS-PL); (2) entre sete e 12 anos; (3) visão normal com ou sem óculos; e (4) audição normal. As crianças eram excluídas do estudo se tivessem alguma das seguintes características: (1) histórico de condição neurológica crônica ou distúrbio do movimento; (2) escore total de QI abaixo de 80 na escala de inteligência de Wechsler para crianças revisada (WISC-R); (3) condições musculoesqueléticas ou cardiopulmonares significativas que pudessem influenciar o desempenho do equilíbrio; (4) se tomassem qualquer tipo de medicação psicotrópica; e (5) diagnóstico de distúrbio psicótico, distúrbio do espectro do autismo ou transtorno do desenvolvimento da coordenação (TDC), de acordo com o DSM-IV-TR.

Para garantir o diagnóstico de TDC, a criança tinha de demonstrar uma coordenação motora substancialmente inferior à esperada para a sua idade e que interferia nas atividades de vida diária e no desempenho acadêmico. As crianças do grupo controle foram pareadas por idade e sexo e recrutadas da comunidade; tiveram de preencher os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos acima e o primeiro critério de inclusão foi estabelecido como segue: nenhum diagnóstico formal de qualquer transtorno psiquiátrico confirmado por dois psiquiatras com experiência com crianças e adolescentes, de acordo com o DSM-IV-TR e confirmado pelo K-SADS-PL.

### Medidas

*A Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia for School-Age Children-Present and Lifetime Version*

(K-SADS-PL) é uma entrevista diagnóstica semiestruturada, desenvolvida para avaliar episódios atuais e passados de psicopatologia em crianças e adolescentes, de acordo com os critérios do DSM-III-R e do DSM-IV.<sup>33</sup> A K-SADS-PL é administrada com a entrevista do(s) progenitor(es) e da criança e logo após são fornecidas classificações resumidas, que também incluem todas as fontes de informação. Gökler et al. demonstraram a validade e a confiabilidade da K-SADS-PL para crianças e adolescentes turcos e os valores de *kappa* para vários transtornos variaram entre 0,458 e 0,875.<sup>34</sup>

A escala de inteligência de Wechsler para crianças revisada (WISC-R) é um teste de inteligência administrado individualmente que inclui seis subescalas verbais (Informação Geral, Semelhanças, Aritmética, Compreensão, Vocabulário e Escala de Dígitos) e seis subescalas de desempenho (Completar Figuras, Arranjo de Figuras, Desenho em Blocos, Montagem de Objeto, Símbolo de Dígito e Labirintos). Nesse estudo, foram usadas cinco subescalas verbais (Informação Geral, Semelhanças, Aritmética, Julgamento e Escala de Dígitos) e cinco subescalas não verbais do WISC-R (Conclusão de Imagem, Arranjo de Imagem, Arranjo de Blocos, Montagem de Objeto e Símbolo de Dígito). Savaşır e Şahin demonstraram a validade e a confiabilidade da WISC-R para crianças e adolescentes turcos.<sup>35</sup>

A *Conners' Parent Rating Scale* (CPRS-48) é uma das escalas comportamentais mais usadas em contextos clínicos e de pesquisa para crianças que sofrem de distúrbios do desenvolvimento neurológico, particularmente crianças com TDAH. A CPRS-48 consiste em 48 itens em uma escala de Likert de 4 pontos que indicam a gravidade de um comportamento em particular que é usada na avaliação de comportamentos problemáticos relacionados ao TDAH por meio da obtenção de relatórios de cuidadores primários.<sup>36</sup> A versão turca da CPRS-48 é reconhecida como um instrumento válido e confiável na triagem de sintomas de TDAH em contextos clínicos e da comunidade na população turca.<sup>37</sup>

O TOS quantifica a eficácia de três sistemas sensoriais (visual, vestibular e somatossensorial) na obtenção do controle do equilíbrio vertical. O TOS avalia o desempenho do equilíbrio em seis condições com dificuldade crescente. As informações somatossensoriais, visuais ou sensoriais são distorcidas por meio de uma "referência de oscilação" calibrada da superfície de apoio e/ou visual circundante. Essas condições são: condição C1: olhos abertos, plataforma estável; C2: olhos fechados, plataforma estável; C3: desorientação visual (visão referenciada pela oscilação), plataforma estável; C4: olhos abertos, plataforma instável; C5: olhos fechados, plataforma instável; e C6: desorientação visual, plataforma instável. Plataforma estável refere-se a condições em que a plataforma dinâmica é mantida numa posição estática estável; plataforma instável refere-se às condições em que a plataforma Equitest é referenciada à oscilação do sujeito. A plataforma respondia a mudanças nas transferências de peso e no centro de gravidade do sujeito enquanto ele tentava manter seu equilíbrio.<sup>38</sup>

O escore de equilíbrio quantifica a estabilidade postural das seis condições sensoriais. O uso efetivo das entradas sensoriais individuais é determinado a partir do padrão geral dos escores nas seis condições. O escore de equilíbrio composto, que é a média ponderada dos escores de todas as condições sensoriais, caracteriza o nível geral de

desempenho. As razões de análise sensorial são usadas em conjunto com os escores de equilíbrio individuais para identificar deficiências de sistemas sensoriais individuais. A razão somatossensorial é a razão entre o escore do equilíbrio de C2 e o de C1. A razão visual é a razão entre o escore de equilíbrio de C4 e o de C1. A relação vestibular é a razão entre o escore de equilíbrio de C5 e o de C1. A razão de preferência é a razão entre o escore de C3 + C6 e o de C2 + C5.<sup>39</sup>

## Procedimento

Foram obtidas a revisão institucional e a aprovação do Comitê de Ética (número: B.30.2 HAC.0.20.05.04/321). As crianças dos grupos TDAH e controle foram primeiramente avaliadas por dois psiquiatras de crianças e adolescentes, com entrevistas clínicas e uso da K-SADS-PL, separadamente para as crianças e seus pais. Todos os pais deram consentimento informado para a participação, o que foi consistente com o Código de Ética da Associação Médica Mundial (Declaração de Helsinque). A WISC-R foi administrada por um psicólogo clínico individualmente e em dias diferentes, para evitar a possibilidade de diferentes efeitos de transição entre o TDAH e os grupos controle, e em uma sala silenciosa do hospital pediátrico; os pais preencheram a CPRS-48.

As crianças que preencheram os critérios de inclusão e exclusão para o estudo foram ainda avaliadas ao fazer as tarefas de equilíbrio experimental em um dia diferente no laboratório vestibular do mesmo hospital. Foram avaliadas 55 crianças, nove delas foram excluídas pelas seguintes razões: perda auditiva ( $n = 3$ ), escore de QI total inferior a 80 ( $n = 1$ ), distúrbio de aprendizagem ( $n = 1$ ), deficiências adicionais ( $n = 2$ ), padrão fisiológico em TOS ( $n = 1$ ) e problemas de adaptação ao teste ( $n = 1$ ). Finalmente, 26 crianças foram incluídas no grupo ADHD e 20 no grupo controle. Estas 46 crianças completaram todas as análises.

## Protocolo TOS

No estudo, foi usado o dispositivo *Neurocom Smart Balance Master* para posturografia dinâmica no TOS. Para o exame, foram selecionados três audiologistas qualificados. Os participantes ficaram descalços na plataforma com os pés separados por 5,7 cm e o maléolo mediano alinhado com o eixo de rotação da plataforma. A posição do pé foi marcada na plataforma para assegurar a consistência entre os testes e as sessões. Os participantes usaram um arremão de segurança que estava preso acima deles e evitava quedas, mas não limitava a oscilação; eles foram convidados a ficar em silêncio, com os braços sobre o peito e os olhos abertos ou fechados (a depender da condição). Um examinador permaneceu atrás de cada indivíduo, para segurança do participante, durante todo o teste.

Cada condição de teste foi completada três vezes durante 20s, na mesma ordem. Além do protocolo SOT padrão, no qual não havia distração acompanhante (ambiente de silêncio), todos os protocolos foram repetidos enquanto os participantes ouviam música relaxante e ruído branco com uso de fones de ouvido. O aparelho de MP3 (modelo Philips SA3115/02; fones de ouvido: AY3809) estava dentro de um estojo colocado perto da região superior do peito,



mantido por tiras de comprimento apropriado. Usaram-se capas de fones de ouvido descartáveis, botões foram bloqueados durante os testes e o nível de volume foi estabilizado para evitar manipulações. Os participantes foram instruídos a alertar o audiologista se o som estivesse distorcido ou fosse interrompido. Portanto, o TOS foi repetido três vezes para cada participante, em três ambientes de teste: 1) silêncio (sem distração de fundo); 2) acompanhamento de música de fundo; e 3) acompanhamento de ruído de fundo. A música, que consistia em sons da natureza relaxantes, como sons de floresta e cachoeira, foi escolhida como a distração musical e o "ruído branco" foi escolhido como a distração de ruído. A ordem dos ambientes de teste foi selecionada aleatoriamente para cada participante, foram dados intervalos de 5 minutos entre os testes e as crianças foram incentivadas a caminhar durante a pausa.

### Análise estatística

O programa SPSS 18.0 foi usado em todas as análises estatísticas. As variáveis contínuas foram analisadas para distribuição normal com o teste de Kolmogorov-Smirnov, com correção de significância de Lilliefors. O teste *t* de Student e o teste de qui-quadrado foram aplicados para determinar as diferenças nas variáveis contínuas e categóricas entre os dois grupos, respectivamente. Os valores de tamanho de efeito, calculados a partir das estatísticas *d*, também foram usados para refletir a diferença entre dois meios.<sup>40</sup> A análise de variância de medidas repetidas foi aplicada com ajuste de Bonferroni em comparações *pairwise*, para comparar os desempenhos de equilíbrio em três ambientes de teste nos grupos. Para os índices de análise sensorial, usou-se o teste U de Mann-Whitney para comparar o desempenho do equilíbrio entre os grupos e o teste bidirecional de Friedman foi usado para revelar diferenças entre os grupos. O nível de significância foi estabelecido como 0,05.

### Resultados

De acordo com o desenho, sexo e idade não foram significativamente diferentes nos grupos TDAH e controle. Além disso, a altura e o QI total não foram diferentes entre os dois grupos. As crianças do grupo TDAH tiveram escores mais baixos nas subescalas de Informação Geral, Semelhanças, Aritmética, Julgamento, Escala de Dígitos e Símbolo de Dígito da WISC-R, mas as diferenças não alcançaram significância estatística ( $p=0,124$ ,  $p=0,362$ ,  $p=0,216$ ,  $p=0,193$ ,  $p=0,095$  e  $p=0,144$ ). Como esperado, as crianças do grupo TDAH apresentaram escores significativamente maiores na CPRS-48 (tabela 1).

Os escores médios de equilíbrio (EME) dos grupos controle e TDAH nos três ambientes de teste, especificamente em silêncio, com música relaxante e com ruído branco, são mostrados na figura 1. As distrações auditivas afetaram positivamente os escores compostos (EC) nos dois grupos. C4, C5 e C6 foram as condições mais afetadas em ambos os grupos. Quando as alterações foram testadas para significância estatística, o EME não mudou expressivamente para C1, C2, C3, C4 e C5 nos três ambientes de teste no grupo TDAH. Entretanto, crianças do grupo TDAH apresentaram desempenhos de equilíbrio significativamente diferentes para C6 e EC nos

três ambientes de teste ( $p=0,015$ ,  $p=0,009$ ). Para C6, as crianças do grupo TDAH apresentaram melhor desempenho de equilíbrio na escuta de música e no ambiente de ruído branco do que no ambiente de silêncio ( $p=0,042$ ,  $p=0,006$ ). O EME no ambiente com música e com ruído branco não foram significativamente diferentes ( $p=0,990$ ). Para o EC, as crianças do grupo TDAH mostraram melhor desempenho de equilíbrio no ambiente com ruído branco do que no ambiente em silêncio ( $p=0,001$ ). Os EME no ambiente com música e com ruído branco não foram significativamente diferentes ( $p=0,438$ ).

No grupo controle, o desempenho do equilíbrio não mudou significativamente para C1, C2, C3, C5, C6 e EC nos três ambientes de teste. Ao contrário do grupo TDAH, as crianças do grupo controle apresentaram desempenhos de equilíbrio significativamente diferentes para C4 nos três ambientes de teste ( $p=0,032$ ). Para C4, as crianças do grupo controle apresentaram desempenho significativamente melhor no ambiente com música do que no ambiente em silêncio ( $p=0,012$ ). O EME no ambiente em silêncio, com ruído e música e no ambiente de ruído não foram significativamente diferentes ( $p=0,829$ ,  $p=0,208$ ).

A tabela 2 apresenta o EME para todas as condições de TOS e EC para os dois grupos nos três ambientes de teste. Todos os EME para cada condição do TOS em todos os ambientes foram menores no grupo TDAH. Contudo, apenas o EME para C4 e o EC no ambiente de música atingiram significância estatística com tamanhos de efeito pequenos (tabela 2). Os desempenhos globais de equilíbrio dos grupos TDAH e de controle em cada ambiente são apresentados na figura 2. O EME para todas as condições de TOS e EC foram maiores no grupo controle, mas o desempenho global de equilíbrio dos dois grupos em cada ambiente não foi significativamente diferente ( $p=0,429$ ,  $p=0,084$  e  $p=0,833$ ).

Os resultados dos testes de análise sensorial demonstraram que as crianças dos grupos TDAH e controle apresentaram razões somatossensoriais e de preferência semelhantes nos três ambientes de teste. As crianças do grupo TDAH apresentaram menores razões visuais e vestibulares, mas a diferença só atingiu significância para a razão visual no ambiente com música (tabela 3). No grupo TDAH, as razões somatossensoriais, vestibulares e preferenciais não diferiram significativamente nos três ambientes de teste ( $p=0,808$ ,  $p=0,071$ ,  $p=0,254$  e  $p=0,302$ ), enquanto no grupo controle as razões visuais mudaram significativamente entre os três ambientes de teste ( $p=0,014$ ). A razão visual no ambiente em silêncio foi significativamente menor do que apenas o ambiente com música no grupo de controle ( $p=0,034$ ,  $p=0,144$ ). As razões somatossensoriais, vestibulares e de preferência não diferiram significativamente nos três ambientes de teste no grupo controle ( $p=0,294$ ,  $p=0,099$  e  $p=0,709$ ).

### Discussão

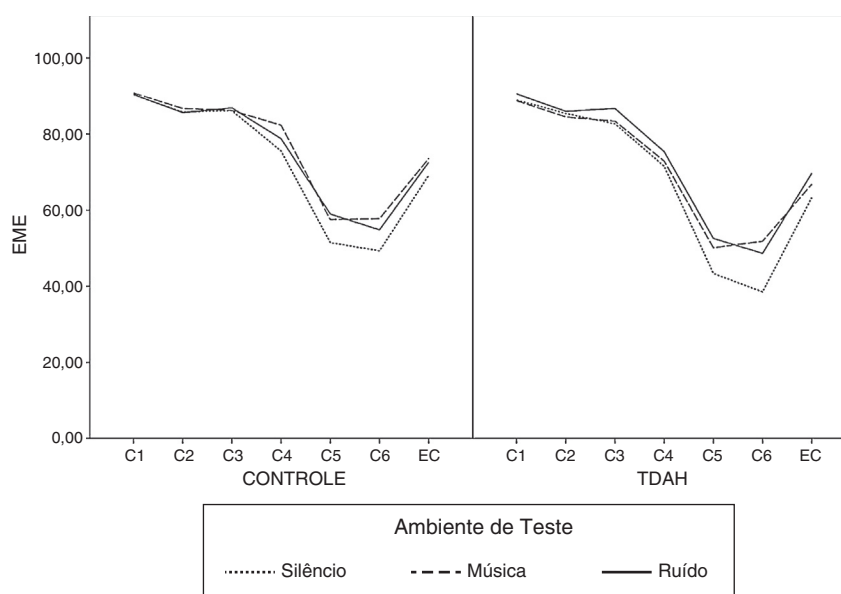
O objetivo principal do presente estudo foi investigar os efeitos de distrações sobre o desempenho do equilíbrio vertical em crianças com TDAH. Quando não havia distrações, os escores de equilíbrio em todas as condições do TOS e o escore de equilíbrio composto foram menores no grupo TDAH. Embora as diferenças não tenham sido

**Tabela 1** Principais características do TDAH e dos grupos controle

|                      | TDAH (n = 26)  | Controle(n = 20) | Estatística | p-valor            |
|----------------------|----------------|------------------|-------------|--------------------|
| Idade (meses)        | 109,50 ± 21,38 | 116,45 ± 15,02   | 1,236       | 0,223              |
| Masculino/Feminino   | 20/6           | 14/6             | 0,281       | 0,596              |
| Altura (cm)          | 136,76 ± 10,21 | 138,90 ± 12,77   | 0,625       | 0,535              |
| WISC-R QI Total      | 104,68 ± 12,67 | 102,75 ± 11,17   | -0,535      | 0,596              |
| WISC-R QI Verbal     | 99,24 ± 14,11  | 102,05 ± 11,08   | 0,728       | 0,470              |
| WISC-R Desempenho QI | 109,44 ± 13,93 | 103,10 ± 12,68   | -1,578      | 0,122              |
| CPRS-48 escores      | 21,89 ± 10,54  | 10,82 ± 7,26     | -3,624      | 0,001 <sup>a</sup> |

CPRS-48, *The Conners' Parent Rating Scale-48 items*; TDAH, transtorno do déficit de atenção e hiperatividade; WISC-R, *Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised*.

<sup>a</sup> Indica  $p < 0,05$ .



**Figura 1** Escores médios de equilíbrio dos grupos controle e TDAH nos três ambientes de teste. EME, escores médios de equilíbrio; TDAH, transtorno de déficit de atenção e hiperatividade; C1, olhos abertos, plataforma estável; C2, olhos fechados, plataforma estável; C3, desorientação visual (visão referenciada pela oscilação), plataforma estável; C4, olhos abertos, plataforma instável; C5, olhos fechados, plataforma instável; C6, desorientação visual, plataforma instável; EC, escore composto.

estatisticamente significativas, as diminuições nos escores foram mais evidentes em C4, C5, C6 e no escore composto. Esses achados indicam que crianças com TDAH tiveram um pior desempenho do equilíbrio vertical quando precisaram confiar em sinais visuais e vestibulares, em vez de sinais somatossensoriais.

Shum et al. encontraram piores escores de equilíbrio em todas as condições do TOS, exceto em C1, e razões somatossensoriais, vestibulares e visuais menores em crianças com TDAH.<sup>28</sup> Seu desenho do estudo foi semelhante ao nosso; entretanto, eles incluíram um número maior de crianças com TDAH (n = 43) e calcularam o desempenho do equilíbrio após a correção do nível de atividade física. Eles argumentaram que a informação somatossensorial, além dos sinais visuais e vestibulares, afeta o controle do equilíbrio. O menor número de participantes em nosso estudo e a correção dos escores de equilíbrio de acordo com o nível de atividade física no estudo anterior podem explicar o porquê de as diferenças não terem sido estatisticamente significativas em nosso estudo.

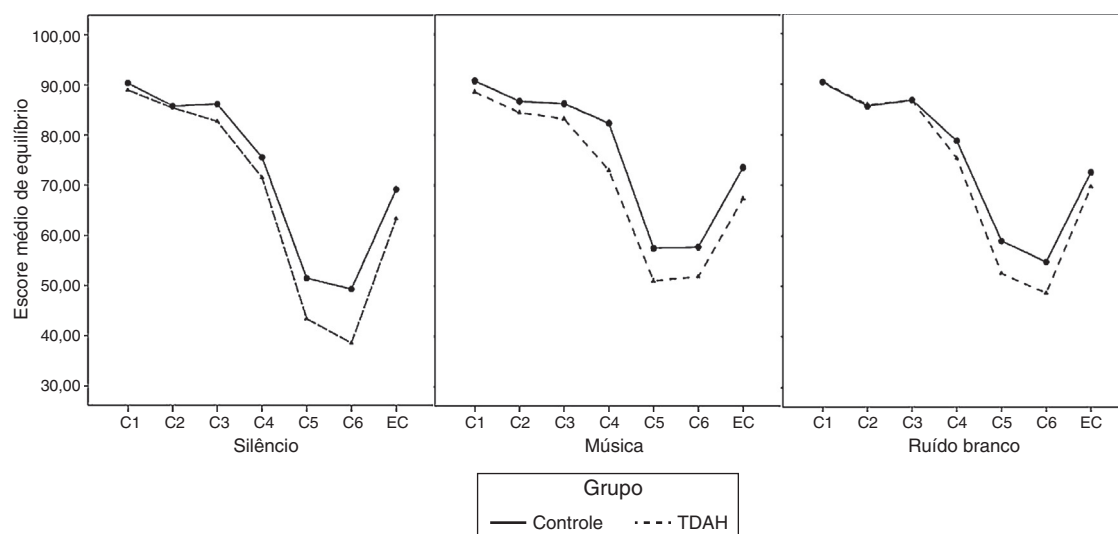
Em outro estudo, Buderath et al. encontraram aumento da área de oscilação em C4 em crianças com TDAH (n = 10) e aumento do número de quedas em C5 e C6 em crianças com lesões cerebelares crônicas (n = 7).<sup>26</sup> As anormalidades no TOS dinâmico foram mais evidentes em C4, C5 e C6; esses resultados foram consistentes com os do nosso estudo. Sabe-se que os sinais vestibulares e visuais são cruciais na manutenção do controle postural e vários estudos de ressonância magnética cerebral demonstraram anormalidades anatômicas no vermis cerebelar, o que é importante no controle postural e de marcha.<sup>14,16,22</sup> Além do cerebelo, a disfunção do sistema frontal-estriatal-cerebelar foi observada em crianças com TDAH.<sup>12,13,41</sup> Além dos escores de equilíbrio mais baixos em C4, C5 e C6, as razões vestibulares e visuais, em especial, foram menores na análise sensorial no grupo TDAH no ambiente em silêncio. Embora não estatisticamente significante ( $p = 0,199$ ,  $p = 0,152$ ), esse resultado pode ser clinicamente importante. Assim, pode-se dizer que, em ambiente em silêncio, as habilidades dos

**Tabela 2** Escores médios de equilíbrio no TDAH e nos grupos controle nos três ambientes de teste

| Condição do TOS | TDAH(média ± DP) | Controle(média ± DP) | Estatística | p-valor            | d     |
|-----------------|------------------|----------------------|-------------|--------------------|-------|
| <b>Silêncio</b> |                  |                      |             |                    |       |
| C1              | 88,96 ± 5,63     | 90,35 ± 3,29         | 1,050       | 0,300              | 0,008 |
| C2              | 85,43 ± 6,17     | 85,79 ± 3,18         | 0,253       | 0,802              | 0,001 |
| C3              | 82,71 ± 9,81     | 86,17 ± 3,61         | 1,653       | 0,108              | 0,290 |
| C4              | 71,53 ± 15,64    | 75,54 ± 9,84         | 1,063       | 0,294              | 0,004 |
| C5              | 43,36 ± 17,04    | 51,47 ± 15,50        | 1,682       | 0,100              | 0,360 |
| C6              | 38,52 ± 20,46    | 49,29 ± 21,22        | 1,732       | 0,091              | 0,440 |
| Escore composto | 63,30 ± 12,42    | 69,15 ± 8,54         | 1,886       | 0,066              | 0,042 |
| <b>Música</b>   |                  |                      |             |                    |       |
| C1              | 88,75 ± 6,26     | 90,76 ± 3,40         | 1,388       | 0,173              | 0,041 |
| C2              | 84,53 ± 9,07     | 86,72 ± 4,90         | 1,049       | 0,300              | 0,022 |
| C3              | 83,39 ± 9,92     | 86,22 ± 4,72         | 1,277       | 0,209              | 0,025 |
| C4              | 72,88 ± 13,28    | 82,34 ± 6,67         | 3,149       | 0,003 <sup>a</sup> | 0,150 |
| C5              | 50,12 ± 20,17    | 57,52 ± 16,34        | 1,373       | 0,177              | 0,020 |
| C6              | 51,84 ± 17,85    | 57,77 ± 19,92        | 1,039       | 0,305              | 0,019 |
| Escore composto | 66,80 ± 10,69    | 73,55 ± 8,70         | 2,294       | 0,027 <sup>*</sup> | 0,080 |
| <b>Ruído</b>    |                  |                      |             |                    |       |
| C1              | 90,54 ± 3,56     | 90,39 ± 3,23         | -0,150      | 0,881              | 0,001 |
| C2              | 85,96 ± 5,38     | 85,64 ± 3,85         | -0,235      | 0,815              | 0,001 |
| C3              | 86,72 ± 4,77     | 86,87 ± 3,96         | 0,118       | 0,907              | 0,002 |
| C4              | 75,36 ± 12,88    | 78,78 ± 9,94         | 1,015       | 0,316              | 0,010 |
| C5              | 52,56 ± 17,36    | 58,98 ± 15,60        | 1,318       | 0,195              | 0,022 |
| C6              | 48,64 ± 21,91    | 54,83 ± 19,55        | 1,009       | 0,319              | 0,009 |
| Escore composto | 69,69 ± 10,54    | 72,60 ± 9,08         | 1,003       | 0,322              | 0,009 |

Tamanho do efeito d, média do grupo TDAH: média do grupo controle/desvio padrão agrupado de dois grupos; TDAH, transtorno de déficit de atenção e hiperatividade; TOS, teste de organização sensorial.

<sup>a</sup> Indica  $p < 0,05$ .



**Figura 2** Comparação dos escores médios de equilíbrio no grupo TDAH e nos grupos controle nos três ambientes de teste. TDAH, transtorno de déficit de atenção e hiperatividade; C1, olhos abertos, plataforma estável; C2, olhos fechados, plataforma estável; C3, desorientação visual (visão referenciada pela oscilação), plataforma estável; C4, olhos abertos, plataforma instável; C5, olhos fechados, plataforma instável; e C6, desorientação visual, plataforma instável; EC, escore composto.

pacientes com TDAH em usar a entrada dos sistemas visual e vestibular são afetadas.

Sabe-se que ficar de pé em silêncio não é um mecanismo reflexo puro e está fortemente associado aos processos

cognitivos. Na vida diária, o controle do equilíbrio estático ou dinâmico é feito simultaneamente com tarefas cognitivas, como ouvir música durante a corrida.<sup>42</sup> As necessidades de atenção para o controle do equilíbrio



**Tabela 3** Razões da análise sensorial no grupo TDAH e nos grupos controle nos três ambientes de teste

| Razões da análise sensorial | TDAH(média ± SD) | Controle(média ± SD) | Estatística | p-valor            |
|-----------------------------|------------------|----------------------|-------------|--------------------|
| <i>Silêncio</i>             |                  |                      |             |                    |
| Somatossensorial            | 0,96 ± 0,04      | 0,95 ± 0,04          | 282,50      | 0,608              |
| Visual                      | 0,84 ± 0,19      | 0,86 ± 0,10          | 202,50      | 0,199              |
| Vestibular                  | 0,53 ± 0,30      | 0,64 ± 0,18          | 195,50      | 0,152              |
| Preferência                 | 0,94 ± 0,12      | 0,96 ± 0,14          | 226,50      | 0,449              |
| <i>Música</i>               |                  |                      |             |                    |
| Somatossensorial            | 0,95 ± 0,04      | 0,97 ± 0,02          | 222,00      | 0,383              |
| Visual                      | 0,84 ± 0,16      | 0,95 ± 0,07          | 123,50      | 0,002 <sup>a</sup> |
| Vestibular                  | 0,65 ± 0,24      | 0,71 ± 0,20          | 201,00      | 0,190              |
| Preferência                 | 0,98 ± 0,11      | 1,00 ± 0,05          | 233,00      | 0,518              |
| <i>Ruído</i>                |                  |                      |             |                    |
| Somatossensorial            | 0,96 ± 0,04      | 0,95 ± 0,04          | 285,50      | 0,561              |
| Visual                      | 0,89 ± 0,19      | 0,94 ± 0,10          | 213,00      | 0,292              |
| Vestibular                  | 0,63 ± 0,26      | 0,72 ± 0,17          | 212,50      | 0,291              |
| Preferência                 | 0,96 ± 0,07      | 0,97 ± 0,08          | 248,00      | 0,782              |

TDAH, transtorno de déficit de atenção e hiperatividade.

<sup>a</sup> Indica  $p < 0,05$ .

variam, a depender da tarefa postural, da idade do indivíduo e de suas habilidades de equilíbrio.<sup>25</sup> Para investigar o papel da cognição no controle postural, foram feitos estudos de dupla tarefa.<sup>21,43,44</sup> Em geral, tem sido considerado que uma segunda tarefa pode afetar negativamente o controle do equilíbrio.<sup>45</sup>

Shorer et al. incluíram 24 crianças com TDAH e mediram a velocidade de oscilação sob condições de tarefa única e condições de tarefa dupla que exigiam atenção e memória auditiva.<sup>23</sup> Em contraste ao que imaginavam, as tarefas cognitivas de memória auditiva concorrentes não tiveram um efeito negativo no controle postural, tanto no grupo de TDAH quanto no grupo controle.

Jacobi-Polishook et al. investigaram o efeito do metilfenidato sobre a estabilidade postural em condições de tarefa única e dupla ( $n = 24$ ), com a escuta de música como uma das tarefas. A administração de metilfenidato resultou em um melhor desempenho de estabilidade postural na condição de tarefa dupla e enquanto ouvia-se música.<sup>18</sup> Os pesquisadores concluíram que as habilidades de atenção aumentadas melhoraram o desempenho do equilíbrio.

No estudo de Söderlund et al., embora o ruído afetasse adversamente o desempenho cognitivo, o ruído branco teve um efeito positivo no desempenho cognitivo em crianças com TDAH. Os pesquisadores explicaram esse resultado por um possível mecanismo subjacente, denominado modelo de excitação cerebral moderada, que supõe que o ruído no ambiente provoca ruído interno no sistema neural por meio do sistema perceptivo e que esse ruído afeta os sistemas neurotransmissores e melhora o desempenho cognitivo.<sup>32</sup> Os possíveis efeitos das distrações na melhoria do processo cognitivo têm sido discutidos em vários outros estudos.<sup>31,46-48</sup> Eles levantaram a hipótese de que a excitação, a ativação e o esforço modulam as habilidades de processamento de informações das crianças e que as informações de distração podem melhorar o desempenho temporariamente, possivelmente aumentam a excitação para um nível ótimo.<sup>48</sup>

Da mesma forma, nossos resultados mostraram que, mesmo sem alcançar níveis de significância estatística, as distrações auditivas afetaram positivamente o desempenho do equilíbrio geral em ambos os grupos. Condições mais desafiadoras, com uma plataforma instável (C4, C5, C6) com sinais somatossensoriais distorcidos, foram mais afetadas por distrações auditivas em ambos os grupos. Pode-se concluir que condições mais desafiadoras necessitam de esforço cognitivo maior e mais processamento de informação, e, portanto, são mais afetadas pelos possíveis efeitos de aumento de distração auditiva. Com base no conhecimento acima resumido e em nossos resultados congruentes, pode-se supor que a distração auditiva, como música e ruído branco, nem sempre tem o efeito de distração em crianças com TDAH e também pode ter efeitos benéficos. O efeito positivo da música e do ruído branco atingiu nível de significância na condição C6 no grupo TDAH. A condição C6 é considerada a mais desafiadora, com sinais somatossensoriais e visuais conflitantes e que deixam apenas sinais vestibulares disponíveis.

No grupo ADHD, os efeitos positivos das distrações auditivas tornaram-se mais aparentes e significativos à medida que a condição se tornava mais difícil. No grupo de controle, o efeito positivo atingiu significância apenas em C4, enquanto ouvia música relaxante. Estendendo a hipótese anterior, acreditamos que, em termos de controle de equilíbrio, as crianças com TDAH se beneficiam mais das distrações auditivas do que aquelas com desenvolvimento típico em condições desafiadoras que necessitam de mais processos cognitivos. De certa forma, os efeitos positivos das distrações auditivas em crianças com desenvolvimento típico e suas contrapartes com TDAH podem ser comparados aos dos estimulantes. Sabe-se que os estimulantes melhoraram as funções cognitivas em indivíduos saudáveis, mas os efeitos de aumento são muito mais significativos em indivíduos com TDAH.<sup>49</sup> Na análise da razão sensorial, as crianças do grupo TDAH apresentaram razões visuais e vestibulares

menores, mas a diferença atingiu significância apenas para a razão visual no ambiente com música. Déficits no processamento e na integração visual foram relatados anteriormente em crianças com TDAH.<sup>9,50</sup>

De maneira similar, Shum et al. mostraram a maior diferença entre os grupos na razão visual. Além disso, em nosso estudo, quando os grupos TDAH e o de controle foram comparados, o EME para C4 e o EC atingiram significância estatística.<sup>28</sup> De fato, C4 é a condição na qual as crianças são forçadas a confiar mais na informação visual quando os sinais somatossensoriais são interrompidos. Podemos supor que o sistema visual pode ser o mais envolvido na contribuição para os déficits de equilíbrio entre as crianças com TDAH.

Os pontos fortes do presente estudo incluem o procedimento de diagnóstico multimétodo baseado no DSM-IV (entrevista e escala de classificação) para TDAH, que pareia as crianças no grupo TDAH em termos de idade e sexo. Há também várias limitações. Não tivemos a oportunidade de administrar o diagnóstico de acordo com o DSM-V, mas, no período em que o estudo foi feito, o DSM-IV-TR era o método congruente mais confiável, com uma entrevista semiestruturada para fazer a avaliação. Embora os grupos tenham sido pareados por idade e sexo, pode haver outras variações que não podem ser controladas que influenciaram o desempenho das crianças. Devido ao pequeno tamanho da amostra, o número de achados significativos pode ser um pouco reduzido. Mais importante ainda, o efeito de reforço do ruído branco e música relaxante pode mudar com a amplitude do sinal.<sup>32</sup> Assim, diferentes amplitudes de sinal deveriam ser testadas.

Além disso, não investigamos o efeito dos sinais de fala em forma de ruído de fundo como uma distração; examinar esse efeito pode fornecer informações mais realistas, semelhantes às de uma sala de aula. Também, a faixa etária pode influenciar no desempenho do equilíbrio verdadeiro; assim, o amadurecimento da informação somatossensorial estará completo nas idades de 3 a 4 anos, enquanto o amadurecimento da informação visual e vestibular no equilíbrio ainda se desenvolverá aos 15 anos.<sup>38</sup> Essas características podem explicar o achado de melhores escores em C1, C2 e C3 e escores piores em C4, C5 e C6. Entretanto, os resultados obtidos na análise da razão vestibular e visual possivelmente refletem a ineficiência de capacidade real de sinais vestibulares e visuais em crianças com TDAH.

## Conclusão

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo que avalia o desempenho do equilíbrio em crianças com TDAH sob o efeito de distrações auditivas. Embora mais estudos sejam necessários, nossos resultados indicam que as distrações podem ter efeitos de aumento no desempenho do equilíbrio vertical e pode ser vantajoso investigar os efeitos da reabilitação vestibular precoce nessa população.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências

1. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. Washington: American Psychiatric Association; 1994.
2. Thomas R, Sanders S, Doust J, Beller E, Glasziou P. Prevalence of attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis. *Pediatrics*. 2015;135:994–1001.
3. Barkley RA. Attention-deficit hyperactivity disorder. *Sci Am*. 1998;279:66–71.
4. Harvey WJ, Reid G, Grizenko N, Mbekou V, Ter-Stepanian M, Joobar R. Fundamental movement skills and children with attention-deficit hyperactivity disorder: peer comparisons and stimulant effects. *J Abnorm Child Psychol*. 2007;35:871–2.
5. Pitcher TM, Piek JP, Barrett NC. Timing and force control in boys with attention deficit hyperactivity disorder: subtype differences and the effect of comorbid developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci*. 2002;21:919–45.
6. Pitcher TM, Piek JP, Hay DA. Fine and gross motor ability in males with ADHD. *Dev Med Child Neurol*. 2003;45:525–35.
7. Catena R, van Donkelaar P, Chou L. The effects of attention capacity on dynamic balance control following concussion. *J Neuroeng Rehabil*. 2011;8:8.
8. Steger J, Imhof K, Coutts E, Gundelfinger R, Steinhausen HC, Brandeis D. Attentional and neuromotor deficits in ADHD. *Dev Med Child Neurol*. 2001;43:172–9.
9. Tervo RC, Azuma S, Fogas B, Fiechter H. Children with ADHD and motor dysfunction compared with children with ADHD only. *Dev Med Child Neurol*. 2002;44:383–90.
10. Zang Y, Gu B, Qian Q, Wang Y. Objective measurement of the balance dysfunction in attention deficit hyperactivity disorder children. *Chin J Clin Med*. 2002;6:1372–4.
11. Gowen E, Miall RC. The cerebellum and motor dysfunction in neuropsychiatric disorders. *Cerebellum*. 2007;6:268–79.
12. Castellanos FX, Giedd JN, Marsh WL, Hamburger SD, Vaituzis AC, Dickstein DP, et al. Quantitative brain magnetic resonance imaging in attention-deficit hyperactivity disorder. *Arch Gen Psychiatry*. 1996;53:607–16.
13. Durston S. A review of the biological bases of ADHD: what have we learned from imaging studies. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev*. 2003;9:184–95.
14. Mostofsky SH, Reiss AL, Lockhart P, Denckla MB. Evaluation of cerebellar size in attention-deficit hyperactivity disorder. *J Child Neurol*. 1998;13:434–9.
15. Seidman LJ, Valera EM, Makris N. Structural brain imaging of attention-deficit/hyperactivity disorder. *Biol Psychiatry*. 2005;57:1263–72.
16. Timmann D, Diener HC. Coordination and ataxia. In: Goetz CG, Pappert EJ, editors. *Textbook of clinical neurology*. Orlando: W.B. Saunders Company; 2003. p. 299–331.
17. Geraldine LP. Postural sway increases with attentional demands of concurrent cognitive task. *Gait Posture*. 2003;18:29–34.
18. Jacobi-Polishook T, Shorer Z, Melzer I. The effect of methylphenidate on postural stability under single and dual task conditions in children with attention deficit hyperactivity disorder – a double blind randomized control trial. *J Neurol SCI*. 2009;280:15–21.
19. Laufer Y, Ashkenazi T, Josman N. The effects of a concurrent cognitive task on the postural control of young children with and without developmental coordination disorder. *Gait Posture*. 2008;27:347–51.
20. Reilly DS, van Donkelaar P, Saavedra S, Woollacott MH. Interaction between the development of postural control and the executive function of attention. *J Mot Behav*. 2008;40:90–102.
21. Riley MA, Baker AA, Schmit JM, Weaver E. Effects of visual and auditory short-term memory tasks on the spatiotemporal

- dynamics and variability of postural sway. *J Motor Behav.* 2005;37:311–24.
22. Schmid M, Conforto S, Lopez L, D'Alessio T. Cognitive load affects postural control in children. *Exp Brain Res.* 2007;179:375–85.
  23. Shorer Z, Becker B, Jacobi-Polishook T, Oddsson L, Melzer I. Postural control among children with and without attention deficit hyperactivity disorder in single and dual conditions. *Eur J Pediatr.* 2012;171:1087–94.
  24. Swan L, Hajime O, Peter VL. Reducing postural sway by manipulating the difficulty levels of a cognitive task and a balance task. *Gait Posture.* 2007;26:470–4.
  25. Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture.* 2002;16:1–14.
  26. Buderath P, Gärtner K, Frings M, Christiansen H, Schoch B, Konczak J, et al. Postural and gait performance in children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Gait Posture.* 2009;29:249–54.
  27. Cheng J, Wang YF. Comparison of postural control between normal and attention deficit hyperactivity disorder boys. *Beijing Da Xue Xue Bao.* 2007;39:531–4.
  28. Shum SB, Pang MY. Children with attention deficit hyperactivity disorder have impaired balance function: involvement of somatosensory, visual, and vestibular systems. *J Pediatr.* 2009;155:245–9.
  29. Steinberg N, Nemet D, Kohen-Raz R, Zeev A, Pantanowitz M, Eliakim A. Posturography characteristics of obese children with and without associated disorders. *Percept Mot Skills.* 2013;116:564–80.
  30. Wang J, Wang Y, Ren Y. A case-control study on balance function of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) children. *Beijing Da Xue Xue Bao.* 2003;35:280–3.
  31. Pelham W, Waschbusch D, Hoza B, Gnagy E, Greiner A, Sams S, et al. Music and video as distractors for boys with ADHD in the classroom: comparison with controls, individual differences, and medication effects. *J Abnorm Child Psychol.* 2011;39:1085–98.
  32. Söderlund G, Sikström S, Smart A. Listen to the noise: noise is beneficial for cognitive performance in ADHD. *J Child Psychol Psc.* 2007;48:840–7.
  33. Kaufman J, Birmaher B, Brent D, Rao U, Flynn C, Moreci P, et al. Schedule for affective disorders and schizophrenia for school-age children-present and lifetime version (K-SADS-PL): initial reliability and validity data. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* 1997;36:980–8.
  34. Gökler B, Ünal F, Pehlivan Türk B, Kültür EÇ, Akdemir D, Taner Y. Reliability and validity of schedule for affective disorders and schizophrenia for school age children-present and lifetime version-Turkish version (K-SADS-PL-T). *J Child Adolesc Ment Health.* 2004;11:109–16.
  35. Savaşır I, Şahin N. Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised (WISC-R) Handbook. Ankara, Turkey: Turk Psikologlar Dernegi Yayınları; 1994.
  36. Goyette CH, Conners CK, Ulrich RE. Normative data on revised Conners' parent and teacher rating scales. *J Abnorm Child Psychol.* 1978;6:221–36.
  37. Dereboy C, Şenol S, Şener S, Dereboy F. Validation of the Turkish versions of the short-form Conner's teacher and parent rating scales. *Türk Psikiyatri Derg.* 2007;18:48–58.
  38. Ferber-Viart C, Ionescu E, Morlet T, Froehlich P, Dubreuil C. Balance in healthy individuals assessed with Equitest: maturation and normative data for children and young adults. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2007;71:1041–6.
  39. USA: Neurocom International, Inc. Objective Quantification of Balance and Mobility [USA: Neurocom Website]; 2007. Available at: <http://www.natus.com/documents/NCM%20Objective%20Quantification%20Test%20Protocols.pdf>. Accessed 24 November 2014.
  40. Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. New Jersey, USA: Lawrence Earlbaum Associates; 1988.
  41. Weiler M, Bernstein J, Bellinger D, Waber D. Information processing deficits in children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder, inattentive type, and children with reading disability. *J Learn Disabil.* 2002;35:449–62.
  42. Lacour M, Bernard-Demanze L, Dumitrescu M. Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods. *Clin Neurophysiol.* 2008;38:411–21.
  43. Broglio SP, Tomporowski PD, Ferrara MS. Balance performance with a cognitive task: a dual task testing paradigm. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37:689–95.
  44. Shumway-Cook A, Woollacott M, Kerns KA, Baldwin M. The effects of two types of cognitive tasks on postural stability in older adults with and without a history of falls. *J Gerontol Med Sci.* 1997;52A:M232–40.
  45. Huxhold O, Li S, Schmiedek F, Lindenberger U. Dual-tasking postural control: aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Res Bull.* 2006;69:294–305.
  46. Sergeant JA, Oosterlaan J, van der Meere J. Information processing and energetic factors in attention-deficit/hyperactivity disorder. In: Quay HC, Hogan AE, editors. *Handbook of disruptive behavior disorders*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers; 1999. p. 75–104.
  47. Van der Meere J. State regulation and attention deficit hyperactivity disorder. In: Gozal D, Molfese DL, editors. *Attention deficit hyperactivity disorder: from genes to patients*. Totowa: Humana; 2005. p. 413–33.
  48. van Mourik R, Oosterlaan J, Heslenfeld DJ, König CE, Sergeant JA. When distraction is not distracting: a behavioral and ERP study on distraction in ADHD. *Clin Neurophysiol.* 2007;118:1855–65.
  49. Ilieva IP, Hook CJ, Farah MJ. Prescription stimulants' effects on healthy inhibitory control, working memory, and episodic memory: a meta-analysis. *J Cogn Neurosci.* 2015;27:1069–89.
  50. Wang J, Jiang T, Cao Q, Wang Y. Characterizing anatomic differences in boys with attention-deficit/hyperactivity disorder with the use of deformation-based morphometry. *Am J Neuro-radiol.* 2007;28:543–7.