

MYRIAN SILVA OLIVEIRA

**CONTROLE POSTURAL EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM ESCOLIOSE
E HÍGIDAS**

**UBERABA
2024**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO TRIÂNGULO MINEIRO
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

MYRIAN SILVA OLIVEIRA

**CONTROLE POSTURAL EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM ESCOLIOSE
E HÍGIDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Educação Física, área de concentração “Esporte e Exercício”(Linha de Pesquisa: Comportamento Motor e Análise do Movimento Humano), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientadora Dr^a.: Luciane Aparecida Pascucci Sande de Souza

UBERABA

2024

Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do

O48c Oliveira, Myrian Silva
Controle postural em crianças e adolescentes com
escoliose e hígidas / Myrian Silva Oliveira. -- 2024.
56 f. : il., graf., tab.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) --
Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba,
MG, 2024

Orientadora: Profa. Dra. Luciane Aparecida
Pascucci Sande de Souza

1. Escoliose. 2. Equilíbrio postural. 3. Criança. 4.
Adolescente.

I. Souza, Luciane Aparecida Pascucci Sande de. II.
Universidade Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

Triângulo Mineiro

Cicera Daniele da Silva - Bibliotecária - CRB-6/3012

MYRIAN SILVA OLIVEIRA

**CONTROLE POSTURAL EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM ESCOLIOSE
E HÍGIDAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Educação Física, área de concentração “Esporte e Exercício”(Linha de Pesquisa: Comportamento Motor e Análise do Movimento Humano), da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientadora Dr^a.: Luciane Aparecida Pascucci Sande de Souza

Aprovada em 12 de julho de 2024.

Banca examinadora:

Dr^a. Luciane Aparecida Pascucci Sande de Souza
UFTM

Dr^a. Gisela Rocha de Siqueira
UFPE

Dr^a. Ana Carolina Gonçalves Vilarinho Ferreira
UFTM

Dedico este trabalho às crianças e adolescentes que necessitam de conhecimento e uma atenção especial quando possuem algum acometimento na coluna que é um desvio postural no qual é a escoliose e são esquecidas pela escassez de profissionais ou que não apreciam trabalhar com esse público.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Professora Dr^a Luciane Aparecida Pascucci Sande de Souza por ter me acolhido e ter decidido um tema de projeto ao qual tenho e terei aplicabilidade prática e pela ajuda na construção e elaboração dos artigos.

Àos meus pais pelo apoio financeiro e em ter a oportunidade de poder me dedicar nos estudos.

À CAPES pelo apoio financeiro de ser prestigiada com uma bolsa de estudos.

Ao programa de Pós graduação em Educação Física por ter conseguido ser aprovada para adentrar na Pós Graduação Script Senu da Educação Física.

Ao professor Dr. Dernival Bertoncello que me ensinou a utilizar e realizar leitura de equipamentos bem como auxiliou em leituras de artigos para a construção de conhecimento.

À professora Dr^a Andrea Lacre Pessina Gasparini que é especialista na área, pelos conhecimentos adquiridos acerca do assunto e pela ajuda na colaboração dos participantes na pesquisa.

À professora Dr^a Ana Carolina Gonçalves Vilarinho Ferreira e à Isabela Aparecida dos Santos por nos últimos momentos me ajudar a selecionar crianças e adolescentes para a pesquisa.

Às alunas Ananda Aidar de Souza e Isabella Pollo Monteiro por ajudar na familiaridade com os equipamentos de pesquisa me ensinando o passo a passo de como aplicar na prática.

Ao Dr^o. Anderson Alves Dias por ajudar e me dar a devida atenção na análise e classificação das imagens de raio x e a sua colaboradora Fisioterapeuta Dr^a. Sarah Martins que contribuiu na busca de participantes para a pesquisa.

À bibliotecária Sônia Paolinelli por me ajudar na orientação de buscas de artigos nas bases de dados sobre o tema proposto.

À Deus(Jesus) e a minha força para que a cada dia me desse e dá luz pelas perdas que tive que superar e pelos ganhos e desafios que tive no meio científico. A cada dia amadurecendo o conhecimento técnico científico do qual sou uma pequena aprendiz afim de aprender.

Grata!

“Esperei com paciência no Senhor, e ele se inclinou para mim, e ouviu o meu clamor”. Esperar com paciência a vontade de Deus.

(Salmo 40 - Bíblia)

RESUMO

O desenvolvimento do controle postural até a fase adulta é baseado na experiência e integração dos sistemas sensoriais visual, proprioceptivo e vestibular. Avaliar o equilíbrio, integração sensorial e percepção da verticalidade em crianças e adolescentes com escoliose e hígidas. São dois estudos: 1 transversal: 23 escolares saudáveis entre 7 e 11 anos e 2 transversal: 14 sujeitos entre 11 a 15 anos. Foi utilizado no artigo 1: TCIS e Mini-BESTest; artigo 2: BESTest. Ambos os artigos utilizou Testes de verticalidade: (SVV) e (SHV). No artigo 1 utilizou matriz de correlação: Teste de Spearman para correlações entre as variáveis de verticalidade e todos os domínios de dois testes de equilíbrio. No artigo 2 utilizou teste t student e a correlação de Pearson. Para o artigo 1 houve correlação negativa entre SHV-R absoluto e T-OA ($R = -0,55$; $p = 0,006$), SHV-R verdadeiro e APA ($R = -0,45$; $p = 0,031$); SHV-R verdadeiro e marcha dinâmica ($R = -0,43$; $p = 0,043$); verdadeiro SHV-R e MBT total ($R = -0,46$; $p = 0,029$). E também houve associação negativa muito forte entre RSL-OA e SO ($R = -0,83$; $p = 0,005$); e uma forte associação negativa entre marcha dinâmica e B-CA ($R = -0,70$; $p = 0,031$). No artigo 2 encontramos os resultados do BESTest, houve diferença entre os Grupos GE e GC no domínio (BTI)($R: -2,9$ $p = 0,05$), em (BTII)($R: -2,94$, $p = 0,05$) e no BESTest Total($R: -3,56$, $p = 0,05$). Aplicou o test-t para comparar se houve diferença entre os grupos e as subjetivas não encontramos diferença. Para o Teste de Correlação de Pearson entre o sinal de risser e as subjetivas verticais houve correlação significativa forte entre SVV RA($R: 0,69$) e correlação positiva forte entre o sinal de risser e SHV RA ($R: 0,70$); Analisamos o sinal de risser com as SVV e os domínios do BESTest houve correlação significativa negativa forte para BT IV($R: -0,87$). Foi encontrada forte associação positiva entre BTI e SHV RA ($R: 0,60$); BTII e SVV RA ($R: 0,60$); BTII e SVV LT($R: 0,71$); BTIII e SVV RT($R: 0,67$). Associação forte negativa entre BTI e SHV LA ($R: -0,60$); BTII e SVV RT($R: -0,60$); BTIII e SVV RA ($R: -0,67$); BTIII e SVV LA($R: -0,64$); BTIII e SVV LT($R: -0,78$); BT IV e SVV LA($R: -0,60$); BT Total e SVV LA($R: 0,77$); Por fim, houve muito forte associação negativa entre BT V e SVV LA ($R: -0,82$). Já no GC, Houve associação positiva forte entre BT I e SHV RT ($R: 0,70$); BT I e SHV LR ($R: 0,78$); BT I e SHV LR ($R: 0,78$); BT II e SVV LA ($R: 0,80$); BT II e SHV LA ($R: 0,65$); BT VI e SHV RA($R: 0,72$); E, associação negativa forte entre BTI e

SHV LA (R: -0,76); BT II e SHV LR (R: -0,60); BT IV e SHV RA(R: -0,73); BT V e SVV RA(R: -0,70); BT V e SVV LA(R: -0,62).

Encontramos importante associação entre a percepção háptica e visual e teste de equilíbrio funcional.

Palavras-chave: Controle Postural; Equilíbrio; Verticalidade; Integração Sensorial; crianças; escoliose.

ABSTRACT

The development of postural control until adulthood is based on the experience and integration of the visual, proprioceptive and vestibular sensory systems. To evaluate balance, sensory integration and perception of verticality in healthy children and adolescents with scoliosis. There are two studies: 1 cross-sectional: 23 healthy schoolchildren between 7 and 11 years old and 2 cross-sectional: 14 subjects between 11 and 15 years old. It was used in article 1: TCIS and Mini-BESTest; Article 2: BESTest. Both articles used verticality tests: (SVV) and (SHV). In article 1, a correlations between verticality variables and all domains of two balance tests. In article 2, the student t test and Pearson correlation were used. For article 1, there was a negative correlation between absolute SHV-R and T-AO($R = -0,55$; $p = 0,006$), true SHV-R and APA($R = -0,45$; $p = 0,031$); True SHV-R and dynamic gait ($R = -0,43$; $p = 0,043$); true SHV-R and total MBT ($R = 0,46$; $p = 0,029$). And there was also a very Strong negative association between RSL-AO and OS($R = -0,83$; $p = 0,005$); and a Strong negative association between dynamic gait and B-CA($R = -0,70$; $p = 0,031$) In article 2 we found the results of BESTest, there was a difference between the GE and GC Groups in the domain BTI($R = -2,9$ $p = 0,05$), in (BTII)($R = -2,94$, $p = 0,05$) and in BESTest Total ($R = -3,56$, $p = 0,05$). The t-test was applied to compare whether there was a difference between the groups and subjectively, we found no difference. For the Pearson Correlation Test between the Risser sign and the vertical subjective measurements, there was a Strong significant correlation between SVV RA($R = 0,69$) and a Strong positive correlation between the Risser sign and SHV RA ($R = 0,70$); We analyzed the Risser sign with the SVV and the BESTest domains, there was a strong negative significant correlation for BT IV ($R = -0,87$). A strong positive association was found between BTI and SHV RA($R = 0,60$); BTII and SVV RA($R = 0,60$); BTII and SVV LT ($R = 0,71$); BTIII and SVV RT($R = 0,67$). Strong negative association between BTI and SHV LA ($R = -0,60$); BTII and SVV RT($R = -0,60$); BTIII and SVV RA ($R = -0,67$); BTIII and SVV LA ($R = -0,64$); BTIII and SVV LT ($R = -0,78$); BT IV and SVV LA($R = -0,60$); BT Total and SVV LA ($R = 0,77$); Finally, there was a very Strong negative association between BT V and SVV LA($R = -0,82$). In the GC, there was a strong positive association between BT I and SHV RT ($R = 0,70$); BT I and SHV LR ($R = 0,78$); BT I and SHV LR ($R = 0,80$); BT II and SHV LA ($R = 0,65$); BT VI and SHV RA($R = 0,72$); And, strong negative association between BT I and SHV LA($R = -0,76$); BT II and SHV LR ($R = -0,60$); BT IV and SHV RA($R = -0,73$); BT V and SVV RA($R = -0,70$); BT V and SVV LA ($R = -0,62$). We found an important association between haptic and visual perception and functional balance testing.

Keywords: Postural Control; Balance; Verticality; Sensory Integration; Children; Scoliosis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 ARTIGOS PRODUZIDOS	15
2.1 ARTIGO 1.....	15
2.2 ARTIGO 2.....	27
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS.....	47
ANEXOS.....	50

1 INTRODUÇÃO

O Controle postural pode ser definido como uma habilidade do indivíduo de assumir e manter uma posição desejada em atividades estáticas ou dinâmicas. Para que ele se mantenha numa posição estável afim de controlar o corpo perante perturbações internas e externas é essencial. Tais perturbações são advindas de forças da gravidade ou à superfícies de apoio dos pés ou ainda realizando movimentos voluntários do corpo ou seus segmentos. As contrações musculares adequadas produzidas pelos movimentos do corpo são baseadas nas informações sensoriais para garantir uma posição corporal adequada(Kleiner et al, 2011).

O desenvolvimento do controle postural compreende o aprimoramento do alinhamento corporal e do tônus muscular em relação à gravidade, à superfície de apoio (Horak, 1987), e às informações sensoriais(Carvalho e Almeida, 2009). O controle postural se caracteriza como uma habilidade motora complexa que depende da integração dos sistemas sensoriais, motores e cognitivos.

O sistema sensorial tem uma função importante para a percepção do movimento próprio e da orientação espacial. O sistema vestibular assim como outros sinais sensoriais (como os visuais e proprioceptivos) auxiliam nos reflexos vitais para proporcionar um olhar estável e manter a postura durante as atividades diárias. (Cullen, 2019)

A informação sensorial é utilizada para o desenvolvimento de três referenciais: 1) egocêntrico, que representa o eixo longitudinal do corpo, fornecido pelas informações somatossensoriais. O eixo longitudinal é uma linha imaginária que se localiza na intersecção dos planos sagital e frontal do corpo que é perpendicular ao plano transversal do corpo, que passa pelo eixo espinhal e se sobrepõe ao eixo vertical da terra; 2) aloecêntrico, que situa o corpo no espaço e localiza os objetos no ambiente; e 3) geocêntrico, fundamental para a postura independentemente da posição do corpo ou dos objetos no espaço. Esses referenciais se conectam entre si o que permite ao SNC organizar a postura ortostática em referência a vertical da terra. A postura é estabilizada na vertical com a terra e faz com que o corpo se oriente no espaço.(Weinstein, Stuart, 2019)

A percepção da verticalidade é definida como a capacidade de julgar se uma linha encontra-se perfeitamente na posição vertical em relação à terra(Faralli et al.,

2009; Kanashiro, 2009). É percebida por meio de diferentes modalidades sendo a percepção visual vertical dependente da informação visuovestibular, a percepção postural da vertical depende da informação graviceptiva-somestésica e da percepção vertical tátil ou háptica(Perennou et al., 2014). É importante a direção percebida da gravidade por conta do uso generalizado de referência com relação aos aspectos da percepção e da ação.

A orientação percebida é necessária para identificar e categorizar os objetos, assim como equilibrar e se orientar no ambiente.(Hock e Heimer, 1957)

Com base na descrição do controle postural, surge a questão de como esse domínio é afetado em indivíduos com escoliose. A escoliose é caracterizada pela curvatura lateral permanente da coluna vertebral, acompanhada de rotação e torção das vértebras, resultando em um desvio lateral no plano frontal que se manifesta em um contexto tridimensional (Perdriolle et al., 2001). Estima-se que aproximadamente 80% dos casos sejam de escoliose idiopática, classificada com base na idade de início como infantil, juvenil ou adolescente (Scheyerer et al., 2021). A escoliose pode ser classificada como estrutural ou não estrutural, sendo a forma estrutural a mais comum (Dobbs e Weinstein, 1999).

Segundo a Sociedade de Pesquisa em Escoliose (SRS) existe um indicador chamado ângulo coronal de Cobb que serve para quantificar a curvatura da escoliose, caracterizada por um ângulo maior que 10 graus conjuntamente com uma rotação lateral, em crianças com o esqueleto está em formação(Han et al 2015). Em qualquer estágio do crescimento a escoliose idiopática pode ser desenvolvida: infantil que vai do nascimento até os 3 anos de idade; juvenil: que vai dos 3 anos até a puberdade e adolescência e início tardio(após a puberdade)(Lonstein, 1994).

A escoliose idiopática do adolescente(EIA) atinge de 2 a 3% da população, sendo 0,3 a 0,5% desses pacientes afetados terão curvaturas >20 graus na qual o tratamento é recomendado.(Weinstein, Stuart L., 2019).

A curvatura quando muito acentuada pode resultar em efeitos adversos à saúde ao longo do tempo causando dores na coluna, incapacidade, doenças pulmonares, problemas estéticos, qualidade de vida reduzida e problemas psicológicos. Quando identificada a escoliose de forma precoce maiores as chances de controle podendo retardar ou parar a curvatura antes da maturidade esquelética melhorando assim na fase adulta(Grosmann et al, 2018).

Existem três variantes da percepção de verticalidade: Teste da subjetiva visual vertical (SVV) que envolve a orientação da linha média utilizando o sistema visual(Ferreira, et al.,2016 e Zwergal A, et al 2009); Teste da subjetiva háptica vertical(SHV) que envolve a orientação vertical com base nas informações somatossensoriais(Perennou, et al, 2009; Piscicelli,2017) e Teste da subjetiva postural vertical (SPV) que engloba as informações da posição do tronco. (Cakrt et al., 2016) A percepção da verticalidade soma fatores multisensoriais dos sistemas visual, vestibular e somatosensorial. (Barra, Marquer, Joassin, et al.2010; Mittelstaedt ,1992) Surgem, então, questionamentos sobre como ocorre a percepção da verticalidade nessa população com escoliose.

Sabe-se que a percepção da verticalidade em EIA existe um mau funcionamento do sistema vestibular(Antoniadou et al, 2018). Alterações na orientação espacial do corpo e distúrbios de integração sensorial(Peng et al, 2020; Burwell et al, 2008) Alterações no controle da postura corporal pelo SNC, interações de hormônios no processo de crescimento, genes determinantes da célula e anormalidades dos músculos esqueléticos.(Bertucelli et al, 2023; Gargano et al, 2022).

Na literatura, estudos sobre controle postural e percepção da verticalidade utilizam instrumentação sofisticada, como plataformas de força, sensores e hastes, estimulação optocinética, roda motorizada, teste de "rod and frame", e plataforma rotativa monitorada. Contudo, esses equipamentos são frequentemente inacessíveis na prática clínica devido aos altos custos envolvidos.

Com base nessa breve introdução, destaca-se a necessidade premente de investigar mais a fundo os diversos aspectos do controle postural através de testes clínicos de fácil aplicação e baixo custo. A literatura atual carece de instrumentos como o MiniBESTest e o BESTest adaptados para crianças e adolescentes, bem como de métodos para avaliar aspectos da verticalidade, como o teste de Integração Sensorial, Subjetivas Verticais Visuais (teste do balde) e háptica (teste da caixa), especialmente em crianças saudáveis e com escoliose.

Podemos utilizar esse estudo para diversas aplicabilidades práticas clínicas com diferentes populações envolvendo distúrbios de: equilíbrio, controle postural e verticalidade.

2 ARTIGOS PRODUZIDOS

2.1 Artigo 01

ASSOCIAÇÕES ENTRE EQUILÍBRIO FUNCIONAL, INTEGRAÇÃO SENSORIAL E PERCEPÇÃO DE VERTICALIDADE EM ESCOLARES DURANTE PERÍODO CONTEXTUAL: DADOS PRELIMINARES

O desenvolvimento do controlo postural compreende a maturação do comportamento motor para a manutenção do alinhamento corporal e ajuste do tónus em relação à gravidade, superfície de apoio e posições segmentares (Horak, 1987). O controlo postural envolve uma aquisição multifatorial, representações internas, respostas e várias habilidades de experiências motoras: saltar, correr, chutar, lançar, receber, etc. (Sá, C. et al, 2018). Este processo de maturação do controlo postural termina por volta dos 8 aos 12 anos de idade (Gallahue e Ozmun 2003). E essa habilidade pode ser refinada diante de novas oportunidades e das demandas de ambientes mais complexos e imprevisíveis (Matthis et al., 2018). Desta forma, com base nos objetivos do desenvolvimento, Clark (1994) identificou seis períodos no desenvolvimento das habilidades motoras: (1) reflexivo, (2) pré-adaptado, (3) padrões fundamentais, (4) específico do contexto, (5) hábil e (6) compensação. A progressão é individualizada, mas segue um processo cumulativo e sequencial.

O desenvolvimento destas competências é importante para o trabalho posterior, fases; 4 e 5, onde são necessárias competências motoras específicas do contexto e hábeis. Seefeld (1980), afirma que a criança deve desenvolver adequadamente estas habilidades motoras, caso contrário terá dificuldade em combinar e modificar movimentos de habilidades especializadas. Espera-se que uma criança com um desenvolvimento mais típico faça a passagem para um período de contexto específico por volta dos 7 anos de idade.

O objetivo deste período é aprender a aplicar padrões de movimento fundamentais a uma variedade de situações restritas, nas quais as competências fundamentais de estabilização, locomoção e manipulação são refinadas, combinadas e elaboradas para utilização em situações exigentes. (Gallahue e Ozmun (2001). A passagem para a fase habilidosa tende a coincidir com o início da puberdade e com o surto de crescimento do adolescente, aproximadamente aos 11-

13 anos de idade. Os aumentos no tamanho do corpo, na força e nas emoções cognitivas que coincidem com a adolescência são restrições importantes que permitem a diferenciação entre condutores competentes e qualificados(Clark; Metcalfe, 2002)

Para Cuturi e Gori (2019) pouco se sabe sobre a interação do sistema de equilíbrio com as modalidades sensoriais neste processo ontogenético. Assim, questões interessantes podem ser exploradas neste estudo para o período específico do contexto: Quais são os valores de média, mínimo, máximo e desvio padrão do controlo do equilíbrio, da integração sensorial e da verticalidade, fornecidos por testes clínicos simples, para estas crianças? associadas? O comportamento dessas variáveis é semelhante ao descrito na literatura? Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o equilíbrio, a integração sensorial e a percepção de verticalidade em escolares em período de contexto específico para apresentar dados preliminares e analisar possíveis associações entre as variáveis.

Trata-se de um estudo transversal quantitativo, com uma amostra de conveniência com 23 escolares saudáveis entre 7 e 11 anos ($9,0 (\pm 2,1)$), sendo 8 do sexo feminino e 15 do sexo masculino, IMC $18,0 (\pm 2,4)$, destros, estudantes de uma cidade do interior de Minas Gerais/Brasil. Como critério de não inclusão: a presença de quaisquer desvios posturais. E critério de exclusão: a impossibilidade de realizar os testes propostos ou desistência durante a execução dos mesmos.

Variáveis demográficas: idade, sexo, índice de massa corporal (IMC) foram recolhidas através de uma entrevista.

Variável independente: controlo postural medido pelo Mini-Balance Evaluation Systems Test (Mini BESTest) e pelo Clinical Test of Sensory Integration of Adapted Balance (CTSIB)

Variáveis dependentes: percepção da verticalidade medida pelo Subjetivo Vertical Visual (SVV) e Subjetivo Vertical Tátil (SHV).

Os testes de controlo postural e de verticalidade foram aplicados numa sequência aleatória para minimizar as influências no desempenho.

Testes de controlo postural

a) O Balance Evaluation Systems Test (BESTest) tem como objetivo identificar alterações no equilíbrio funcional (Dewar et al., 2017). Uma versão reduzida (Mini BESTest) foi desenvolvida para facilitar o uso do instrumento (Franchignoni et al., 2010). Ela é composta por 14 questões do instrumento original

distribuídas em 4 domínios: Ajustes Posturais Antecipatórios (APA), questões 1 a 3 (somando 6 pontos); Resposta Postural Reativa (RCP), dada pelas questões 4 a 6 (somando 6 pontos); Orientação Sensorial (SO), questões 7 a 9 (somando 6 pontos); e Estabilidade da Marcha (DG), questões 10 a 14 (somando 10 pontos). Como cada tarefa é pontuada numa escala de três pontos, zero corresponde ao pior desempenho, e 2 pontos ao melhor desempenho, com uma pontuação total de 28 pontos (King & Horak, 2013).

b) O Teste Clínico de Integração Sensorial do Equilíbrio Adaptado (CTSIB) tem como objetivo fornecer informações sobre a capacidade do indivíduo de se adaptar e manter o equilíbrio corporal (Shumway-cook & Horak, 1986), buscando identificar a contribuição dos principais sistemas sensoriais envolvidos no equilíbrio (Steindl et al., 2006). O teste foi realizado numa superfície instável (espuma de densidade 28, com 7,5 cm de altura, 50 cm de comprimento e largura), inicialmente em 4 condições com os olhos abertos (OA) e 4 com os olhos fechados (CA), nas posições: bípede (B), Tandem (T), Single Left Leg Stance (SLL), Single Right Leg Stance (SLR). O participante tenta permanecer durante um máximo de 30 segundos em cada condição. Foram efectuados 3 ensaios em cada posição, tendo sido considerada a média.

Testes de verticalidade. Descrição baseada em Brito et al. (2023)

A) O teste de Subjetividade Visual Vertical (SVV) foi realizado utilizando um balde de plástico opaco com uma abertura superior a 25 cm, com uma fita de linha vermelha posicionada numa linha vertical no fundo do balde, alinhada com 0° de um inclinómetro digital (Clinometer App, Tue Nguyen Minh) alinhado com a verdadeira vertical da Terra e posicionado fora do balde. O participante foi instruído a colocar o rosto no balde e a olhar para a fita de linha vermelha. Para medir a VVS, o examinador rodou aleatoriamente o balde para a direita ou para a esquerda até uma posição final de aproximadamente 30° e depois rodou-o lentamente para a posição 0°. Foi pedido aos participantes que indicassem quando a linha vermelha atingia a posição vertical, pedindo ao examinador que parasse de mover o balde nesse ponto. Os participantes efectuaram seis repetições deste procedimento, três para a direita e três para a esquerda. A média da posição vertical percebida nas direcções direita e esquerda foi usada como valores finais (Ferreira et al., 2016; de Souza et al., 2021). Foram considerados valores absolutos e constantes (verdadeiros) de VVS (Piscicelli & Pérennou, 2017; Conceição et al., 2018; de Souza et al., 2021).

B) Para avaliar o subjetivo vertical háptico (SHV), utilizamos um dispositivo composto por uma caixa (diâmetro 18,5 × 18,5 × 30 cm) e uma haste circular (15 cm de comprimento e 2,5 cm de espessura). A haste foi montada no centro da caixa (de Souza et al., 2021). Vendamos os olhos do participante com uma máscara e permitimos que ele alcançasse a haste em cada tentativa, o examinador girava aleatoriamente a haste 30° para a direita ou para a esquerda. Os ajustes SHV foram registrados em seis ensaios, incluindo três ensaios para a direita e três para a esquerda. Os participantes eram então convidados a confirmar que tinham acabado de ajustar a posição da vara de modo a que esta fosse percebida como estando perfeitamente alinhada com a orientação vertical do alvo (Perennou et al., 2008). O SHV foi classificado em erros absolutos e constantes (verdadeiros) com base na percepção da haste pelo participante (Piscicelli & Pérennou, 2017; Conceição et al., 2018; de Souza et al., 2021).

Avaliámos a distribuição dos dados quanto aos pressupostos de normalidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Foi realizada uma matriz de correlação, utilizando o teste de Spearman, para calcular as correlações entre as variáveis de verticalidade (VVS absoluta e verdadeira, VSH absoluta e verdadeira) e todos os domínios de dois testes de equilíbrio. Os valores prováveis de significância estatística foram fixados em $p < 0,05$. Para a análise de correlação, foram consideradas as seguintes correlações: muito fraca (r : 0,0 a 0,19), fraca (0,2 a 0,39), moderada (0,40 a 0,59), forte (0,60 a 0,79) e muito forte ($>0,80$) (Evans, 1996). A análise estatística foi efectuada utilizando o software Prisma 8.3 (GraphPad Software, San Diego, CA, EUA).

Os dados normativos preliminares para todos os instrumentos são apresentados no Quadro 1.

Tabela 1- Valores médios, mínimos, máximos e desvios-padrão dos testes de equilíbrio e verticalidade

<i>SVV/SHV</i>	<i>Mini BESTest</i>	CTSIB
SVV D: 4,09 (0,80 - 21,80) $\pm$ 4,40	APA: 5,78 (4 – 6) $\pm$ 0,53	B-OA: 30 (30-30) $\pm$ 0
SVV E: 3,30 (0,60 - 14,20) $\pm$ 2,85	RCP: 5,90(4 – 6) $\pm$ 0,43	T-OA: 26,36 (12,12 – 30) $\pm$ 6,62

SHV D: 3,98 (1,00 - 10,60) $\pm$ 2,97	SO: 5,90(5 – 6) $\pm$ 0,29	SLL-OA: 19,62(3,22 – 30) $\pm$ 9,14
SHV E: 3,55 (1,20 - 11,40) $\pm$ 2,34	DG: 8,77(5 – 10) $\pm$ 1,44	SLR-OA: 19,17(3,31 – 30) $\pm$ 9,07
		B-CA: 29,66 (23,33- 30) $\pm$ 1,42
		T-CA: 20,58 (4,13 -30) $\pm$ 7,95
		SLL-CA: 7,16 (1,92 -14,25) $\pm$ 3,51
		SLR-CA: 6,95 (1,93 -23,10) $\pm$ 5,39

Tabela 1: Subjectiva vertical visual e háptica (VVS e SVH), mini best (ajustes posturais antecipatórios (APA), controlo postural reativo (PCR), orientação sensorial (SO), marcha dinâmica (GD) e teste de integração sensorial clínica: bípede com os olhos abertos (B-OA), Tandem com os olhos abertos (T-OA), Postura de perna única esquerda com os olhos abertos (SLL-OA), Postura de perna única com os olhos abertos (SLR-OA), bípede com os olhos abertos fechados (B-CA), Tandem com os olhos fechados (T-CA), Postura de perna única esquerda com os olhos fechados (SLL-Ca), Postura de perna única direita com os olhos fechados (SLR- CA).

Houve correlação moderada negativa entre SHV-R absoluto e T-OA ($r = -0,55$; $p = 0,006$) (Figura 1A); correlações moderadas negativas entre SHV-R verdadeiro e APA ($r = -0,45$; $p = 0,031$); SHV-R verdadeiro e marcha dinâmica ($r = -0,43$; $p = 0,043$); SHV-R verdadeiro e MBT total ($r = -0,46$; $p = 0,029$) (Figura 1B). E, também, houve uma associação negativa muito forte entre SLR-OA e SO ($r = -0,83$; $p = 0,005$); e uma associação negativa forte entre marcha dinâmica B-CA ($r = -0,70$; $p = 0,031$) (Figura 1C).

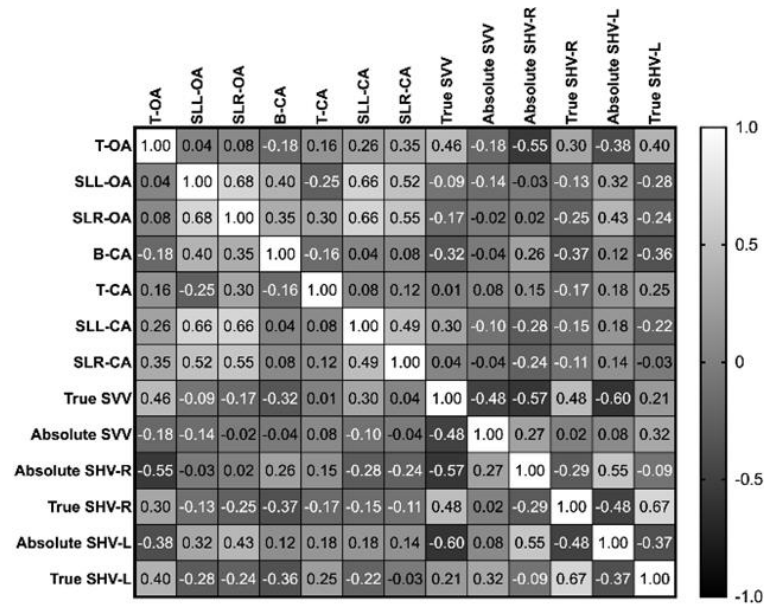


Figura 1A - Associação entre o teste clínico de integração sensorial de equilíbrio adaptado e os testes de verticalidade.

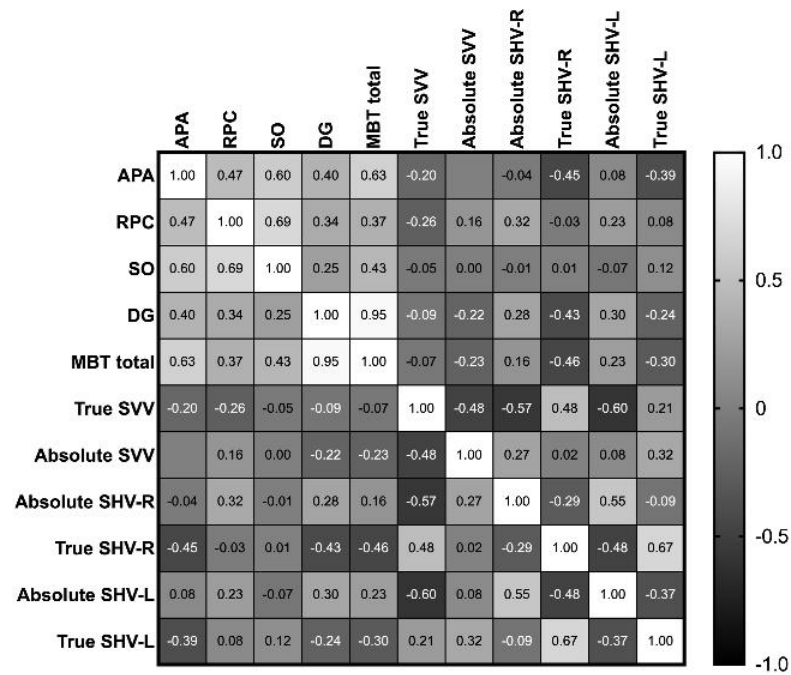


Figura 1B- Associação entre o Mini BESTest e os testes de verticalidade.

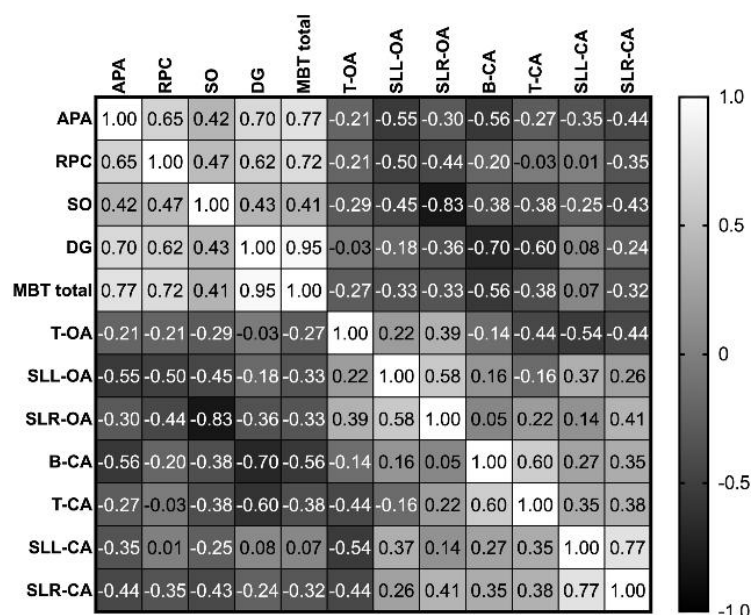


Figura 3C- Associação entre o teste clínico de equilíbrio adaptado de integração sensorial e o mini-teste

Avaliámos a distribuição dos dados quanto aos pressupostos de normalidade utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Foi realizada uma matriz de correlação, utilizando o teste de Spearman, para calcular as correlações entre as variáveis de verticalidade (VVS absoluta e verdadeira, VSH absoluta e verdadeira) e todos os domínios de dois testes de equilíbrio. Os valores prováveis de significância estatística foram fixados em $p < 0,05$. Para a análise de correlação, foram consideradas as seguintes correlações: muito fraca (r : 0,0 a 0,19), fraca (0,2 a 0,39), moderada (0,40 a 0,59), forte (0,60 a 0,79) e muito forte ($>0,80$) (Evans, 1996). A análise estatística foi efectuada utilizando o software Prisma 8.3 (GraphPad Software, San Diego, CA, EUA)

Foram apresentados dados preliminares de crianças com desenvolvimento típico em período de contexto específico para servirem de linha de base a estudos futuros em diversas populações e também foram encontradas associações importantes entre a percepção vertical e variáveis de equilíbrio. Destacamos o uso de testes clínicos simples, que poderiam ser aplicados em diversos ambientes, sem tecnologia. Tentámos incluir testes que compreendessem múltiplas tarefas e que avaliassem frequentemente múltiplos sistemas de controlo postural. Alguns valores apresentados neste estudo são diferentes dos valores dos adultos, como seria de esperar, uma vez que estas crianças podem ser classificadas como competentes

mas ainda não como hábeis (Clark, Metcalfe, 2002), considerando aqui apenas as variáveis de controlo do equilíbrio e percepção da verticalidade. Os erros de VVS nestas crianças foram maiores em relação aos adultos, mas um facto curioso é que existe uma boa precisão nos dados de VSH, com valores inferiores aos dos adultos (Perennou et al., 2008). Parece que o SHV é predominante nestas crianças em período de contexto específico, o que pode contribuir para a boa associação com o BBT total e alguns subescores.

Desta forma, para os valores de verticalidade, Steindl et al. assumem que os sistemas aferentes visuais e vestibulares atingem um nível adulto apenas aos 15-16 anos (Steindl et al., 2006). Em relação à subjetividade vertical visual, nas crianças dos 7 aos 12 anos de idade, observa-se a dependência visual, porque dependem mais do quadro de referência visual para processar as pistas de orientação espacial. Mas essa influência visual diminui com a idade, sem atingir os valores esperados para adultos (Bagust et al., 2013). Para entender as diferenças entre os valores SVV e SHV, Fraser, Makooie, Harris (2015) argumentaram sobre a existência de duas representações separadas, mas interativas, da gravidade: uma ligada à informação transduzida pela cabeça (sistema vestibular) e outra, pelo corpo (somatossensação, gravicepção somática), reforçando que a percepção da gravidade pode ser representada tanto por SVV quanto por SHV.

E para o controlo do equilíbrio, Charpiot et al (2010) sugerem que o controlo do equilíbrio ainda está em maturação entre os 6 e os 12 anos, especialmente devido a uma melhoria na utilização de inputs vestibulares e visuais. Verbecque, Vereeck e Hallemans (2016), usando posturografia estática, definiram valores referenciais de acordo com a idade. Eles também discutem a não linearidade no desenvolvimento do controle postural e comentam sobre possíveis pontos de inflexão com diferentes comportamentos motores observados antes e depois de algumas idades. Em crianças com 8 anos, houve menos oscilação do que em crianças mais novas (Stambolieva et al., 2012) e crianças com 13 anos parecem alcançar respostas de equilíbrio semelhantes às do adulto em postura bípede natural (Ferronato & Barela, 2011). Enquanto o processo de maturação somatossensorial progride na primeira infância, tanto o processamento sensorial como as estratégias de controlo da postura se desenvolvem (Woollacott & Shumway-Cook, 1990; Foudriat et al., 1993; Polastri & Barela, 2013). A partir dos sete e dos oito anos, inicia-se o período de maturação durante o qual a integração somatossensorial

amadurece. De acordo com Charpiot et al (2010), todas as entradas sensoriais amadurecem progressivamente durante a infância, resultando num melhor controlo postural global. A sensação somestésica é a função mais precoce a amadurecer, enquanto as funções vestibulares e visuais amadurecem progressivamente até aos 12 anos, pelo menos.

Sobre o instrumento utilizado no presente estudo, Dewar et al (2017) mostra que o MiniBESTest pode discriminar as habilidades de controlo postural em crianças com desenvolvimento típico, com uma boa reprodutibilidade. Sobre o uso do CTSIB, Shumway-Cook e Horak (1986) afirmam que esse método por si só não representa uma abordagem abrangente para a avaliação do equilíbrio, mas deve ser visto como um complemento às técnicas clínicas usadas para avaliar a instabilidade postural. Alguns autores exploraram o uso de testes de verticalidade em crianças, principalmente o SVV (Toupet et al., 2016). Não foram encontrados mais detalhes sobre as características psicométricas desses testes na população infantil.

Em relação às associações moderadas, a percepção háptica foi mais precisa nas crianças que permaneceram mais tempo na postura em tandem, bem como naquelas com melhores pontuações em ajustes antecipatórios, marcha dinâmica e pontuação total no MBT. Estes resultados reflectem a ligação entre a percepção háptica da verticalidade e aspectos importantes do equilíbrio. Os ajustes antecipatórios estão a desenvolver-se nesta população e a noção correcta de verticalidade parece ser parte integrante desta aquisição. Além disso, a maturação dos ajustes posturais antecipatórios (APAs) em pé será mais tardia do que a janela de 7 a 10 anos de idade (Girolami et al., 2010). Da mesma forma, o comportamento da verticalidade na percepção háptica teve ou teve impacto na marcha, o que significa uma tarefa de equilíbrio inconstante e também a capacidade de permanecer em posturas mais desafiantes, como o tandem.

Os resultados não esperados foram a associação negativa muito forte entre SLR-OA e SO e a associação negativa forte entre marcha dinâmica e B-CA. Tentámos explicar estes resultados com algumas inferências, embora possam ocorrer ao acaso. Talvez, esta primeira associação esteja a indicar que as crianças com fraca orientação sensorial, utilizaram outras estratégias, ou compensações biomecânicas para se manterem em posição unipodal durante mais tempo, com sucesso. A segunda associação pode significar que a habilidade de marcha envolve o uso do sentido visual, portanto não é explorando condições sem visão como no

teste B-CA, que se pode obter boa pontuação (Koren et al., 2022). Além disso, a posição bípede, mesmo com os olhos fechados, é uma condição mais segura e estável, comparada com a marcha em geral (Koren et al., 2022; Tomomitsu et al., 2013).

Como limitações do estudo podemos incluir o número de crianças, a faixa etária, a perda de controlo pelos testes de posturografia. Mas isso não comprometeu a importância de todos os dados aqui apresentados. Pudemos abordar o uso de informações sensoriais e explorar um pouco sobre o desenvolvimento da integração sensório-motora em crianças, devido às diversas condições utilizadas, como visão, háptica, base de apoio e efeitos de superfície. Destacamos também a facilidade de aplicação de testes clínicos simples e adaptados a diversos ambientes, em cada prática rotineira.

Apresentámos dados preliminares sobre o equilíbrio funcional, a integração sensorial e a percepção da verticalidade em crianças com desenvolvimento típico em período de contexto específico e encontrámos uma associação importante entre a percepção háptica da verticalidade e os testes de equilíbrio postural.

REFERÊNCIAS

- Bagust, J., Docherty, S., Haynes, W., Telford, R., & Isableu, B. (2013). **Changes in Rod and Frame Test Scores Recorded in Schoolchildren during Development – A Longitudinal Study.** *PLoS ONE*, 8(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065321>
- Brito, T. S. S., Moraes, R., de Souza, L. A. P. S., & Luvizutto, G. J. (2023). **Effect of the haptic anchors during balancing and walking tasks in older adults: A systematic review.** *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 35, 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.04.035>
- Charpiot, A., Tringali, S., Ionescu, E., Vital-Durand, F., & Ferber-Viart, C. (2010). **Vestibulo-Ocular Reflex and Balance Maturation in Healthy Children Aged from Six to Twelve Years.** *Audiology and Neurotology*, 15(4), 203–210. <https://doi.org/10.1159/000255338>
- Charpiot, A., Tringali, S., Ionescu, E., Vital-Durand, F., & Ferber-Viart, C. (2010). **Vestibulo-Ocular Reflex and Balance Maturation in Healthy Children Aged from Six to Twelve Years.** *Audiology and Neurotology*, 15(4), 203–210. <https://doi.org/10.1159/000255338>

Clark J.E., Metcalfe J.S (2002). **The mountain of motor development: A metaphor**, In: Clark JE, Humphrey J, editors. *Motor development: Research and reviews*, 2, 163–190.

Conceição, L. B., Baggio, J. A. O., Mazin, S. C., Edwards, D. J., & Santos, T. E. G. (2018). **Normative data for human postural vertical: A systematic review and meta-analysis**. *PLOS ONE*, 13(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204122>

Cuturi, L. F., & Gori, M. (2019). **Biases in the Visual and Haptic Subjective Vertical Reveal the Role of Proprioceptive/Vestibular Priors in Child Development**. *Frontiers in Neurology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.01151>

de Souza, L. A. P. S., Ferreira, L. R., Bitencourt, A. C.S., Bazan, R., & Luvizutto, G. J. (2021). **Visual and haptic verticality misperception and trunk control within 72 h after stroke**. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 27, 676–681. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.05.005>

Dewar, R., Claus, A. P., Tucker, K., Ware, R., & Johnston, L. M. (2017). **Reproducibility of the Balance Evaluation Systems Test (BESTest) and the Mini-BESTest in school-aged children**. *Gait & Posture*, 55, 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.04.010>

Evans, J.D. (1996). ***Straightforward statistics for the behavioral sciences***. Brooks/Cole Pub. Co.

Ferreira M. M., Cunha F., Ganança C. F., Ganança M. M., Caovilla H. H. (2016) **Subjective visual vertical with the bucket method in Brazilian healthy individuals**. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology* 82(4): 442–446.

Ferronato, P. A. M., & Barela, J. A. (2011). **Age-Related Changes in Postural Control: Rambling and Trembling Trajectories**. *Motor Control*, 15(4), 481–493. <https://doi.org/10.1123/mcj.15.4.481>

Foudriat, B. A., Di, R. P., & Anderson, J. R. (1993). **Sensory organization of balance responses in children 3–6 years of age: a normative study with diagnostic implications**. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 27(3), 255–271. [https://doi.org/10.1016/0165-5876\(93\)90231-q](https://doi.org/10.1016/0165-5876(93)90231-q)

Franchignoni, F., Horak, F., Godi, M., Nardone, A., & Giordano, A. (2010). **Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation Systems Test: the mini-BESTest**. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 42(4), 323–331. <https://doi.org/10.2340/16501977-0537>

Fraser LE, Makooie B, Harris LR (2015) **The Subjective Visual Vertical and the Subjective Haptic Vertical Access Different Gravity Estimates**. *PLOS ONE* 10(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145528>

- Girolami, G. L., Shiratori, T., & Aruin, A. S. (2010). **Anticipatory postural adjustments in children with typical motor development.** *Experimental Brain Research*, 205(2), 153–165. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2347-7>
- King, L., & Horak, F. (2013). **On the Mini-BESTest: Scoring and the Reporting of Total Scores.** *Physical Therapy*, 93(4), 571–575. <https://doi.org/10.2522/ptj.2013.93.4.571>
- Koren, Y., Mairon, R., Sofer, I., Parmet, Y., Ben-Shahar, O., & Bar-Haim, S. (2022). **Vision, cognition, and walking stability in young adults.** *Scientific Reports*, 12(1), 513. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04540-w>
- Matthis, J. S., Yates, J. L., & Hayhoe, M. M. (2018). **Gaze and the Control of Foot Placement When Walking in Natural Terrain.** *Current Biology*, 28(8), 1224–1233.e5. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.03.008>
- Perennou G, Mazibrada, V, Chauvineau R, Greenwood. J, Rothwell MA, Gresty AM, Bronstein L. **Pushing and verticality perception in hemisphere stroke: A causal relationship?** *Brain*. 2008; 2401–2413.
- Perennou D. A., Mazibrada G., Chauvineau V., Greenwood R., Rothwell J., Gresty M. A., Bronstein A. M. (2008) **Lateropulsion, pushing and verticality perception in hemisphere stroke: A causal relationship?** *Brain* 131: 2401–2413.
- Piscicelli, C., & Pérennou, D. (2017). **Visual verticality perception after stroke: A systematic review of methodological approaches and suggestions for standardization.** *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 60(3), 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.02.004>
- Polastri, P. F., & Barela, J. A. (2013). **Adaptive Visual Re-Weighting in Children's Postural Control.** *PLoS ONE*, 8(12), e82215. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082215>
- Stambolieva K., Marinov E., Kolev O., Gatev P. (2012). **Age- and gender-related changes in the postural stability of healthy children.** *Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences* 65(5):623-630
- Steindl, R., Kunz, K., Schrott-Fischer, A., & Scholtz, A. (2006). **Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control.** *Developmental Medicine & Child Neurology*, 48(06), 477. <https://doi.org/10.1017/s0012162206001022>
- Tomomitsu, M. S. V., Alonso, A. C., Morimoto, E., Bobbio, T. G., & Greve, J. M. D. (2013). **Static and dynamic postural control in low-vision and normal-vision adults.** *Clinics*, 68(4), 517–521. [https://doi.org/10.6061/clinics/2013\(04\)13](https://doi.org/10.6061/clinics/2013(04)13)
- Toupet, M., Van Nechel, C., & Grayeli, A. B. (2016). **Maturation of Subjective Visual Vertical in Children.** *Otology & Neurotology*, 37(6), 761–766. <https://doi.org/10.1097/mao.0000000000001044>
- Verbecque, E., Vereeck, L., & Hallemans, A. (2016). **Postural sway in children: A literature review.** *Gait & Posture*, 49, 402–410.

<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.08.003>

Woollacott, M. H., & Shumway-Cook, A. (1990). **Changes in Posture Control Across the Life Span—A Systems Approach.** *Physical Therapy*, 70(12), 799–807. <https://doi.org/10.1093/ptj/70.12.799>

2.2 ARTIGO 2

EQUILÍBRIO E VERTICALIDADE NA ESCOLIOSE

Escoliose idiopática do adolescente (EIA) é uma deformidade tridimensional da coluna vertebral que se desenvolve em adolescentes saudáveis, com prevalência de 0,47 a 5,2% em idades entre 11 a 16 anos(Konieczny et al, 2013). Garotas são mais afetadas do que garotos, sendo que 3 a cada 1000 necessitam de tratamento específico. Isso devido as curvas aumentarem a uma taxa constante e que coincide com o surto de crescimento entre 10 a 12 anos e esse crescimento corresponde a uma apófise de risser com ossificação de 4 a 5. (John and Lonstein,1994)

Risser e Ferguson(1936), ajudou a desenvolver métodos radiográficos dos quais são utilizados até hoje para avaliar a escoliose. Ferguson desenvolveu um método angular para a medição do raio do qual foi importante para Risser na observação da crista ilíaca. Em 1936 eles descreveram que a progressão da curva da escoliose em pacientes não tratados havia um crescimento lento e gradual da curva nas idades entre 5 a 10 anos e crescimento acelerado e deformidade entre 10 a 15 anos.

Em 1958 Risser descreveu o sinal de Risser para avaliar o crescimento vertebral e prever as curvaturas de escoliose se progrediam no crescimento em crianças, porém ele notou que as placas de crescimento na coluna não são facilmente visíveis mas que auxiliariam para avaliar o crescimento da coluna. Ele observou que a ossificação da apófise ilíaca coincidia com as placas vertebrais. Essa fixação era um excelente sinal fisiológico na identificação do crescimento da coluna vertebral. Há uma escala de notas que avalia o Risser que é definida como: grau zero não ossificação e o grau 5 é quando começa a asa da apófise ossificada a se fundir com a asa na extremidade superior continuando até todo o processo de fusão da apófise até 2 anos (fusão completa da apófise com o ílio sendo a asa ilíaca dividida em quartos sendo 4 primeiros graus(1,2,3,4) da apófise. Risser 1: ossificação no 1º terço anterior; Risser 2: ossificação estendendo-se até o segundo terço; Risser 3: ossificação de toda a apófise; Risser 4: início da fusão da apófise ao ílio pósterio medialmente(Risser e Ferguson, 1936).

É sabido que o estirão de crescimento possui uma relação com o aumento da escoliose(Lounstein, 1994). Se a progressão da escoliose não for tratada e

prevenida com a finalidade de melhorá-la pode levar a problemas como limitações na função biomecânica do tórax, alterações na postura corporal e deficits na estabilidade postural(Larni, et al, 2022). Algumas condições severas dessa deformidade podem prejudicar a funcionalidade pulmonar e levar a incapacidade na meia idade. A EIA é multifatorial que envolve fatores genéticos, teciduais, hormonais neurosensoriais e biomecânicos. No tratamento corretivo da escoliose dos quais são exercícios específicos inclui o tratamento Schroth que são: autoalongamento, deflexão, depreciação, respiração rotacional e estabilização(Catanzariti et al, 2014)

A fisiopatologia da EIA não é muito compreendida, estudos revelam que pode estar associada a um viés de percepção da vertical gravitacional(GV), um mal funcionamento do sistema vestibular(Le Berre et al., 2019). O controle da posição em pé em seres humanos é organizado em torno de uma referência estável da vertical gravitacional(Barra et al, 2010). E para que se tenha a percepção da vertical gravitacional é preciso que as sensações vestibulares, visuais e somestésicas se integrem(Barra e Perennou, 2013).

A percepção da GV envolve um processo ascendente onde integra informações multissensoriais das vias aferentes vestibulares, visuais e somestésicas e um processo descendente do qual utiliza os mecanismos cognitivos a partir da sua autoimagem e as representações espaciais. O processo ascendente e descendente juntos faz com que há construções mentais e modelos internos sobre a verticalidade fazendo com que à uma percepção da orientação do sentido da verticalidade. Nesse sentido faz com que tenha uma elaboração de representações mentais da posição do corpo e seus segmentos(Le Berre et al, 2019).

O sistema de controle postural implica na orientação corporal que tem como função estabilizar a postura corporal através das informações das vias aferentes visuais, vestibulares e proprioceptivas(Barra et al, 2010). Indivíduos como os adolescentes utilizam essas informações para manter a postura ereta. Por assim dizer o sistema de orientação do cérebro afeta o controle da estabilização da postura corporal(Saj et al., 2005).

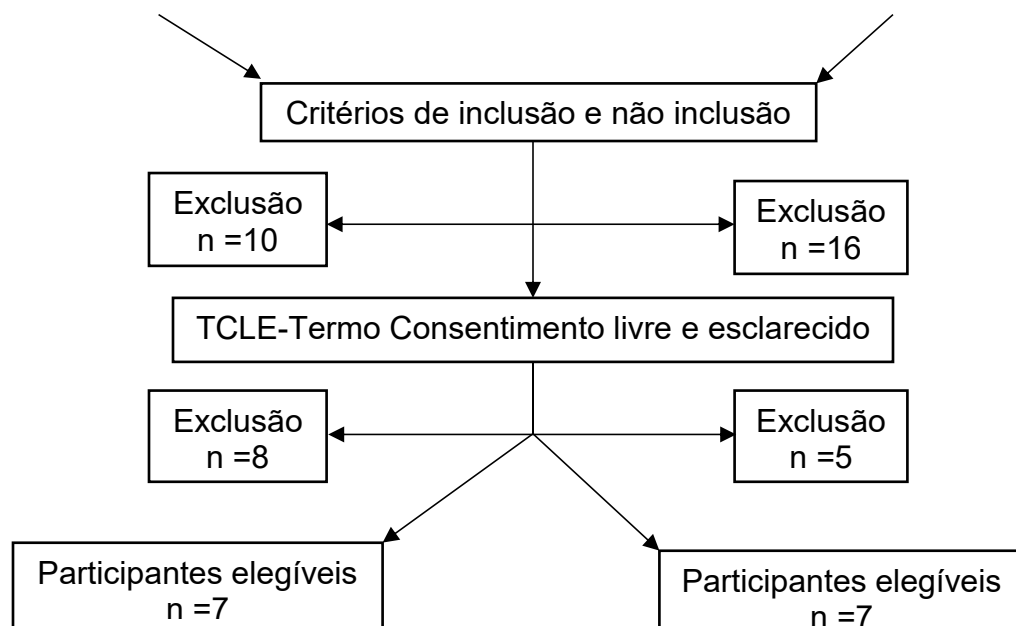
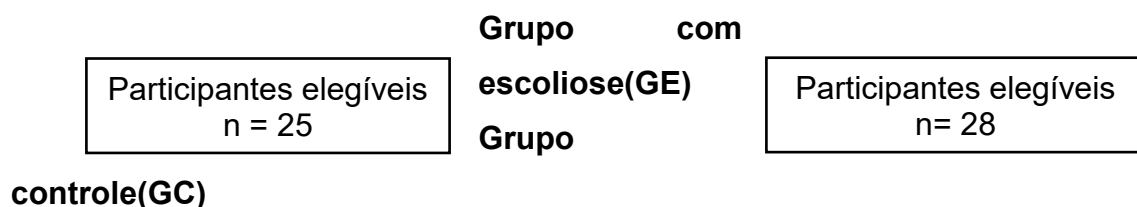
O controle da posição em pé é organizado em torno de uma referência estável que é a vertical gravitacional(Catanzariti, 2022). A percepção da vertical gravitacional depende das verticais visuais e posturais que são necessárias para que se tenha uma postura ereta. Quando a percepção é perturbada como atividades que visam o equilíbrio causa problemas de controle postural(Yagci et al., 2018).A

verticalidade é a capacidade de julgar uma linha, um objeto ou corpo se está alinhado verticalmente com o solo. Envolve uma combinação de fatores multissensoriais dos sistemas: visual, sensorial, vestibular e somatosensorial(Assaiante et al., 2013; Barra et al, 2010) Na EIA foram documentadas percepções visoespaciais prejudicadas, alterações na orientação espacial e déficits de integração sensorial(Paramento et al, 2024).

Diante dessa explanação algumas questões podem ser levantadas: Qual a importância de se investigar o controle postural e as subjetivas verticais nos EIAS? Será apenas uma alteração mecânica ou a percepção do corpo e as noções de endireitamento também ficam alteradas frente a escoliose? Isso poderia impactar no equilíbrio?

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o equilíbrio e a verticalidade por meio de testes clínicos de fácil aplicabilidade e baixo custo em indivíduos com diagnóstico EIAS, comparando com o GC. Um segundo objetivo foi correlacionar os domínios do BESTest e as subjetivas verticais (visual e háptica) na caracterização dos grupos.

É um estudo transversal comparativo entre grupo



Legenda: Fluxograma de participantes da pesquisa GE e GC.

Segundo o fluxograma participaram deste estudo um total de 53 crianças e adolescentes sendo que alguns deles foram excluídos segundo os critérios de inclusão e exclusão, permanecendo 15 no GE e 12 no GC, e ainda houve desistência na participação onde não tiveram interesse em participar sendo 8 no GE e 5 no GC, portando fixou um total de 14 sujeitos, sendo 7 grupo escoliose(GE), e 7 grupo controle(GC). Ambos eram constituídos por amostras de conveniência do município de Uberaba/Minas Gerais, acompanhados no ambulatório Maria da Glória da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) ou encontrados por meio de mídias sociais. Todos(crianças e seus responsáveis) leram, foram orientados e assinaram o Termo de consentimento Livre e esclarecido para participação na pesquisa.

Foram coletados os seguintes dados demográficos/antropométricos: idade, sexo, peso, altura e IMC durante a realização do teste. O ângulo de rotação do tronco foi avaliado no GC a partir do teste clínico de Adams, onde indivíduo faz uma flexão de tronco no qual fica alinhado com o solo (Kuznia et al, 2020) e em seguida utiliza um instrumento chamado escoliômetro que o avaliador desliza sobre toda a coluna vertebral para verificar se há a existência de escoliose ou não.

Como critérios de inclusão para o GE foi considerado: diagnóstico de EIA, faixa etária entre ≥ 10 e ≤ 16 anos, de ambos os sexos, ângulo de Cobb radiográfico $\geq 11^\circ$ (Cobb, 1948), sinal de Risser entre 0 a 5, que estivesse realizando exercícios específicos ou não para escoliose. E, como critérios de exclusão para o GE: apresentar alguma contraindicação para a realização de exercícios que visam o equilíbrio, distúrbio de saúde mental, presença de doenças neuromusculares ou reumáticas, histórico de cirurgia da coluna vertebral e uso de coletes. A caracterização do GE pode ser vista na tabela 1.

Já para o GC, considerou-se os seguintes critérios de inclusão: crianças e adolescentes hígidos, sem quadros neuromusculares ou musculoesqueléticos, E, como critérios de exclusão: apresentar alguma contraindicação para a realização de

exercícios que visam o equilíbrio, distúrbio de saúde mental, doenças neuromusculares ou reumática. A caracterização do GC pode ser vista na tabela 2.

Tabela 1 – Caracterização do grupo com escoliose(GE)

GE	Idade (anos)	IMC	Sexo	Lateralidade	Nível de escoliose	Ângulo de Cobb		Sinal de Risser
						Torácica	Lombar	
1	14	19,33	1	1	T e L	34°	23°	2
2	14	16,56	1	1	T e L	26°	32°	2
3	15	20,57	2	1	T e L	15°	8°	1
4	14	14,63	2	2	T e L	26°	17°	1
5	12	19,53	1	1	T e L	45°	33°	1
6	12	19,93	1	1	T e L	21°	23°	1
7	10	14,09	2	2	L		11°	1

Legenda: Sexo: Feminino(F) = 1; Masculino(M) = 2; Exercício físico: Sim = 1 e Não = 2; Nível de escoliose: Torácica(t) e Lombar(L); Classificação da escoliose: 10 a 25°: leve = 1; 25 a 45°: moderada = 2; > 45: severa = 3; Sinal de risser: 1,2,3 = 1 com maturação óssea e 4,5 = 2 sem maturação óssea.

Tabela 2 – Caracterização do grupo controle(GC)

GC	Idade(anos)	IMC	Sexo	Lateralidade
1	15	20,54	1	1
2	15	18,77	1	1
3	15	22,98	2	1
4	13	15,05	2	1
5	13	24,7	1	1
6	14	19,6	1	1
7	11	22,88	2	1

Legenda: Sexo: Feminino(F) = 1; Masculino(M) = 2; Exercício físico: Sim = 1 e Não = 2

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) aprovou este estudo, CAAE: CAAE:03824318.3.0000.5154. A adesão dos participantes somente foi feita mediante a assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), pelos pais ou responsáveis por serem menores de idade.

Para determinar o grupo com escoliose(GE) foi necessário que todos os participantes desse grupo realizassem o raio x para detecção do ângulo de curvatura da escoliose na identificação e para determinar o grau de curvatura(ângulo de cobb), bem como o sinal de risser. Com o apoio dos fisioterapeutas e médicos especialistas do ambulatório Maria da Glória onde foi realizado uma parceria, localizado na cidade de Uberaba/ MG, onde são ofertados tratamentos gratuitos de fisioterapia na área de

ortopedia em que uma das finalidades é atender esse público com escoliose, realizou todos os raio x dessas crianças e adolescentes e a análise das imagens foram realizadas por um só avaliador que é profissional médico especialista na área de coluna vertebral capacitado para que não houvesse divergência de análises interavaliadores. Utilizou-se o software surgemap spine para mensurar o ângulo de cobb e o sinal de risser(Elfiky et al, 2020).

A pesquisa foi realizada numa clínica de avaliação física localizada no centro da cidade de Uberaba/ MG. Os participantes foram convidados a irem à esse local para a realização dos testes em dias e horários disponíveis à eles. O contato foi feito mediante meio de comunicação(telefone). A coleta dos testes foi realizada somente em um dia. No dia da aplicação dos testes foi dito à eles que eles iriam realizar atividades que exigiam equilíbrio e capacidade de julgamento de objeto com referência vertical de forma tátil e visual, posteriormente foi entregue o Termo de Consentimento Livre e esclarecido onde seus pais ou responsáveis legais tiveram que assinar. Em seguida foi realizado 3 testes dividindo em 3 partes com aplicação dos testes: 1º Aplicação do questionário BESTest; 2º Foram coletados os dados da Subjetiva Vertical Visual (SVV); 3º Foram coletados os dados da Subjetiva Vertical Háptica (SVH).

O Balance Evaluation Systems Test (BESTest) é um instrumento que foi criado por Horak e Frank com o objetivo de ajudar na identificação de alterações do equilíbrio funcional(Horak et al, 2009). Esse teste visa atingir seis tipos de sistemas de equilíbrio. Ele consiste em 27 itens do instrumento original, sendo apresentado em 6 sistemas: I- Restrições biomecânicas(RB) identificados da questão 1 a 5 (somando 15 pontos); II- Limites de Estabilidade(LE) dado pelas questões 6 a 8 (somando 9 pontos); III- Transições: Ajustes Posturais Antecipatórios(APA) dados pelas questões 9 a 13 (somando 18 pontos); IV- Respostas Posturais Reativas(RPR) dado pelas questões 14 a 18 (somando 18 pontos); V- Orientação Sensorial(OS) dado pelas questões 19 e 20 (somando 15 pontos) e VI- Estabilidade na Marcha(EM) dado pelas questões 21 a 27 (somando 21 pontos). Como cada tarefa é pontuada em uma escala de três pontos, zero corresponde o pior desempenho, e 3 pontos o melhor desempenho, sendo que a pontuação total é de 108 pontos(Horak et al 2009)

O teste Visual Subjetivo Vertical (SVV) foi realizado utilizando-se um balde de plástico opaco com abertura maior que 25 cm, com uma fita vermelha posicionada em uma linha vertical no fundo do balde, alinhada a 0° de um

inclinômetro digital (Clinometer App, Tue Nguyen Minh) alinhado à verdadeira vertical da terra e posicionado fora do balde. O participante foi instruído a ficar sentado e a colocar o rosto no balde e olhar para a fita vermelha. Para medir a SVV, o examinador girou aleatoriamente o balde na direção direita ou esquerda até uma posição final e aproximadamente 30° e depois girou-o lentamente em direção à posição 0°. Os participantes foram solicitados a indicar quando a linha vermelha atingia a posição vertical, solicitando ao examinador que parasse de mover o balde naquele ponto. Os participantes realizaram seis repetições desse procedimento, três para a direita e três para a esquerda. A média da posição vertical percebida nas direções direita e esquerda foi utilizada como valor final(Ferreira et al, 2016; Ferreira et al., 2021).(Figura 1).

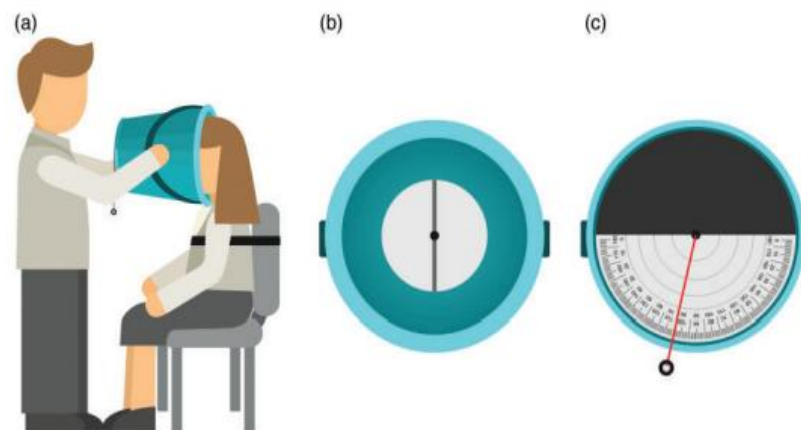


Figura 1. Aplicando o método do balde, (b) vista do tape fluorescente do botão de dentro do balde e (c) vista de dentro do botão do balde. Fonte: Luvizutto GJ, Brito TS, Neto EM, Souza LA. Altered Visual and Proprioceptive Spatial Perception in Individuals with Parkinson's Disease. Perceptual and Motor Skills. 2019.

Para a avaliação da Subjetiva Vertical Háptica foi utilizada uma caixa (diâmetro 18,5 x 18,5 x 30 cm) com uma haste circular de 15 cm de comprimento e 2,5 cm de espessura. Essa haste foi colocada no centro da caixa que podia ser girada a 360° em torno do seu eixo central. O dispositivo experimental(a caixa) foi posicionado na parte frontal a uma distância de 40 cm do participante. A altura da haste foi ajustada de acordo com a altura do participante sentado com o nível do cotovelo. Durante o teste, os participantes estavam sentados na cadeira com os olhos vendados utilizando uma máscara e foram posicionados afim de alcançar o

centro da haste para que ficasse ao nível do cotovelo em 90° e os braços ao longo do corpo. Eles foram orientados a realizarem o teste com a mão dominante. As luzes foram apagadas durante o teste. Cada tentativa realizada pelo participante o examinador girava aleatoriamente a haste a 30° para a direita ou esquerda. Foram realizadas 10 tentativas sendo cinco tentativas para a direita e cinco para a esquerda. Foi solicitado aos participantes que confirmassem quando a haste estivesse perfeitamente alinhada com a orientação vertical(Da Pérennou et al, 2008). A avaliação da precisão do teste foi a diferença entre a posição final da haste com a verdadeira vertical (Figura 2).



Figura 2. Aplicando o teste de subjetiva vertical háptica. Fonte: Luvizutto GJ, Brito TS, Neto EM, Souza LA. Altered Visual and Proprioceptive Spatial Perception in Individuals with Parkinson's Disease. Perceptual and Motor Skills. 2019.

Os resultados dos testes da subjetiva vertical visual (SVV), e da subjetiva háptica visual(SHV) foram considerados positivos quando os valores ultrapassassem o valor de zero graus e quando negativos quando não ultrapassassem.

Para análise estatística aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk afim de verificar a normalidade dos dados. Como obedeceram à normalidade optou-se por utilizar testes paramétricos. Os dados de estatística descritiva foram apresentados em média, desvio padrão, erro padrão valores mínimos, máximos e porcentagens. Foi utilizado o teste t de student e a correlação de Pearson. Para a análise de correlação

foram considerados os seguintes valores: muito fraca ($R= 0,0$ a $0,19$), fraca ($R=0,2$ a $0,39$), moderada ($R=0,40$ a $0,59$), forte ($R=0,60$ a $0,79$) e muito forte ($>0,80$) (Evans, 1996). A análise estatística foi realizada utilizando o software Statistica 7.0.

Os dados de caracterização de cada grupo já foram apresentados nas Tabelas 1 e 2. Os grupos se mostraram homogêneos quanto a idade, sexo e IMC (Tabela 3)

Tabela 3- Caracterização da amostra: idade e IMC

	Grupo (EIA)	Grupo (C)	p
Idade(anos)	13($\pm 1,73$)	13,71($\pm 1,50$)	0,73
<i>Média(DP)</i>			
IMC	17,81($\pm 2,67$)	20,65($\pm 2,67$)	0,65
<i>Média(DP)</i>			

Legenda: Média e desvio padrão(DP). Teste T-student: Comparação entre grupos segundo a caracterização da amostra quanto idade e IMC para GE e GC. Considerou $p < 0,05$.

Com relação aos resultados do BESTest, houve diferença entre os Grupos GE e GC no teste de equilíbrio no domínio restrições biomecânicas em (BTI)(t: - 2,9 $p < 0,05$) onde é avaliado a base de apoio, o alinhamento do centro de massa (CDM), bem como a força de amplitude de tornozelo (Figura 3A); assim como no domínio limites de estabilidade (BTII)(t: -2,94, $p < 0,05$) que avalia a verticalidade sentado e inclinação lateral, alcance funcional para frente e lateral(Figura 3B). E, no BESTest Total(t: -3,56, $p < 0,05$) verificou uma diferença significativa de todos os domínios avaliados de equilíbrio (Figura 3C)(Tabela 4).

Não houve diferença entre os grupos nos domínios BTIII(t: -0,64 $p=0,52$); BT IV(t: -1,46, $p=0,16$); BT V(t: 0,31, $p= 0,76$), BT VI(t: -1,78, $p= 0,09$).

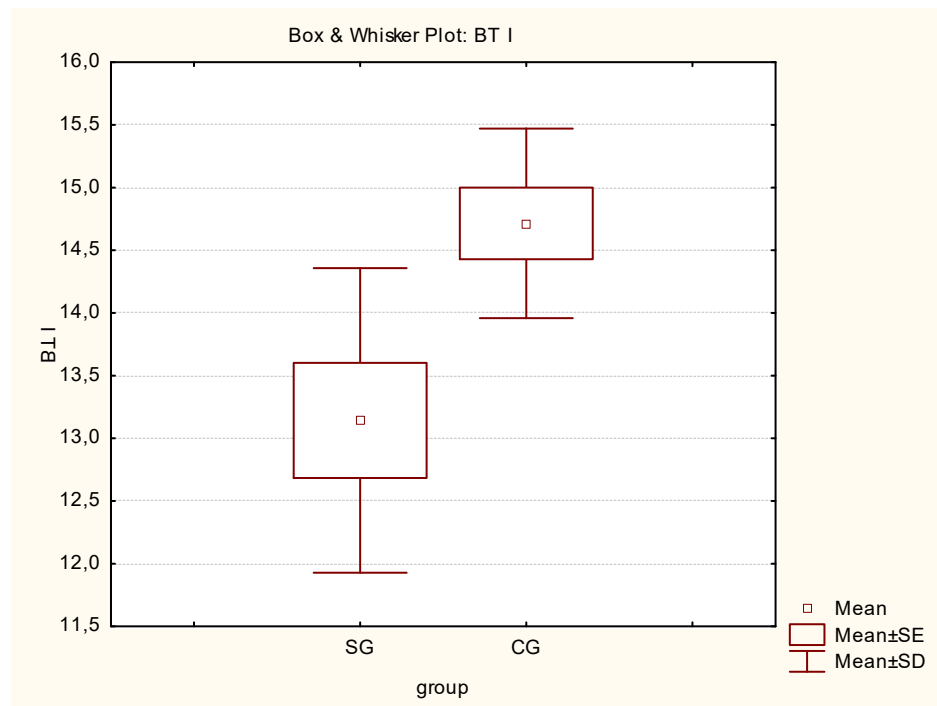
Tabela 4 – Comparação entre grupos GE e GC.

DOMÍNIOS	T-value	P
BT I	-2,90549	0,013191
BT II	-2,94449	0,012269
BTTOTAL	-3,56033	0,003921

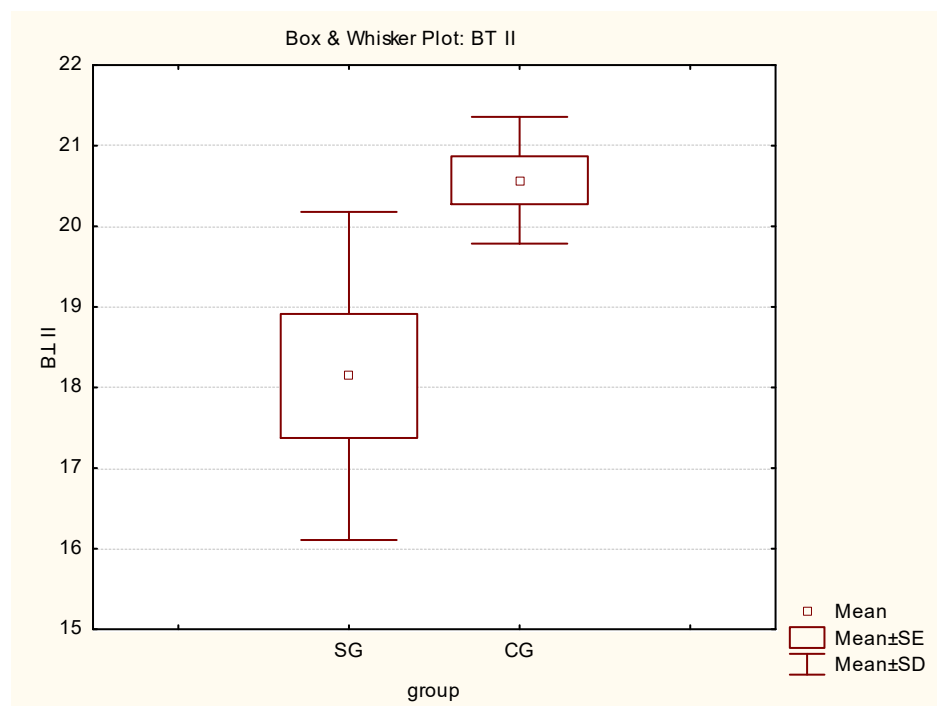
Legenda: BT I: RB(Restrições Biomecânicas): Base de apoio, Alinhamento do Centro de Massa(CDM), Força e Amplitude de tornozelo, Força Lateral de quadril/tronco e Sentar no

Chão e Levantar; BTII: LE(Limites de Estabilidade): Verticalidade sentado e Inclinação Lateral, Alcance Funcional para frente, Alcance Funcional lateral; BTtotal: BESTest total.
 Teste t-student considerou $p < 0,05$.

A



B



C

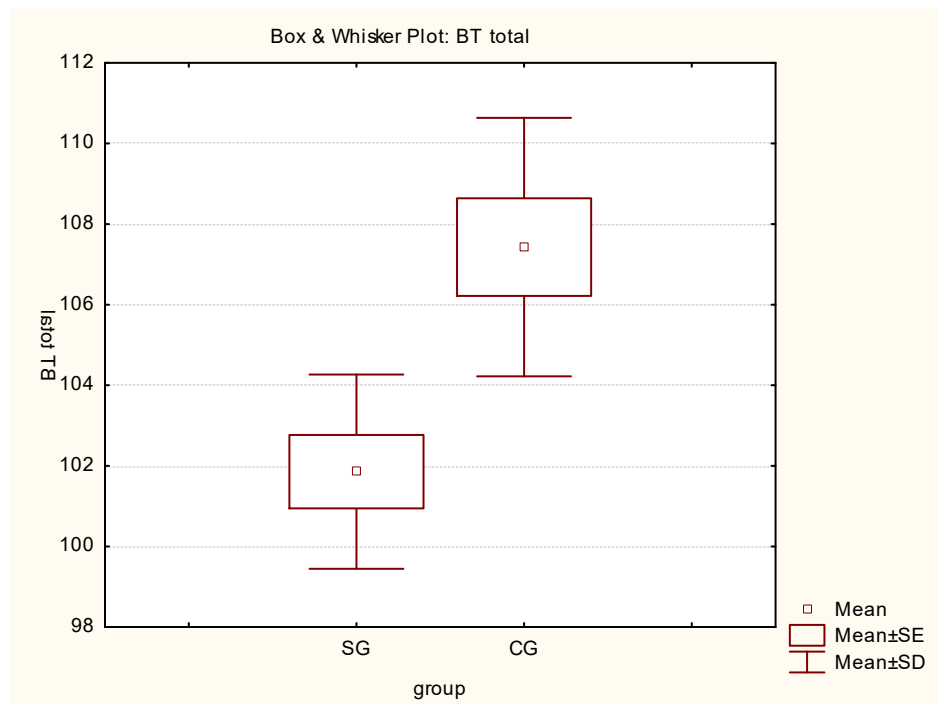


FIGURA 3. A. Média, desvio padrão e erro padrão de: A) BT I, B) BT II e C) BR total, para GE e GC.

Aplicando o test-t para comparar se houve diferença entre os grupos com as subjetivas (hápticas e visuais tanto para o lado esquerdo quanto o direito) não encontramos diferença significativa para Subjetiva vertical visual direita absoluta(SVV RA)(t: -0,54, p =0,59); Subjetiva vertical visual direita relativa (SVV RT)(t: 1,71, p= 0,11); Subjetiva vertical visual esquerda absoluta(SVV LA)(t: -0,45, p= 0,65); Subjetiva vertical visual esquerda relativa(SVV LT)(t: -0,55, p<0,58); Subjetiva háptica visual direita absoluta(SHV RA)(t: 0,84, p= 0,41); Subjetiva háptica visual direita relativa(SHV RT)(t: 0,93, p= 0,35); Subjetiva háptica visual esquerda absoluta(SHV LA)(t: -0,22, p= 0,82); Subjetiva Háptica visual esquerda relativa(SHV LT)(t: 0,72, p= 0,48).

Os resultados do teste de correlação de Pearson entre o sinal de risser e as subjetivas verticais e os domínios do BT são mostrados nas Tabela 5 e Tabela 6, respectivamente. Houve correlação significativa positiva forte entre a Subjetiva Vertical visual direita absoluta SVV RA(R: 0,69) Para as demais houve moderada a fraca correlação entre sinal de risser e as subjetivas visuais direita relativo (SVV RT)(R: -0,24); subjetiva visual vertical esquerda absoluta (SVV LA) (R: 0,51); SVV

LT(R: 0,62); e para as subjetivas hápticas correlação positiva forte entre o sinal de risser e subjetiva háptica visual direita absoluta SHV RA (R: 0,70); os demais houve correlação moderada negativa para subjetiva háptica visual esquerda absoluta (SHV LA) (R: -0,52); e correlação moderada positiva para subjetiva háptica visual esquerda relativa SHV LT (R: 0,47).

Encontramos correlação moderada positiva entre a escoliose e os domínios BTIII (R: 0,54) e BT IV (R: -0,52)

Analizamos o sinal de risser com as subjetivas verticais e os domínios do BESTest houve correlação significativa negativa forte para BT IV (R: -0,87) e correlação positiva moderada para BT VI (R: 0,65).

Tabela 5 - Correlação entre o sinal de risser e a escoliose com os domínios do BESTest.

	<i>BT I</i>	<i>BT II</i>	<i>BT III</i>	<i>BT IV</i>	<i>BT V</i>	<i>BT VI</i>	<i>BT total</i>
SINAL DE RISSE	0,20	0,12	0,11	-0,87*	-0,71	0,65*	-0,67
ESCOLIOSE	0,11	-0,09	0,54*	-0,52*	-0,06	0,35	-0,06

Legenda: BT I: Restrições Biomecânicas; BT II: Limites de Estabilidade; BT III: Transições- Ajustes Posturais Antecipatórios; BT IV: Respostas Posturais Reativas; BT V: Orientação Sensorial; BT VI: Marcha dinâmica; BTtotal: todos os domínios.

Tabela 6 – Correlação entre sinal de risser e as subjetivas (Visual e háptica)

	<i>SVV RA</i>	<i>SVV RT</i>	<i>SVV LA</i>	<i>SVV LT</i>	<i>SHV RA</i>	<i>SHV RT</i>	<i>SHV LA</i>	<i>SHV LR</i>
SINAL DE RISSE	0,69	-0,24	0,51	0,62	0,70	0,08	-0,52	0,47
ESCOLIOSE	0,35	-0,10	0,15	0,52	0,33	-0,03	-0,20	0,15

Legenda: SVV RA: Subjetiva Vertical Visual direita absoluta; SVV RT: Subjetiva Vertical Visual direita relativa; SVV LA: Subjetiva Visual Vertical esquerda absoluta; SVV LT: Subjetiva Visual vertical esquerda relativa; SHV RA: Subjetiva Háptica visual direita absoluta; SHV RT: Subjetiva Háptica Visual direita relativa; SHV LA: Subjetiva Háptica Visual esquerda absoluta; SHV LR: Subjetiva Háptica Visual esquerda relativa.

Por meio do mesmo teste analisou-se as associações entre os domínios do BESTest e as subjetivas verticais para cada um dos grupos (Tabelas 7 e 8).

Houve associação positiva moderada entre BT III e SHV RA (R: 0,41); BT IV e SHV LA (R: 0,52); BT V e SHV LA (R: 0,56); BT VI e SVV RA (R: 0,50); BT total e SHV LA (R: 0,50). Houve associação negativa moderada entre BT III e SHV RT (R: -

0,41); BT IV e SHV LR(R: -0,52); BT V e SHV LR (R: -0,56); BT VI e SVV RT(R: -0,50); BTtotal e SHV LR(R: -0,50). Foi encontrada forte associação positiva entre BT I e SHV RA (R: 0,60); BT II e SVV RA (R: 0,60); BT II e SVV LT(R:0,71); BT III e SVV RT(R: 0,67). E, Associação forte negativa entre BT I e SHV LA (R: -0,60); BT II e SVV RT(R: -0,60); BT III e SVV RA (R: -0,67); BT III e SVV LA(R: -0,64); BT III e SVV LT(R: -0,78); BT IV e SVV LA(R: -0,60); BT Total e SVV LA(R: 0,77); Por fim, houve muito forte associação negativa entre BT V e SVV LA (R: -0,82) (Tabela 7)

Tabela 7- Correlação entre os domínios do BESTest e as Subjetivas (SVV e SHV) no grupo escoliose (GE)

	SVV R A	SVV R T	SVV L A	SVV L T	SHV R A	SHV R T	SHV L A	SHV L R
BT I	0,37	-0,37	0,21	0,29	0,60	-0,60	-0,02	0,02
BT II	0,60	-0,60	0,08	0,71	-0,11	0,11	0,80	-0,80
BT III	-0,67	0,67	-0,64	-0,78	0,41	-0,41	-0,20	0,20
BT IV	-0,17	0,17	-0,60	-0,10	0,14	-0,14	0,52	-0,52
BT V	-0,17	0,17	-0,82	-0,25	-0,21	0,21	0,56	-0,56
BT VI	0,50	-0,50	0,26	0,20	0,28	-0,28	-0,08	0,08
BT total	-0,15	0,15	-0,77	-0,27	0,24	-0,24	0,50	-0,50

Legenda: BT I: Restrições Biomecânicas; BT II: Limites de Estabilidade; BT III: Transições- Ajustes Posturais Antecipatórios; BT IV: Respostas Posturais Reativas; BT V: Orientação Sensorial; SVV RA: Subjetiva Vertical Visual direita absoluta; SVV RT: Subjetiva Vertical Visual direita relativa; SVV LA: Subjetiva Visual Vertical esquerda absoluta; SVV LT: Subjetiva Visual vertical esquerda relativa; SHV RA: Subjetiva Háptica visual direita absoluta; SHV RT: Subjetiva Háptica Visual direita relativa; SHV LA: Subjetiva Háptica Visual esquerda absoluta; SHV LR: Subjetiva Háptica Visual esquerda relativa. (R: 0,40 a 0,59): moderada- cinza claro; (R: 0,60 a 0,79): forte- cinza médio ; (R: >0,80): muito forte ., $p < 0,05$.

Já no GC, houve associação positiva moderada entre BT I e SHV RT(R: 0,46); BT III e SVV RA(R: 0,41); BT III e SHV RT(R: 0,54); BT III e SHV LR(R: 0,51); BT V e SVV RT(R: 0,46); BT VI e SVV RA(R: 0,54); BT VI e SVV LT(R: 0,50); BT VI e SHV LR(R: 0,41); BT total e SHV LA(R: 0,43). Também houve associação negativa moderada entre BT II e SVV RT(R: -0,53); BT II e SHV RT(R: -0,58); BT III e SVV RA (R: -0,52); BT IV e SVV LT(R: -0,43); BT IV e SHV RT(R: -0,48); BT V e SHV RA (R: -0,55); BT VI e SHV LA(R: -0,59); BT total e SVV LT(R: -0,40); BT total e SHV RA(R: -0,44); BT total e SHV LR (R: -0,43). Houve associação positiva forte entre BT I e SHV RT (R: 0,70); BT I e SHV LR (R: 0,78); BT I e SHV LR (R: 0,78); BT II e SVV LA (R: 0,80); BT II e SHV LA (R: 0,65); BT VI e SHV RA(R: 0,72); E, associação

negativa forte entre BTI e SHV LA (R: -0,76); BT II e SHV LR (R: -0,60); BT IV e SHV RA(R: -0,73); BT V e SVV RA(R: -0,70); BT V e SVV LA(R: -0,62) (Tabela 8).

Tabela 8- Correlação entre os domínios do BESTest e as Subjetivas (SVV e SHV) do grupo controle (GC)

	SVV R A	SVV R T	SVV L A	SVV L T	SHV R A	SHV R T	SHV L A	SHV L R
BT I	0,77	-0,32	-0,39	-0,33	0,70	0,46	-0,76	0,78
BT II	0,03	-0,53	0,80	0,18	-0,35	-0,58	0,65	-0,60
BT III	0,41	0,03	-0,45	-0,21	0,29	0,54	-0,41	0,51
BT IV	-0,52	-0,20	-0,09	-0,43	-0,73	-0,48	0,73	-0,72
BT V	-0,70	0,46	-0,62	-0,08	-0,55	0,00	0,24	-0,33
BT VI	0,54	-0,29	0,23	0,50	0,72	-0,12	-0,59	0,41
BT total	-0,12	-0,38	-0,23	-0,40	-0,44	-0,31	0,43	-0,43

Legenda: :BT I: Restrições Biomecânicas; BT II: Limites de Estabilidade; BT III: Transições-Ajustes Posturais Antecipatórios; BT IV: Respostas Posturais Reativas; BT V: Orientação Sensorial; BT VI: Marcha dinâmica; BT total: todos os domínios. SVV RA: Subjetiva Vertical Visual direita absoluta; SVV RT: Subjetiva Vertical Visual direita relativa; SVV LA: Subjetiva Visual Vertical esquerda absoluta; SVV LT: Subjetiva Visual vertical esquerda relativa; SHV RA: Subjetiva Háptica visual direita absoluta; SHV RT: Subjetiva Háptica Visual direita relativa; SHV LA: Subjetiva Háptica Visual esquerda absoluta; SHV LR: Subjetiva Háptica Visual esquerda relativa. (r: 0,40 a 0,59): moderada- cinza claro ; (r: 0,60 a 0,79):forte- cinza médio ; (r: >0,80): cinza escuro; p < 0,05.

Realizando uma comparação entre os grupos: GE e GC para os domínios do BESTest(equilíbrio) foram encontradas diferenças significativas, demonstrando que o GE possui um desalinhamento do CDM, baixa estabilidade e força em relação ao GC para os domínios: restrições biomecânicas (BTI) onde é avaliado a base de apoio, o alinhamento do centro de massa(CDM), bem como a força de amplitude de tornozelo; limites de estabilidade(BTII) que avalia a verticalidade sentado e inclinação lateral, alcance funcional para frente e lateral e o BESTest Total. Essa diferença significativa se deve ao fato de que a escoliose quando há um desequilíbrio muscular entre os segmentos corporais em ambos os lados afetam os músculos e sua função. Percepções e interpretações em EIAs parecem mudar, interferindo na resposta motora adequada(Larni et al, 2022). Ou seja, isso indica que a estabilidade dos EIAs é mais fraca quando vistos em posição ortostática(base e apoio)(BTI), quando submetidos a manter-se em equilíbrio avaliando a força dos calcanhares em atividades, bem como em atividades conjuntas que avalia a flexão

de tronco juntamente com a força dos calcanhares, resultando em desequilíbrios quando em atividades que exigem equilíbrio comparados com os do GC.

No estudo de Simoneal et al (2006), comprovam os achados desse estudo, testaram que os EIA em comparação com os do GC depende mais da propriocepção do tornozelo e ou informações visuais para regular o equilíbrio, devido a uma assimetria da sensibilidade no labirinto ou por uma disfunção nos mecanismos do controle postural no nível do tronco cerebral. Além disso indivíduos com EIA apresentam dificuldade no processamento central do controle de equilíbrio e a posição do centro de pressão em relação ao centro de massa que não podem ser reajustados, o que acarreta num aumento de oscilação corporal(Herman et al, 1985).

Destacamos a utilização de testes clínicos fácil de aprender e administrar, com excelente confiabilidade, que poderia ser aplicado em diversos ambientes, sem tecnologia. O BESTest compreende múltiplas tarefas, muitas vezes avaliando sistemas de controle postural, portanto, especialmente para a população com escoliose pode ser utilizado de fácil modo.

Para as subjetivas verticais não foram encontradas diferenças significativas entre GE e GC. Portanto, para esta amostra podemos assumir que a escoliose não compromete de modo direto a percepção de verticalidade dos adolescentes por ela acometidos. Destacamos também que para a análise da SVV foi aplicado o método de avaliação que utiliza um balde de fácil execução. É um teste barato e fácil de fabricar. A SHV também pode ser realizada com uma caixa, uma manivela e um compasso. Da mesma forma, a análise dos resultados de ambos os testes é simples e de fácil uso para quem não é especialista. É um teste rápido e confiável e pode ser aplicado em qualquer lugar, garantindo uma aplicação ampla(Zwergal, 2009).

Esse estudo encontrou uma associação do sinal de Risser com as subjetivas verticais: visual(teste do balde) e háptica(teste da caixa). Encontramos uma correlação positiva forte entre o sinal de risser e a subjetiva vertical (SVV RA), ou seja quanto maior o sinal de risser maiores são os erros na percepção baseada na visão. Bem como uma correlação positiva forte entre o sinal de risser e a subjetiva háptica (SHV RA).

O sinal de risser está associado ao senso da verticalidade tanto visual quanto háptico para o lado direito para o mesmo lado da convexidade da curvatura que os participantes desse estudo apresentam. Os EIAs possuem o eixo longitudinal do corpo reorientado e alinhado com uma referência vertical errada que pode estar

envolvido com alguma disfunção dos graceptores proprioceptivos do tronco(Le Berre et al, 2019); está associado a uma representação central errônea da verticalidade(Catanzariti et al, 2022).

Encontramos uma associação negativa muito forte entre o sinal de risser e os domínios do BESTtest: Respostas Posturais Reativas (BT IV) e negativa forte Orientação Sensorial(BT V). Isso demonstra que dependendo de algumas tarefas dinâmicas que exigem equilíbrio e controle corporal das quais EIAS são submetidos a realizar, eles apresentam dificuldades no processamento do controle do equilíbrio, a posição do centro de pressão em relação ao centro de massa, não pode ser reajustada acarretando um aumento da oscilação do controle corporal(Herman et al, 1983).

O presente estudo também demonstrou que no GE há uma correlação negativa forte entre SVV LA e o domínio BT V: Orientação sensorial(em que uma das atividades era se equilibrar numa rampa por um tempo). E uma correlação forte positiva entre SHV LA e BTII: Limites de estabilidade(em que a grande maioria dos participantes se desequilibraram ao tentam realizar o alcance funcional para frente e para o lado). O que é explicado no estudo de Lamberg, muito provável que indivíduos com EIA sejam menos capazes de explorar informações proprioceptivas dos membros inferiores com ênfase nos pés, afim de compensar um impulso vestibular assimétrico aos músculos axiais, que resulta numa tração assimétrica da coluna na fase da adolescência(Lamberg et al, 2013).

Encontramos uma correlação moderada positiva para o domínio BT I: (Restrições Biomecânicas) e a SHV RA; indicando que EIAS possuem uma alteração da sua base de apoio, seu alinhamento de massa, força de tornozelo e quadril associado ao senso de verticalidade do lado direito. O que justifica ser o senso da verticalidade para o lado direito é a maioria das curvas torácicas nos EIAS são convexas do lado direito de 85 a 90%(Weinstein et al, 2008) Das quais nesse presente estudo os participantes terem a convexidade da curvatura para o lado direito. E os domínios BT II e BT III (Limites de estabilidade e Transições) demonstrou ser afetado com as subjetivas verticais visual para ambos os lados, exceto para subjetivas hápticas. Somente para o domínio B IV:(Respostas Posturais Reativas) e BT total a verticalidade é afetada para o lado esquerdo SVV LA. Demonstrando que EIAS tem dificuldade para respostas posturais reativas e o teste de equilíbrio como um todo para SVV LA. O resultado do BT total com as SVV L faz entender que deu

alterado para o lado esquerdo, contrário a convexidade dos indivíduos estudados, já que todos do GE possuem convexidade do lado direito. É preciso de mais estudos com um maior número de Ns e diferentes graus de curvatura para se chegar a determinadas conclusões.

Além disso, o presente estudo demonstrou que no GC há uma correlação forte entre o domínio BTI e a SVV RA e as subjetivas hápticas, do contrário do GE. Percebe-se que o GC apresentou dificuldades para se manter em equilíbrio nas pontas dos pés, entretanto ao analisar o seu alinhamento do corpo não apresentaram mal alinhamento, porém seu senso de verticalidade para quase todas as subjetivas foram alteradas principalmente as Hápticas do lado esquerdo, sugerindo que o grau de dificuldade da atividade é similar para ambos os grupos. Assim vale para o domínio BT II em que demonstrou comportar de forma similar para as SHV L, além também da SVV LA, do contrário do GE em que não houve diferença para SVV LA. Esse grupo obteve o mesmo grau de dificuldade para o domínio BT IV: Respostas Posturais Reativas e SHV RA lado direito, nos EIAS isso não é demonstrado. A mesma dificuldade foi encontrada em BT V e as SVV direita e esquerda. Demonstrou que ambos os grupos tiveram a mesma dificuldade na atividade da rampa ao qual exige um grau de equilíbrio. Devendo levar em consideração que a postura adotada na atividade requer um bom equilíbrio e uma boa flexibilidade dos músculos soleares para se sustentar na posição de dorsoflexão. E foi encontrada alteração moderada em BT VI na estabilidade da marcha com a SHV RA, diferentemente do GE que não houve alteração.

Algumas limitações do presente estudo pode ser listada: no teste do balde(SVV) a postura do corpo, por ser um teste realizado sentado como preconiza na literatura testes realizados com o balde com adultos(Zwergal et al, 2009), desconsiderando a postura adotada em pé, no entanto, nosso estudo foram realizados alguns testes dessa maneira e identificamos que os valores não alteravam em relação a postura sentada, mas não realizamos estatísticas para abordar essa questão, há de se investigar em testes futuros levando isso em consideração.

REFERÊNCIAS

Assaiante C, Barlaam F, Cignetti F. **Body schema building during childhood and adolescence: a neurosensory approach.** *Neurophysiol Clin*, 2014. 44(1):3–12. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.10.125>

Barra J, Marquer A, Joassin R. **Humans use internal models to construct and update a sense of verticality.** *Brain*, 2010. 133(12):3552–3563. <https://doi.org/10.1093/brain/awq311>

Catanzariti JF, Agnani O, Guyot MA, Wlodyka-Demaille S, Khenioui H, Donze C. **Does adolescent idiopathic scoliosis relate to vestibular disorders? A systematic review.** *Ann Phys Rehabil Med*. 2014 Aug-Sep;57(6-7):465-79. doi: 10.1016/j.rehab.2014.04.003. Epub 2014 May 23. PMID: 24907096

Catanzariti JF, Coget M, Brouillard A. **A perception bias of the gravitational vertical is confirmed in Adolescent Idiopathic Scoliosis.** *Spine Deform*. 2022 Jan;10(1):69-78. doi: 10.1007/s43390-021-00390-8. Epub 2021 Jul 28. PMID: 34319559.

Cobb JR. **Outline for the study of scoliosis.** Instructional course lectures, 1948.

Elfiky T, Patil N, Shawky M, Siam A, Ragab R, Allam Y. **Oxford Cobbometer Versus Computer Assisted-Software for Measurement of Cobb Angle in Adolescent Idiopathic Scoliosis.** *Neurospine*, 2020 Mar;17(1):304-311. doi: 10.14245/ns.1938260.130. Epub 2020 Feb 1. PMID: 32054147; PMCID: PMC7136097. *Exp Brain Res*. 2006 Apr;170(4):576-82. doi: 10.1007/s00221-005-0246-0. Epub 2005 Nov 24. PMID: 16307257.

Evans, RH (1996). **Uma análise da confiabilidade da variável de critério na análise conjunta.** *Perceptual and Motor Skills*, 82 (3), 988-990.

Ferreira M. M., Cunha F., Ganança C. F., Ganança M. M., Caovilla H. H. **Subjective visual vertical with the bucket method in Brazilian healthy individuals.** *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 2016. 82(4): 442–446.

Herman, R., Mixon, J., Fisher, A., Maulucci, R., & Stuichy, J. (1985). **Escoliose idiopática e sistema nervoso central: um problema de controle motor.** *Coluna vertebral*, 10(1), 1–14. doi:10.1097/00007632-198501000-00001

Horak FB, Wrisley DM, Frank J. **The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) to differentiate balance deficits.** *Phys Ther*. 2009 May;89(5):484-98. doi:

10.2522/ptj.20080071. Epub 2009 Mar 27. PMID: 19329772; PMCID: PMC2676433. <https://doi.org/10.1016/j.jspd.2018.05.004>

Kawakami, N., Winter, RB, Lonstein, JE, & Denis, F. (1994). **Escoliose secundária à ressecção de costela**. *Journal of Spinal Disorders*, 7 (6), 522-527. <https://doi.org/10.1097/00002517-199412000-00011>

Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. **Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis**. *J Child Orthop*. 2013 Feb;7(1):3-9. doi: 10.1007/s11832-012-0457-4. Epub 2012 Dec 11. PMID: 24432052; PMCID: PMC3566258.

Kuznia AL, Hernandez AK, Lee LU. **Adolescent Idiopathic Scoliosis: Common Questions and Answers**. *Am Fam Physician*. 2020 Jan 1;101(1):19-23. PMID: 31894928.

Larni Y, Mohsenifar H, Ghandhari H, Salehi R. **The effectiveness of Schroth exercises added to the brace on the postural control of adolescents with idiopathic scoliosis: Case series**. *Ann Med Surg (Lond)*. 2022 Nov 13;84:104893. doi: 10.1016/j.amsu.2022.104893. PMID: 36536721; PMCID: PMC9758328.

Le Berre M, Pradeau C, Brouillard A, Coget M, Massot C, Catanzariti JF. **Do adolescents with idiopathic scoliosis have an erroneous perception of the gravitational vertical?** *Spine Deform*, 2019. 7(1):71–79.

Lonstein JE. **Adolescent idiopathic scoliosis**. *Lancet*. Nov.19,1994.;344(8934):1407-12. doi: 10.1016/s0140-6736(94)90572-x. PMID: 7968079.

Muratori LM, Lamberg EM, Quinn L, Duff SV. **Applying principles of motor learning and control to upper extremity rehabilitation**. *J Hand Ther*. 2013 Apr-Jun;26(2):94-102; quiz 103. doi: 10.1016/j.jht.2012.12.007. PMID: 23598082; PMCID: PMC3773509

Paramento M, Passarotto E, Maccarone MC, Agostini M, Contessa P, Rubega M, Formaggio E, Masiero S. **Neurophysiological, balance and motion evidence in adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review**. *PLoS One*. 2024 May 22;19(5):e0303086. doi: 10.1371/journal.pone.0303086. PMID: 38776317; PMCID: PMC11111046.

Pérennou, G. Mazibrada, V. Chauvineau, R. Greenwood, J. Rothwell, MA Gresty, AM Bronstein, **Lateropulsão, empurrão e percepção de verticalidade no acidente vascular cerebral hemisférico: uma relação causal?** *Cérebro*, Volume 131, Edição 9, setembro de 2008, páginas 2401–2413.

Risser JC, Ferguson AB. **Escoliose: seu prognóstico**. *J Bone Joint Surg Am*. 1936; 18 :667–670

Saj, Arnaud, et al. **Efeito da postura na percepção da verticalidade em pacientes negligenciados**. *Stroke* 36.10 (2005): 2203-2205.

Simoneau M, Richer N, Mercier P, Allard P, Teasdale N. **Sensory deprivation and balance control in idiopathic scoliosis adolescent**. Exp Brain Res. 2006 Apr;170(4):576-82. doi: 10.1007/s00221-005-0246-0. Epub 2005 Nov 24. PMID: 16307257

Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. **Adolescent idiopathic scoliosis**. Lancet 2008; 371: 1527e37.

Yagci G., Yavuz Yakut & Engin Simsek. **The effects of exercise on perception of verticality in adolescent idiopathic scoliosis, Physiotherapy Theory and Practice**, 2018. 34:8, 579-588, DOI: 10.1080/09593985.2017.1423429

Zwergal ACC, Arbusow V, Glaser M, Fesl G, Brandt T, Strupp M. **INO unilateral está associado à reação de inclinação ocular em lesões pontomesencefálicas: INO plus**. Neurologia 2008;71:590–593.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos dados preliminares de equilíbrio funcional(BESTest) e percepção da verticalidade em crianças e adolescentes com escoliose e encontramos importante associação entre a percepção háptica e visual e teste de equilíbrio funcional. Podemos concluir que a escoliose não compromete diretamente a percepção da verticalidade dessas crianças e adolescentes que são acometidos por ela. E que quanto maior o sinal de risser maiores são os erros da percepção baseada na visão. E sobre o controle postural avaliado no BESTest com a SVV L deu alterado para o sentido contrário a convexidade da curva.

REFERÊNCIAS

- Antoniadou N, Hatzitaki V, Stavridis SI, Samoladas E. **Verticality perception reveals a vestibular deficit in adolescents with idiopathic scoliosis**. *Exp Brain Res*. 2018 Jun;236(6):1725-1734. doi: 10.1007/s00221-018-5256-9. Epub 2018 Apr 10. PMID: 29637250.
- Barra J ; Marquer, A.; Joassin,R.; Reymond, C.; Metge,L.; Chauvineau, V.;Pérennou, D. **Os humanos usam modelos internos para construir e atualizar um senso de verticalidade**, *Brain* , Volume 133, Edição 12, dezembro de 2010, Páginas 3552–3563, <https://doi.org/10.1093/brain/awq311>.
- Bertuccelli M, Cantele F, Masiero S. **Body image and body schema in adolescents with idiopathic scoliosis: A scoping review**. *Adolescent Research Review*. 2023; 8(1):97–115. <https://doi.org/10.1007/s40894-022-00187-4>.
- Burwell RG, Dangerfield PH, Freeman BJC. **Teorias etiológicas da escoliose idiopática. Sistema nervoso somático e o conceito de escada rolante NOTOM como um componente na patogênese da escoliose idiopática do adolescente. Estudos em tecnologia e informática em saúde**. 2008; 140:208–17.<https://doi.org/10.3233/978-1-58603-888-5-2008>
- Carvalho RL, Almeida GL. **Sensorial and Cognitive Aspects of Postural Control**. *Rev Neurocienc*. 2009; 17(2):156 – 60.
- Čakrt O, Slabý K, Kmet' J, Kolář P, Jeřábek J. **Subjective visual and haptic vertical in young and elderly**. *J Vestib Res*. 2016;25(5-6):195-9. doi: 10.3233/VES-150562. PMID: 26890420.
- Cullen, K.E. **Processamento vestibular durante o automovimento natural: implicações para percepção e ação** *Nature Reviews*.2019 *Neurociência* **20** :346–363, <https://doi.org/10.1038/s41583-019-0153-1>.
- Dobbs, M. Weinstein, S.**Infantile and juvenile Scoliosis**, *Orthopedic Clinics of North America*, Volume 30, Issue 3, 1999, pages 331- 341, ISSN 030-5898, [https://doi.org/10.1016/S0030-5898\(05\)70090-0](https://doi.org/10.1016/S0030-5898(05)70090-0).
- Faralli M, Longari F, Ricci G, Ibba M, Frenguelli A. **Influência dos aferentes extero e proprioceptivos da superfície plantar na determinação da vertical visual subjetiva em pacientes com disfunção vestibular unilateral**. *Acta Otorhinolaryngol Ital*. 2009;29(5):245-50. PMid:20162024

Ferreira M. M., Cunha F., Ganança C. F., Ganança M. M., Caovilla H. H. (2016) **Subjective visual vertical with the bucket method in Brazilian healthy individuals.** *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology* 82(4): 442–446.

Grossman MR, Lipshaw MJ, Osborn RR, Berk Witt AK. **A Novel Approach to Assessing Infants With Neonatal Abstinence Syndrome.** *Hosp Pediatr.* 2018 Jan;8(1):1-6. doi: 10.1542/hpeds.2017-0128. PMID: 29263121.

Han J, Xu Q, Yang Y, Yao Z, Zhang C. **Evaluation of quality of life and risk factors affecting quality of life in adolescent idiopathic scoliosis.** *Intractable Rare Dis Res.* 2015 Feb;4(1):12-6. doi: 10.5582/iridr.2014.01032. PMID: 25674383; PMCID: PMC4322590

Horak FB. **Clinical measurement of postural control in adults.** *Phys Ther.* 1987 Dec;67(12):1881-5. doi: 10.1093/ptj/67.12.1881. PMID: 3685116.

Kanashiro AM, Pereira, CB, Maia FM, Scaff M, Barbosa ER. **Subjective visual vertical evaluation in normal Brazilian subjects.** *Arq Neuropsiquiatr.* 2007;65(2B):472-5.

Kleiner, A. F. R.; Schlittler, D. X. C.; Sanchez- Arias, M. D. R. **O papel dos sistemas visual, vestibular, somatossensorial e auditivo para o controle postural.** *Rev Neurociência* 2011.

Lonstein JE. **Adolescent idiopathic scoliosis.** *Lancet.* 1994 Nov 19;344(8934):1407-12. doi: 10.1016/s0140-6736(94)90572-x. PMID: 7968079.

Marquer A, Barbieri G, Pérennou D. **The assessment and treatment of postural disorders in cerebellar ataxia: a systematic review.** *Ann Phys Rehabil Med.* 2014 Mar;57(2):67-78. doi: 10.1016/j.rehab.2014.01.002. Epub 2014 Feb 6. PMID: 24582474.

Peng Y, Wang SR, Qiu GX, Zhang JG, Zhuang QY. **Progresso da pesquisa sobre a etiologia e patogênese da escoliose idiopática do adolescente.** *Jornal Médico Chinês.* 2020; 133(4):483–493. <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000000652>

Perdriolle R et al, **Idiopathic scoliosis in three dimensions: a succession of two-dimensional deformities?** *Spine (Phila Pa 1976).* 2001 Dec 15;26(24):2719-26. doi: 10.1097/00007632-200112150-00019. PMID: 11740362

Piscicelli, C., & Pérennou, D. (2017). **Visual verticality perception after stroke: A systematic review of methodological approaches and suggestions for standardization.** *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 60(3), 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2016.02.004>

Rock. I .. & Heimer. W. **The effect of retinal and phenomenal orientation on the perception of form.** *Amcr. J. Psuchol..* 1957. 70. 493-511.

Scheyerer ;Lenz, M., Oikonomidis, S., Harland, A. *et al.* **Escoliose e prognóstico — uma revisão sistemática sobre fatores preditivos radiológicos e específicos do**

paciente para progressão da curva. *Eur Spine J* 30 , 1813–1822 (2021).
<https://doi.org/10.1007/s00586-021-06817-0>

Weinstein, Stuart L. MD . **A história natural da escoliose idiopática do adolescente.** *Journal of Pediatric Orthopaedics* 39():p S44-S46, julho de 2019. | DOI: 10.1097/BPO.0000000000001350

Woollacott M, Shumway-Cook A. **Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research.** *Gait Posture*. 2002 Aug;16(1):1-14. doi: 10.1016/s0966-6362(01)00156-4. PMID: 12127181.

Zwergal ACC, Arbusow V, Glaser M, Fesl G, Brandt T, Strupp M. **INO unilateral está associado à reação de inclinação ocular em lesões pontomesencefálicas: INO plus.** *Neurologia* 2008;71:590–593.

ANEXOS

This manuscript was submitted in 07-Feb-2024 to magazine Perceptual and Motor Skills waiting for reply by responsible magazine accepting the manuscript. This manuscript entitled "Associations between functional balance, sensorial integration and verticality perception in schoolchildren during context-specific period:

a preliminary data" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in Perceptual and Motor Skills.

ARTICLE 1

Associations between functional balance, sensorial integration and verticality perception in schoolchildren during context-specific period: a preliminary data

1 Introduction

The development of postural control comprises the maturation of motor behavior for maintaining body alignment and tonus adjustment in relation to gravity, support surface and segmental positions (Horak, 1987). Postural control involves a multifactorial acquisition, internal representations, responses and several motor experiences skills: jumping, running, kicking, throwing, receiving, etc.. (Sá, C. et al, 2018). This maturation process of postural control ends around 8 to 12 years of age (Gallahue and Ozmun 2003). And this skill can be refined in the face of new opportunities and the demands of more complex and unpredictable environments (Matthis et al., 2018). In this way, based on developmental goals, Clark (1994) identified six periods in motor skill development: (1) reflexive, (2) preadapted, (3) fundamental patterns, (4) context-specific, (5) skillful, and (6) compensation. Progression is individualized but follows a cumulative, sequential process.

The development of these skills is important for later work, phases; 4 and 5, where it requires context-specific and skilled motor skills. Seefeld (1980), says that the child must develop these motor skills adequately, otherwise he will have difficulty combining and modifying movements of specialized skills.

A more typically developing child would be expected to make the passage into a *context-specific period* around the age of 7. The goal of this period is to learn how to apply fundamental movement patterns to a variety of constrained situations in which fundamental stabilizing, locomotor, and manipulative skills are refined, combined, and elaborated for use in demanding situations. (Gallahue and Ozmun (2001). The passage into skillful phase tends to coincide with the onset of puberty and the adolescent growth spurt, at approximately 11-13 years of age. Increases in body size, strength and cognitive- emotions that coincide with adolescence are important restrictions that allow differentiation between competent and qualified drivers(Clark; Metcalfe, 2002)

For Cuturi and Gori (2019) little is known about the interaction of the balance system with sensory modalities in this ontogenetic process. So, exciting questions can be explored in this study for context-specific period: What are the

values of mean, minimum, maximum and standard deviation of the control of balance control, sensorial integration and verticality, provided by simple clinical tests, for these children? associated? Is the behavior of these variables similar to the described in literature? Therefore, the aim of the present study was to evaluate balance, sensorial integration and perception of verticality in schoolchildren during context-specific period to show preliminary data and to analyze possible association between these variables.

2 Methods

Study design, setting and participants

This is a quantitative cross-sectional study, with a convenience sample with 23 healthy schoolchildren between 7 and 11 years old (9.0 (± 2.1)), 8 females and 15 males, BMI 18.0 (± 2.4), right-handed, students from a city in the interior of Minas Gerais/Brazil. As non-inclusion criterion: the presence of any postural deviations. And exclusion criterion: the inability to carry out the proposed tests or withdrawal during their execution.

2.1 Variables:

Demographic variables: age, sex, body mass index (BMI) were collected by an interview.

Independent variable: postural control measured by the Mini-Balance Evaluation Systems Test (Mini BESTest) and Clinical Test of Sensory Integration of Adapted Balance (CTSIB)

Dependent variables: verticality perception measured by Visual vertical subjective (SVV) and Haptic vertical subjective (SHV).

2.2 Measurements:

Postural control and verticality tests were applied in a randomized sequence to minimize the influences to performance.

Postural control tests

a) The Balance Evaluation Systems Test (BESTest) aims to identify changes in functional balance (Dewar et al., 2017). A reduced version (Mini BESTest) was developed to facilitate the use of the instrument (Franchignoni et al., 2010). It consists of 14 questions from the original instrument distributed in 4 domains: Anticipatory Postural Adjustments (APA) questions 1 to 3 (adding up to 6 points); Reactive Postural Response (RCP), given by questions 4 to 6 (adding 6 points); Sensory Orientation (SO), questions 7 to 9 (amounting to 6 points); and Gait Stability (DG), questions 10 to 14 (amounting 10 points). As each task is scored on a three-point scale, zero corresponds to the worst performance, and 2 points to the best performance, with a total score of 28 points (King & Horak, 2013).

b) The Clinical Test of Sensory Integration of Adapted Balance (CTSIB) aims to provide information on the individual's ability to adapt and maintain body balance (Shumway-cook & Horak, 1986), seeking to identify the contribution of the main sensory systems involved in balance (Steindl et al., 2006). The test was performed on an unstable surface (28 density foam, 7.5 cm high, 50 cm long and wide), initially in 4 conditions with open eyes (OA) and 4 with closed eyes (CA), in the positions: bipedal (B), Tandem (T), Single Left Leg Stance (SLL), Single Right Leg Stance (SLR). The participant try to remain for a maximum of 30 seconds in each condition. 3 trials were performed in each position, and the average was considered.

Verticality tests. Description based on Brito et al. (2023)

A)The Visual vertical subjective (SVV) test was performed using, an opaque plastic bucket with an opening larger than 25 cm, with a red line tape positioned in a vertical line at the bottom of the bucket, aligned with 0° of a digital inclinometer (Clinometer App, Tue Nguyen Minh) aligned to the true vertical of the Earth and positioned outside the bucket. The participant was instructed to put his/her face in the bucket and was instructed to look at the red line tape. To measure the SVV, the examiner randomly rotated the bucket in the right or left direction to a final position of approximately 30° and then slowly rotated it toward the 0° position. The participants were asked to indicate when the red line reached the vertical position by asking the examiner to stop moving the bucket at that point. The participants performed six repetitions of this procedure, three

toward the right and three toward the left. The mean perceived vertical position in the right and left directions were used as the final values (Ferreira et al., 2016; de Souza et al., 2021). Absolute and constant (true) SVV values were considered (Piscicelli & Pérennou, 2017; Conceição et al., 2018; de Souza et al., 2021).

B) To evaluate the Haptic vertical subjective (SHV) we used a device comprised of a box (diameter $18.5 \times 18.5 \times 30$ cm) and a circular rod (15 cm long and 2.5 cm thick). The rod was mounted at the center of the box (de Souza et al., 2021). We blindfolded the participant with a mask and allowed them to reach the rod in each trial, the examiner randomly rotated the rod 30° to the right or left. SHV adjustments were recorded for six trials, including three trials towards the right and three towards the left. The participants were then asked to confirm that they had finished adjusting the rod position so that it was perceived to be perfectly aligned with the vertical orientation of the target (Pérennou et al., 2008). SHV was classified as absolute and constant errors (true) based on the participant's perception of the rod (Piscicelli & Pérennou, 2017; Conceição et al., 2018; de Souza et al., 2021).

3 Statistical analysis

We assessed the data distributions for assumptions of normality using the Shapiro–Wilk test. A correlation matrix was performed, using the Spearman test, to calculate correlations between the verticality variables (absolute and true SVV, absolute and true SHV) and all domains of two balance tests. Probable statistical significance values were set to $p < 0.05$. For the correlation analysis, the following correlations were considered: very weak (r : 0.0 to 0.19), weak (0.2 to 0.39), moderate (0.40 to 0.59), strong (0.60 to 0.79), and very strong (>0.80) (Evans, 1996). Statistical analysis was performed using Prisma 8.3 software (GraphPad Software, San Diego, CA, USA).

4 Results

Preliminary normative data for all instruments are showed in Table 1.

Table 1- Mean, minimum, maximum and standard deviation values for balance and verticality tests

<i>SVV/SHV</i>	<i>Mini BESTest</i>	CTSIB
SVV D: 4,09 (0,80 - 21,80) $\pm$ 4,40	APA: 5,78 (4 – 6) $\pm$ 0,53	B-OA: 30 (30-30) $\pm$ 0
SVV E: 3,30 (0,60 - 14,20) $\pm$ 2,85	RCP: 5,90(4 – 6) $\pm$ 0,43	T-OA: 26,36 (12,12 – 30) $\pm$ 6,62
SHV D: 3,98 (1,00 - 10,60) $\pm$ 2,97	SO: 5,90(5 – 6) $\pm$ 0,29	SLL-OA: 19,62(3,22 – 30) $\pm$ 9,14
SHV E: 3,55 (1,20 - 11,40) $\pm$ 2,34	DG: 8,77(5 – 10) $\pm$ 1,44	SLR-OA: 19,17(3,31 – 30) $\pm$ 9,07
		B-CA: 29,66 (23,33- 30) $\pm$ 1,42
		T-CA: 20,58 (4,13 -30) $\pm$ 7,95
		SLL-CA: 7,16 (1,92 -14,25) $\pm$ 3,51
		SLR-CA: 6,95 (1,93 -23,10) $\pm$ 5,39

Tab 1: Visual and haptic vertical subjective (VVS and SVH), mini best (anticipatory postural adjustments(APA), reactive postural control(PCR), sensory orientation(SO), dynamic gait (GD), and Clinical sensory integration test: biped with eyes open(B-OA), Tandem with eyes open(T-OA), Left Leg Single Stance with eues open(SLL-OA), Single Leg Stance wuth eyes open(SLR-OA), biped with eyes open closed(B-CA), Tandem with eyes closed(T-CA), Left Single Leg Pose with Closed Eyes(SLL-Ca), Right Single Leg Pose with Closed Eyes(SLR- CA).

There was a negative moderate correlation between absolute SHV-R and T-OA ($r = -0,55$; $p = 0.006$) (Figure 1A); negative moderate correlations between true SHV-R and APA ($r = -0.45$; $p = 0.031$); true SHV-R and dynamic gait ($r = -0.43$; $p = 0.043$); true SHV-R and MBT total ($r = -0.46$; $p = 0.029$) (Figure 1B). And, there was also a negative very strong association between SLR-OA and SO ($r = -0.83$; $p = 0.005$); and a negative strong association between dynamic gait B-CA ($r = -0.70$; $p = 0.031$) (Figura 1C).

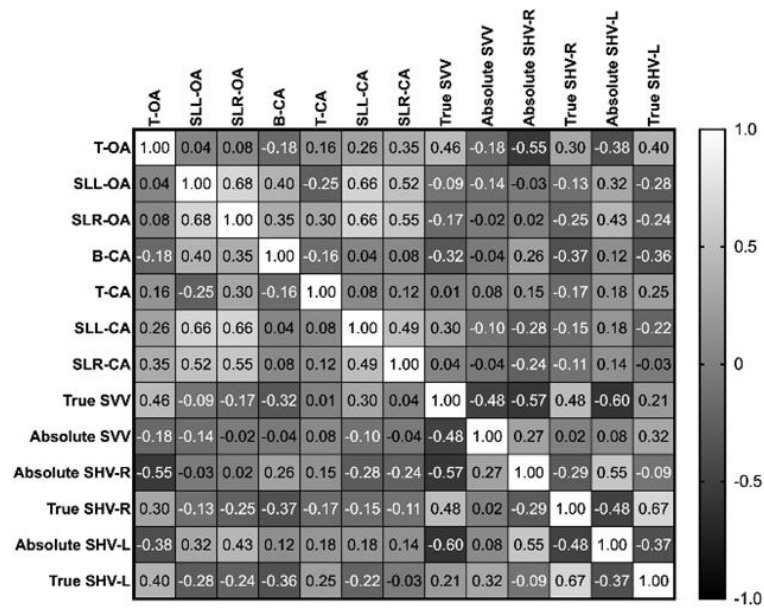


Figure 1A –Association between the adapted balance sensory integration clinical test and verticality tests.

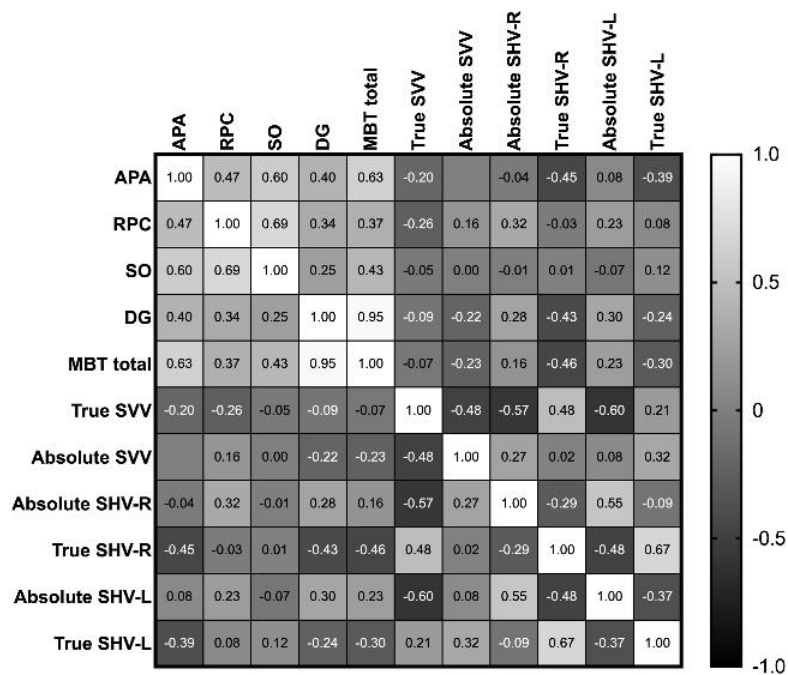


Figure 1B- Association between Mini BESTest and verticality tests.

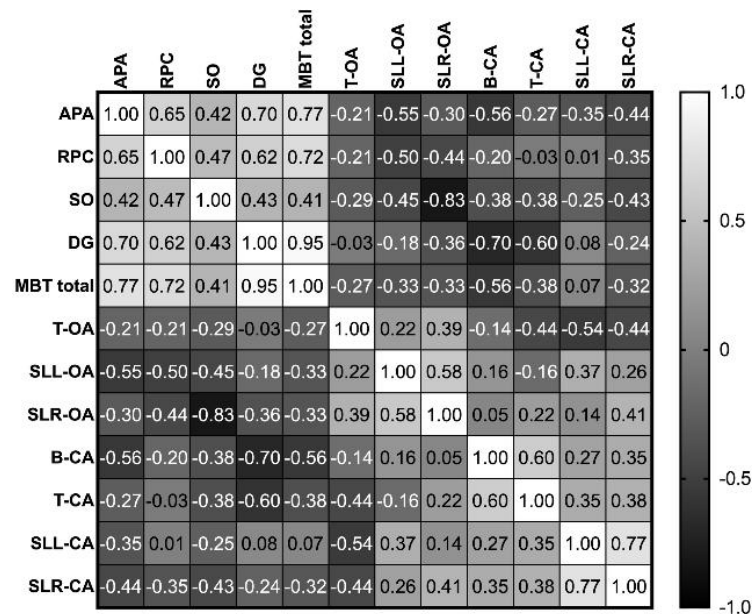


Figure 3C- Association between adapted balance sensory integration clinical test and mini-test

5 Discussion

Preliminary data for typically developing children in context-specific period were presented to serve as baseline to future studies in many populations and were also found important associations between vertical perception and balance variables. We highlight the use of clinical simple tests, that could be applied in several environments, without technology. We tried to include tests comprising multiple tasks often evaluate multiple postural control systems. Some values presented in this study are different for adult ones, as expected, because these children can be classified as competent but not yet as skilled movers (Clark, Metcalfe, 2002) considering here, only balance control and verticality perception variables. SVV errors in these children were greater compared to adults, but a curious fact is that there is a good accuracy in the SHV data, with lower values than adults (Perennou et al., 2008). It appears SHV is predominant in these children in context-specific period, which may contribute to the good association with the total BBT and some subscores.

In this way, for *verticality values*, Steindl et al. assume that visual and vestibular afferent systems reach an adult level only at the age of 15–16

(Steindl et al., 2006). In relation to visual vertical subjective, in children from 7 to 12 years old, the visual dependency is observed, because they rely more heavily on the visual frame of reference for processing spatial orientation cues. But this visual influence decreases with age without reaching the expected adult values (Bagust et al., 2013). To understand differences between SVV and SHV values, Fraser, Makooie, Harris (2015) argued about the existence of two separate but interactive representations of gravity: one linked to the information transduced by the head (vestibular system) and other, by the body (somatosensation, somatic graviception), reinforcing that gravity perception can be represented by both SVV and SHV.

And for *balance control*, Charpiot et al (2010) suggest that the balance control is still under maturation between 6 and 12 years, especially due to an improvement in using vestibular and visual inputs. Verbecque, Vereeck and Hallemans (2016) using static posturography, defined referential values according to age. They also discuss the non-linearity in development of postural control and comment about possible turning points with different motor behavior observed before and after some ages. In children with 8 years there were less sway than younger children (Stambolieva et al., 2012) and children with 13 seem to reach adult-like balance responses in natural bipedal stance (Ferronato & Barela, 2011). While the process of somatosensory maturation progresses in early childhood, both sensory processing and posture control strategies develop (Woollacott & Shumway-Cook, 1990; Foudriat et al., 1993; Polastri & Barela, 2013). From the age of seven and eighth years, the maturation period during which somatosensory integration matures sets in. According to Charpiot et al (2010), all sensory inputs mature progressively during childhood, resulting in a better global postural control. Somesthetic sensation is the earliest function to mature, whereas vestibular and visual functions mature progressively until 12 years at least.

About the instrument used in the present study, Dewar et al (2017) shows that MiniBESTest can discriminate postural control abilities in children with typical development, with a good reproducibility. About the use of CTSIB, Shumway-Cook and Horak (1986) affirm this method alone does not represent a comprehensive approach to balance assessment but should be viewed as an adjunct to clinical techniques used to assess postural instability. Some authors

explored the use of verticality tests in children, mainly SVV (Toupet et al., 2016). More details of psychometric characteristics for these tests were not found in children population.

Regarding moderate associations, haptic perception was more accurate in children who remained longer in the tandem posture, as well as those with better scores in anticipatory adjustments, dynamic gait and total MBT score. These findings reflect the link between the haptic perception of verticality and important aspects of balance. Anticipatory adjustments are developing in this population and the correct notion of verticality appears to be an integral part of this acquisition. Moreover, maturation of anticipatory postural adjustments (APAs) in standing will be later than the 7 to 10 year-old window (Girolami et al., 2010). Likewise, the behavior of verticality in haptic perception impacted or was impacted by gait, which means an inconstant balance task and also the ability to remain in more challenging postures, such as tandem.

Non expected results were the negative very strong association between SLR-OA and SO and the negative strong association between dynamic gait and B-CA. We tried to explain these findings with some inferences, although they can happen at random. Maybe, this first association is indicating that children with poor sensorial orientation, used other strategies, or biomechanics compensations to stay in single leg position for more time, with success. The second association can mean the gait ability involves the use of visual sense, so it is not exploring conditions without vision as in B-CA test, that can be good scored (Koren et al., 2022). As well, bipedal position, even though the eyes are closed, is a more secure and stable condition, compared to gait in general (Koren et al., 2022; Tomomitsu et al., 2013).

As study limitations we can include the number of children, the age range, the loss of control by posturography tests. But it did not compromise the importance of all data presented here. We could address the use of sensory information and explore a little about development of sensorimotor integration in children, because of several conditions used, like vision, haptic, support basis and surface effects. We also emphasized the ease of application of clinical simple tests adapted to several environments, in each routine practice.

Conclusion

We presented preliminary data for functional balance, sensorial integration and verticality perception in typically developing children in context-specific period and found important association between the verticality haptic perception and postural balance tests.