



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LEONARDO GEORGE VICTORIO VITOR

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES INTRÍNSECOS NA
AVALIAÇÃO DO CONTROLE POSTURAL EM CRIANÇAS
COM DESENVOLVIMENTO TÍPICO**

Londrina
2019

LEONARDO GEORGE VICTORIO VITOR

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES INTRÍNSECOS NA
AVALIAÇÃO DO CONTROLE POSTURAL EM CRIANÇAS
COM DESENVOLVIMENTO TÍPICO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Reabilitação (Programa Associado entre Universidade Estadual de Londrina - UEL e Universidade Pitágoras Unopar - UNOPAR) como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências da Reabilitação.

Orientadora: Profa. Dra. Dirce Shizuko Fujisawa

Londrina
2019

Vitor, Leonardo.

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES INTRÍNSECOS NA AVALIAÇÃO DO CONTROLE POSTURAL EM CRIANÇAS COM DESENVOLVIMENTO TÍPICO / Leonardo Vitor. - Londrina, 2019.
80 f. : il.

Orientador: Dirce Fujisawa.

Tese (Doutorado em Ciências da Reabilitação) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, , 2019.
Inclui bibliografia.

1. Controle postural - Tese. 2. Desenvolvimento motor - Tese. 3. Atividades funcionais - Tese. 4. Exame fisioterapêutico do controle postural - Tese. I. Fujisawa, Dirce. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. . III. Título.

LEONARDO GEORGE VICTORIO VITOR

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES INTRÍNSECOS NA
AVALIAÇÃO DO CONTROLE POSTURAL EM CRIANÇAS COM
DESENVOLVIMENTO TÍPICO**

Tese apresentada à UEL, no Doutorado em Ciências da Reabilitação, área e concentração em Ciências da Saúde, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor conferido pela Banca Examinadora formada pelos professores:

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Dirce Shizuko
Fujisawa
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Suhaila Mahmoud Smaili Santos
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Viviane de Souza Pinho Costa
Universidade Norte do Paraná – UNOPAR

Prof. Dr. Márcio Rogério de Oliveira
Universidade Norte do Paraná - UNOPAR

Profa. Dra. Josiane Lopes
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 23 de abril de 2019.

AGRADECIMENTOS

A alegria para o momento não pode ser expressada somente em palavras aqui descritas, a emoção e a satisfação de cumprir com êxito a tarefa também não é possível mensurar, mas seguem algumas palavras. No início era difícil sim e logo depois ficou mais árduo ainda, no entanto, sendo assessorado pela minha equipe, pude avançar, aprender, melhorar e assim contribuir com meu conhecimento. Quando a equipe é forte, os objetivos ficam acessíveis, portanto falarei da minha equipe.

Professora, amiga, orientadora e também cliente, sempre me mostrou o melhor caminho, não que foram os mais simples, mas os mais corretos. Com toda sua paciência me aguardou e sempre me cobrou de forma delicada e positiva. Suas orientações perfeccionistas foram desafiadoras, mas sempre bem vindas e dando qualidade ao estudo. Foi sensacional aprender com você. Não poderia ter melhor orientação. Muito obrigado.

Amigos que contribuíram nas coletas de dados, obrigado pela dedicação, paciência e empenho durante a jornada.

Família, pai você sempre me ensinou a ser correto sem nunca me falar ou me explicar como fazer, as suas atitudes me mostram como fazer. Obrigado pelo exemplo. Mãe, dedicada a sempre fazer o máximo por suas razões (família e trabalho), agradeço também por me direcionar sempre ao caminho certo e permanecer junto. Obrigado.

Esposa, sua contribuição também é sensacional, sempre me ouvindo, suportando e principalmente, cuidando da nossa família de forma maravilhosa. Aquela frase “Para ser um grande homem tem que ter a Majestade da grande mulher” é verdade. Obrigado. Filho, ouvi uma vez que, eu sou a grande motivação para meu pai, desta forma, você também é a minha. Sempre que estava em frente ao computador ele sentava em meu colo e pedia para teclar na sua letra “P”, e foram várias as vezes em que o material saia da formatação, mas sem problema. Os suportes, Vó Maria e Nina, Vô Nico (saudades infinitas) e Vô Zé, esta foi a equipe de suporte, sempre em oração e positividade. Tio Digo, obrigado pela parceria e oração constante para meus objetivos. Enfim, toda equipe tem um comandante e este é Deus, os caminhos que percorro sempre tenho sua proteção e auxílio, “Com você eu sei, me sinto forte, com você não temo minha sorte, porque eu sei que tudo isto veio

de você”, Nossa Senhora, já me socorreu algumas vezes, obrigado pela presença que sinto.

Também aos membros da banca, que contribuíram imensamente para evolução e esclarecimento de minhas ideias. As suas sugestões foram significantes e preciosas para o resultado final. Portanto, agradeço a paciência, dedicação e as instruções.

Obrigado.

VITOR, Leonardo George Victorio. **Análise da influência de fatores intrínsecos na avaliação do controle postural em crianças com desenvolvimento típico.** 2019. 80 f. Tese (Doutorado em Ciências da Reabilitação) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 2019.

RESUMO

Introdução: O controle postural (CP) em crianças vem sendo amplamente estudado, devido as suas diferentes metodologias e respostas de avaliação. Inúmeros são os fatores que influenciam positivamente ou negativamente a qualidade das estratégias de equilíbrio, como exemplo, o processo de evolução motora, o sexo, a antropometria e as informações visuais, que podem alterar o padrão de respostas de ação. **Objetivos:** Verificar o controle postural de crianças em desenvolvimento típico, por meio de dois estudos: 1) Analisar a influência de fatores intrínsecos (faixa etária, sexo, informação visual e antropometria) no CP de crianças com desenvolvimento típico, e; 2) Identificar a qualidade das estratégias de equilíbrio da criança sobre a plataforma de força durante o teste de alcance. **Métodos:** Participaram ao todo 62 crianças. No estudo 1 foram avaliadas 62, e no 2 participaram 61 crianças. Em ambos estudos as crianças foram divididas em grupos por faixa etária: G1 5-6 anos; G2 7-8 anos e G3 9-10 anos. No estudo 1 foram analisados os parâmetros área de deslocamento do centro de pressão (A-COP) e velocidades (VEL) anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML) na plataforma de força (PF) em condições bipodal olhos abertos e olhos fechados. O estudo 2 avaliou o teste de alcance funcional (TA) nas direções anterior e laterais direita e esquerda sobre a PF, extraídos os principais parâmetros do centro de pressão. **Resultados:** No estudo 1, o G3 apresentou melhor desempenho de equilíbrio com e sem informação visual. As meninas, inicialmente, tiveram pior CP do que os meninos em G1, mas em G2 e G3 já não apresentaram diferenças. O avanço da idade influenciou positivamente a qualidade das respostas de equilíbrio em melhora da A-COP de 21%, 24% menor VEL AP e 39% em VEL ML. No estudo 2, os resultados da PF e TA não se correlacionaram e o G3 teve melhor alcance ($p < 0,01$), mas não melhores estratégias na PF. As meninas apresentaram melhor CP sobre a plataforma, mas não alcançaram significativamente mais do que os meninos. A idade foi o fator de maior influência positiva no TA. **Conclusão:** O avanço da idade tem maior influência no CP, em função do processo evolutivo. Meninas, inicialmente, tiveram piores respostas de CP, mas aos 7–8 anos de idade, superaram os meninos. As crianças com maior limite de estabilidade, nem sempre apresentam boas estratégias de CP. A idade aumenta o limite de estabilidade em todas as direções, mas não melhora os índices de CP sobre a PF. As meninas têm melhores estratégias sobre a PF nos deslocamentos, mas não tem maior limite de estabilidade do que os meninos.

Palavras-chaves: Equilíbrio Postural. Criança. Desenvolvimento infantil. Atividades cotidianas. Sexo e acuidade visual.

VITOR, Leonardo George Victorio. **Analysis of the influence of intrinsic factors in the evaluation of postural control in children with typical development.** 2019. 80 p. Thesis (Doctorate degree in Rehabilitation Sciences) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

ABSTRACT

Introduction: Postural balance (PB) in children has been largely studied, due to its different methodologies and evaluation responses. There are many factors that influence positively or negatively the quality of balance strategies, such as the process of motor evolution, gender, anthropometry and visual information, which can change the pattern of action responses. **Aim:** To verify the postural control of children in typical development, through two studies: 1) To analyze the influence of intrinsic factors (age, sex, visual information and anthropometry) in the PB of children with typical development; 2) To identify the quality of the child's balance strategies on the force platform during a reach test. **Methods:** 62 children participated in the study. In study 1, 62 were evaluated, and in 2, 61 were evaluated. In both studies the children were divided into groups by age group, G1 5-6 years; G2 7-8 years e G3 9-10 years. In study 1 the parameters of the center of pressure displacement (A-COP) and anteroposterior (AP) and mid-lateral (ML) velocities (V) on the force platform (PF) were analyzed in bipodal open and closed eyes conditions. Study 2 evaluated the functional reach test (TA) in the anterior and lateral directions, right and left over the FP, and extracted the main parameters of the pressure center. **Results:** In study 1, G3 had better balance performance with and without visual information. Girls initially had worse PB than boys in G1, but in G2 and G3 there were no differences. Age advancement positively influenced the quality of the balance responses in A-COP improvement of 21%, 24% lower AP VEL and 39% ML VEL. In study 2, PF and TA results were not correlated, and G3 had a better range ($p < 0.01$), but not better strategies in FP. The girls had better PB on the platform but did not reach significantly more than boys. Age was the factor with the greatest positive influence on TA. **Conclusion:** The advancement of age has a greater influence on PB, as a function of the evolutionary process. Girls initially had worse PB responses, but at 7-8 years of age, outweigh the boys. Children with higher stability limits do not always have good COP strategies. Age increases the stability limit in all directions, but does not improve PB indexes over FP. Girls have better strategies on PF in offsets, but have no greater limit of stability than boys.

Key-words: Postural balance. Child. Child development, Activities of daily living. Sex e visual acuity.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

- Tabela 1 - Desempenho do controle postural de acordo com a idade e informação visual: interação entre grupos e intragrupos.....44
- Tabela 2 - Desempenho do controle postural de acordo com a idade e o sexo: interação entre grupos e intragrupo.....45
- Tabela 3 - Fatores que influenciam o controle postural em crianças46

ARTIGO 2

- Tabela 1 - Comparação das respostas em diferentes faixas etárias.....61
- Tabela 2 - Comparação das respostas em diferentes sexos62
- Tabela 3 - Influência dos fatores intrínsecos sexo e idade.....63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Esquema de componentes do equilíbrio	14
Figura 2 -	Estatocinésigrama e estabilograma do centro de pressão.....	25
Figura 3 -	Valores quantitativos da avaliação do equilíbrio postural (Estabilografia)	26
Figura 4 -	<i>Pediatric Reach Test</i>	29
Figura 5 -	Teste de Alcance Anterior com fita fixa	30
Figura 6 -	Teste de Alcance Lateral com fita fixa.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Anteroposterior
A COP	Área de Deslocamento do Centro de Pressão
CP	Controle Postural
DES	Deslocamento Total do Centro de Pressão
DT	Desenvolvimento Típico
ML	Médio-lateral
PF	Plataforma de Força
PF_A	Plataforma de Força e Alcance Anterior
PF_D	Plataforma de Força e Alcance Lateral Direita
PF_E	Plataforma de Força e Alcance Lateral Esquerda
SNC	Sistema Nervoso Central
TA	Teste de Alcance
TA_D	Teste de Alcance à Direita
TA_E	Teste de Alcance à Esquerda
VAP	Velocidade Média na Oscilação Anteroposterior
VML	Velocidade Média na Oscilação Médio-lateral

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivos Gerais.....	12
2.2	Objetivos Específicos.....	12
3	REVISÃO DE LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO	13
3.1	Equilíbrio Humano e Controle postural.....	13
3.2	Controle Motor.....	15
3.3	Controle Postural em Crianças com Desenvolvimento Típico.....	17
3.4	Funcionalidade e Controle Postural.....	20
3.5	Alterações do Controle Postural.....	21
3.6	Aplicação clínica.....	22
3.7	Sistemas de Avaliação do Controle Postural.....	24
4	ARTIGO 1	31
5	ARTIGO 2	47
6	CONCLUSÕES GERAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS	64
	REFERÊNCIAS	66
	ANEXOS	77
	ANEXO A - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.....	78
	ANEXO B - Autorização Secretaria da Educação.....	79
	APÊNDICE A - Termo de consentimento livre e esclarecido.....	80

1. INTRODUÇÃO

O controle postural (CP) em crianças, atualmente, é abordado em diversos estudos. A heterogeneidade de fatores envolvidos na população desperta o interesse em determinar, o mais exato possível, as características de equilíbrio, evitando erros na prática clínica¹. Para elucidar a questão, foram desenvolvidas algumas ferramentas avaliativas do CP, porém a quantidade e diversidade de técnicas trazem diferentes parâmetros, assim, desperta-se a necessidade em ampliar o conhecimento sobre o CP na infância e compreender o comportamento das estratégias de equilíbrio.

O CP é a capacidade de ação ou reação do corpo para a manutenção do equilíbrio². Inicialmente recebe-se informações do espaço e do ambiente pelo sistema visual, logo o sistema vestibular percebe as velocidades e o posicionamento dos segmentos e, também, as informações proprioceptivas são recebidas pelo sistema somatossensorial². Essas informações são processadas pelo Sistema Nervoso Central (SNC), que por sua vez, estimulam o sistema motor, a fim de recuperar ou manter o equilíbrio do corpo³. Portanto, o equilíbrio postural consiste no momento em que as forças externas e internas sejam iguais a zero, ou seja, o componente linha de gravidade (linha imaginária que atravessa o centro de gravidade) se mantém dentro da base de suporte (espaço projetado entre os pontos de apoio do corpo), permitindo que o corpo permaneça sem quedas⁴.

Em crianças com desenvolvimento típico (DT), o CP é um processo evolutivo. Ao passar dos anos, as crianças desenvolvem novas habilidades e estratégias que respondam aos diferentes desafios propostos por diversas posturas e condições⁵. Como exemplo, próximo aos 12 meses de idade a criança adota a postura bípede, um dos principais marcos do processo de desenvolvimento neuromotor⁶. Contudo, a nova postura alcançada permite que a criança possa praticar novas tarefas que favorecerão o desenvolvimento. Assim, torna-se um ciclo evolutivo, preparando a criança para que cada vez mais realize atividades sociais, interferindo também no desenvolvimento emocional e comportamental⁷.

Atualmente, para avaliar o CP, há ferramentas clinicamente objetivas e outras funcionais. As medidas objetivas, geralmente provenientes de meios tecnológicos que são sensíveis em identificar a projeção da linha de gravidade

durante qualquer tarefa. Na população adulta e idosa, um dos parâmetros mais confiável é a área de oscilação do centro de pressão (A COP), oriunda da estabilografia, que analisa e trata os dados da plataforma de força (PF)⁸, equipamento que é capaz de identificar a força de reação do solo inserida em um corpo⁹.

Já as medidas funcionais, são testes mais simples, o diagnóstico é gerado por meio da observação de ações motoras básicas durante a execução de tarefas que ocorrem no dia a dia, como permanecer em pé sem apoio, permanecer em apoio unipodal, deambular, saltar, alcançar, levantar-se ou transferir-se^{10,11}. Tais observações classificam as capacidades funcionais relacionadas com o CP, como exemplo, a mobilidade do tronco durante o movimento de alcance horizontal¹⁰. Desta forma, pretende-se conhecer as estratégias de equilíbrio durante o teste funcional e compreender a influência dos fatores intrínsecos e extrínsecos, tanto para diagnóstico de alterações, quanto para a tomada de decisão sobre o tratamento^{12,13}. Ainda os modelos supracitados, podem mostrar resultados sub ou supraestimados, devido a grande variabilidade dos fatores intrínsecos e extrínsecos apresentados pelas diferentes populações.

Entre as crianças, o principal fator intrínseco é o processo evolutivo⁷, e os extrínsecos estão relacionados ao aprendizado e as influências motoras¹². Sabe-se também que a maioria dos modelos são dirigidos a reabilitação infantil de crianças que apresentem déficits. Contudo, a interação dos fatores intrínsecos e extrínsecos podem alterar o desempenho quanto ao CP, inclusive da criança em DT. Assim, a criança com DT pode não estar preparada para realizar todas atividades propostas em seu cotidiano, sejam escolares, sejam lúdicas^{12,13}.

Portanto, essa tese busca compreender a influência de fatores intrínsecos sobre o controle postural durante o processo evolutivo da criança com DT. Os fatores intrínsecos idade, sexo, antropometria e informação visual podem afetar o controle postural em crianças com DT, tornando necessário identificar o quanto influenciam o seu desempenho. Além disso, pretende-se verificar as estratégias e as influências dos fatores intrínsecos durante o teste de alcance funcional, incluindo a análise comparativa do desempenho e resposta, visto ser amplamente utilizado na prática pediátrica, preenchendo assim, uma lacuna quanto

ao seu potencial enquanto medida avaliativa. Também observar as respostas resposta do CP tanto em testes laboratoriais, quanto em clínicos.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Analisar a influência dos fatores intrínsecos (faixa etária, sexo, informação visual e antropometria) no CP de crianças com DT e identificar a qualidade das estratégias de equilíbrio sobre a plataforma de força, durante a realização de um teste que avalia o limite de estabilidade.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Identificar e analisar a influência da idade, sexo e informação visual no CP de crianças com desenvolvimento típico;
- ✓ Estabelecer a correlação entre qualidade de estratégias do CP sobre a plataforma de força e a distância alcançada na execução de um teste que avalia o limite de estabilidade;
- ✓ Analisar a distância alcançada (Teste de Alcance) e as estratégias de CP (Plataforma de Força) na realização do teste de limite de estabilidade, conforme a idade, sexo e classificação nutricional;
- ✓ Identificar se os fatores intrínsecos (idade, sexo e antropometria) influenciam as respostas do CP sobre a plataforma de força e o limite de estabilidade.

3 REVISÃO DE LITERATURA – CONTEXTUALIZAÇÃO

3.1 Equilíbrio Humano e Controle postural

O equilíbrio humano ortostático é o momento em que um corpo mantém-se estável^{14,15}. Tal condição exige que todas as resultantes das forças externas que agem sobre o corpo (gravidade, apoio e contato ou reação do solo) sejam iguais a zero, independente se o corpo está estático ou em movimento¹⁶. A mecânica estática significa que o sistema é estacionário ou com velocidade constante e sua aceleração igual a zero, assim, as ações funcionais de manter-se bípede, sentado ou em decúbito são exemplos deste modelo estático. Já a mecânica dinâmica é responsável por analisar o sistema em movimento variável, em que sua aceleração é diferente de zero, como exemplo, a função da marcha ou levantar-se¹⁷. Ambas, estática ou dinâmica precisam estar equilibradas para que sejam realizadas tarefas simples, como andar, ou mais complexas, como alcançar. Permanecer em equilíbrio é sinal de que as estruturas anatômicas associadas ao controle motor apresentam potencial para normalizar as forças externas¹⁸.

Durante a mecânica estática (bípede) ou dinâmica (marcha), o posicionamento do segmento distal do membro inferior (pés) apresenta contato ou apoio com o solo, forma-se assim, importante força externa de reação do solo¹⁹. Este mecanismo, além de gerar maior resistência ao movimento e fazer com que outras articulações e sistemas periféricos estejam envolvidos na tarefa, também projeta a base de suporte.

A base de suporte é o espaço delimitado entre os apoios dos segmentos sobre a superfície local. No interior da base de suporte deve-se manter a linha de gravidade, que de forma imaginária atravessa o centro de gravidade do corpo (Figura 01), que na criança se localiza na altura da 12ª vértebra torácica²⁰. O equilíbrio corporal significa manter a linha de gravidade dentro da base de sustentação, pois se percorrer o

caminho fora dessa base, o corpo perderá o equilíbrio e poderá sofrer queda¹⁴.

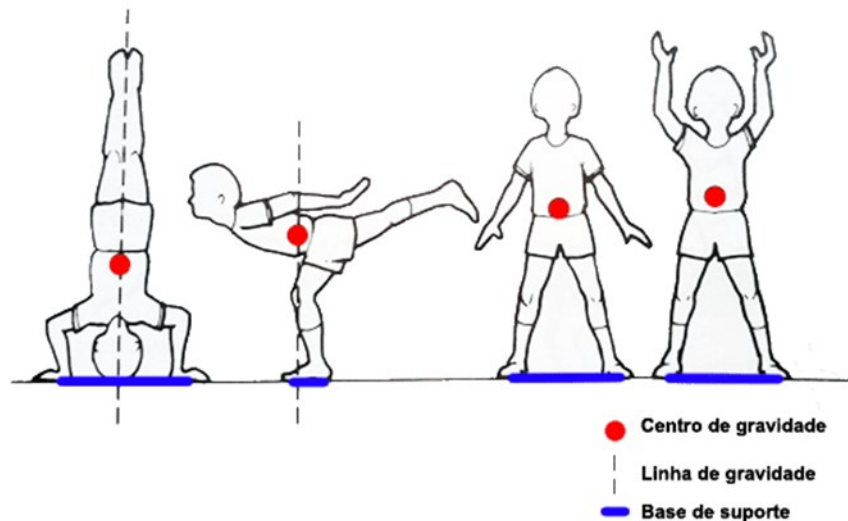


Figura 01. Esquema de componentes do equilíbrio. Fonte: Pollock *et al.* (2000)¹⁶.

O CP é a ação que promove a manutenção ou recuperação do arranjo dos segmentos intrinsecamente, com objetivo de apresentar cinemática geométrica e regular²¹. O CP pode ser dividido em suporte, estabilidade e equilíbrio e apesar de apresentarem o mesmo propósito, atuam com diferentes mecanismos²². O suporte é a interação das estruturas passivas (articulação, ligamento, osso e tendão) e ativas (musculares), entretanto, a atividade muscular controla as estruturas passivas durante a manutenção ou recuperação do equilíbrio. A estabilidade permite que outros segmentos não se alterem quando sofre perturbações, mantendo o alinhamento corporal em harmonia durante e após a execução de movimentos. Por fim, o equilíbrio provê que a linha de gravidade permaneça dentro da base de suporte²³.

As ações do CP envolvem os sistemas sensoriais (aférentes) e motores (eferentes). Os sistemas sensoriais são os receptores de informações visuais, vestibulares e somatossensoriais²⁴. O sistema visual é sensivelmente predominante dentre os outros, pois fornecem os dados

mais relevantes do ambiente, como tamanho, forma, cor, obstáculos, distâncias, espaços e posição²⁰.

O estímulo luminoso inicialmente recebido pelos olhos passa pela córnea, pupila, cristalino, corpo vítreo e retina, local em que situa-se os receptores visuais cones e bastonetes, responsáveis por gerar imagens focais ou periféricas processadas pelo SNC²⁵. Os receptores vestibulares são formados pelos órgãos do otólito, utrículo, sáculo e os canais semicirculares do labirinto, estes componentes informam sobre o posicionamento da cabeça em relação ao ambiente, orientando sobre aceleração linear de deslocamento e campo gravitacional²⁶.

Os receptores somatossensoriais informam as sensações tátil, pressão, vibração, posição dos membros, calor, frio, e dor por meio de mecanorreceptores especializados, e de forma especial, os receptores proprioceptivos cutâneos plantares que emitem o reconhecimento da superfície em que o corpo está tocando²⁷.

3.2 Controle Motor

As informações visuais, vestibulares e somatossensoriais são recebidas e levadas ao SNC, integradas e respondidas em forma de ação motora cinética. O processo eferente inicia-se com a organização dos padrões de movimentos rítmicos, voluntários ou em forma de reflexos. O tronco encefálico é responsável por promover as ações de controle da postura e do equilíbrio, regulando o tônus muscular e orientando os olhos e cabeça, facilitando assim, a recepção de informações visuais e favorecendo o sistema vestibular, formando um sistema de “*feedforward*”^{28,29,30,31,32}. Esse sistema é dependente do cerebelo, estrutura que permite o sequenciamento e organização das estratégias motoras. Ainda, coordena os estímulos inibitórios dos músculos antagonistas e excitatórios dos agonistas, modulando respostas motoras instantâneas frente a situações voluntárias. As ações inibitórias são desencadeadas pelas células de Purkinje, e excitatórias originadas nas

células nucleares profundas. Desta forma, a função cerebelar é determinante no controle do equilíbrio do corpo, quando em meio a perturbações repentinas, acelerações ou desacelerações, rotações e também estático^{27,30,33}. No entanto, o cerebelo não é capaz de iniciar a atividade motora, mas sim organizá-la conforme o tempo e o espaço³⁰.

O estímulo eferente chega à células musculares, que são compostas por fibras e apresentam sarcômeros com capacidade contrátil, devido a actina e miosina. As fibras musculares dispõem de uma superfície de junção mioneural que viabilizam a troca de informações (excitatórias ou inibitórias) por meio de componentes químicos^{28,29}. Assim, o disparo motor ocorre a fim de gerar força muscular para mobilizar as articulações.

No CP, o disparo motor acontece na forma reativa e preditiva³⁴. A forma reativa ocorre no momento em que o corpo é surpreendido, ou seja, está estável e recebe uma força externa inesperada, assim, o CP é uma reação com objetivo de recuperar a linha de gravidade para dentro da base de sustentação. Já a forma preditiva ocorre quando percebe-se que a linha de gravidade, possivelmente, percorrerá um caminho externo à base de sustentação, devido a força ou aceleração que será aplicada no corpo, então o CP antecipa sua ação^{23,35}. A forma preditiva ocorre no teste funcional de alcance. Contudo, estas formas de ação motora podem antecipar ou recuperar o centro de gravidade de forma multidirecional, ou seja, anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML)³⁶.

A oscilação AP dispõe de estratégias desenvolvidas pela articulação do tornozelo e quadril para manutenção do equilíbrio. O disparo muscular deve ocorrer de forma contrária à direção da oscilação, ou seja, se o corpo é deslocado posteriormente, o grupo muscular de dorsiflexão será ativado. Logo, é preciso que a intensidade da contração muscular seja suficiente para anular a força externa e reestabelecer o equilíbrio. Caso este mecanismo inicial não seja eficiente para reestabelecer o equilíbrio, a articulação do quadril é disparada

secundariamente para absorver a força externa e manter o centro de gravidade sobre a base de sustentação³⁶.

Nas oscilações ML, a estratégia inicial é a transferência de peso entre as articulações tornozelo e quadril e tronco^{23,34}. Caso a transferência de peso ainda não seja capaz de controlar o equilíbrio, a musculatura do quadril é recrutada, pois a articulação permite maior grau de liberdade, sendo tridimensional (flexão, extensão, abdução, adução, rotação interna e externa)^{23,34}. Outro aspecto, é a organização do recrutamento motor conforme a intensidade da oscilação, tem-se diferentes sequências de disparo motor dos grupos musculares. Se a força externa for grande, o quadril recebe a ordem de disparo, sendo um padrão de proximal para distal. Já se a perturbação for simples, a ordem de disparo é de distal para proximal^{35,23}. Entretanto, o tornozelo e quadril estão presentes nas ações mais simples cuja força externa pode ser facilmente anulada, controlando a linha de gravidade dentro da base de sustentação. Em caso de maior complexidade, recorre-se para a estratégia do passo, que visa aumentar rapidamente a base de sustentação, com objetivo de otimizar a função de equilíbrio^{23,36}.

3.3 Controle Postural em Crianças com Desenvolvimento Típico

O DT é caracterizado pela não ocorrência de anormalidades, oriundas de lesões ou danos, como por exemplo, a paralisia cerebral ou malformações, que possam comprometer o SNC, alterando seu estado funcional³⁷. A criança em DT, desde o nascimento até o início da fase adulta, passa por um período de desenvolvimento neuromotor, com interações causais: individual (hereditariedade, biologia e fatores intrínsecos); ambiental (experiência, aprendizado e fatores extrínsecos) e tarefas (fatores físicos e mecânicos)³⁸. Neste período, a criança se depara a cada dia com novas sensações e situações que possibilitam novas posturas, logo a experiência neuromotora favorece a execução de tarefas

de vida diária que aprimoram habilidades e estratégias, esta comumente é a característica da maturação dos sistemas sensoriais e motores no DT³⁹.

O período de desenvolvimento é segregado em etapas evolutivas com marcos expressivos. A criança apresenta movimentos reflexos entre zero a quatro meses. Um dos marcos principais é a sustentação da cabeça (3° mês) e outro agarrar objetos (4° mês). Os movimentos rudimentares acontecem entre quatro meses a dois anos, repleto de importantes conquistas como manter-se sentado com apoio (6° mês), permanecer sentado sem apoio (9° mês), engatinhar (10° mês), adquirir a postura bípede com apoio e, posteriormente, deambular sozinho (12° ao 14° mês).

Os movimentos fundamentais de dois a sete anos são representados pelas habilidades de correr, saltar, andar com firmeza, arremessar e apanhar objetos. A combinação de movimentos ocorre entre sete a 10 anos, fase que a criança já é capaz de executar duas ações simultaneamente e, a partir dos 10 anos, movimentos especializados com dominância de velocidades, força e flexibilidade que permitem a prática desportiva^{6,40,41}.

O sistema visual é o principal meio de captação de informações para o CP. Durante as etapas de maturação, também é utilizado precocemente em bebês de cinco a 10 meses para ajustes na manutenção de posturas^{42,43}. Por volta dos sete anos de idade, deixa de ser o principal meio de informações^{44,45}, mas ainda encontra-se em processo de maturação até os 15 anos de idade^{46,47}. Neste estágio, a criança deixa de ser totalmente dependente da visão (sete anos), já que os sistemas vestibulares e somatossensoriais passam a auxiliar no CP.

Já a maturação do sistema motor também é multifatorial e dependente de agentes internos e externos. Os agentes internos interferem efetivamente nos sistemas, como os hormônios, que tem a propriedade de induzir ou inibir determinadas situações, como exemplo, a do crescimento de tecidos ósseo e muscular, controlados pela excreção de testosterona e estradiol⁴⁸. Os agentes extrínsecos estão associados a

condições ambientais, dentre eles, o excesso de forças mecânicas ou pressões indevidas podem ocasionar alterações posturais, dificultando o desenvolvimento⁴⁹. Ainda, tem-se a questão das deficiências nutricionais e metabólicas facilmente encontradas nos tempos atuais, pela má relação de consumo e gasto energético, em função do sedentarismo^{50,51,52}. Tais condições exigem que os sistemas estejam em sobrecarga ou desuso de suas propriedades, provavelmente, interferindo negativamente no DT⁵³ e na qualidade das respostas eferentes durante a manutenção do equilíbrio.

O sexo também é um forte influenciador no DT, em especial na habilidade de CP. Na faixa etária de três e quatro anos, os meninos demonstram maiores oscilações do que as meninas sem sofrer nenhum tipo de influência antropométrica⁵⁴. Aos sete e oito anos as meninas melhoram ainda mais sua qualidade e aproveitamento de informações vestibulares⁵⁵, buscando aprimorar as respostas de equilíbrio. Entre nove e 10 anos ambos os sexos já apresentam oscilações semelhantes. O fato de que os meninos, geralmente, apresentam mais oscilações comparadas as meninas durante a maturação, pode estar relacionada a menor velocidade de desenvolvimento do sistema neuromuscular nesta faixa etária⁵⁴.

As características antropométricas também podem influenciar de alguma forma o DT⁵⁶. As crianças que apresentam índices de sobrepeso podem apresentar diferentes estratégias de CP, mas não necessariamente apresentam déficit relacionado ao processo de maturação dos sistemas⁵⁷. A maior estatura pode favorecer a maturação das respostas de equilíbrio, porém existem controvérsias, pois quando a criança é mais alta, provavelmente, está em faixa etária mais avançada, logo, não se confirma como fator relevante ou explicativo^{58,59}.

Por fim, o avanço da idade é o fator que mais apresenta relação com o desenvolvimento dos sistemas, inclusive o CP, em que quanto mais velha a criança, maior a quantidade de estratégias e mais qualidade das ações de manutenção ou recuperação do equilíbrio⁶⁰. O aprendizado favorece o desenvolvimento, já que proporciona maior

participação em atividades funcionais diárias, seja nos ambientes escolares seja nos domiciliares, e assim, contribuem positivamente de forma cíclica para o processo evolutivo⁶¹.

3.4 Funcionalidade e Controle Postural

Todos os órgãos, sistemas e estruturas do corpo apresentam funções definidas e específicas, que compreendem em funcionalidades humanas, permitindo que o indivíduo participe de atividades sociais e se inter-relacione com o meio externo⁶². Neste contexto participativo, a criança é submetida a superar desafios constantes para que possa vivenciar e executar as novas demandas. Desde o seu nascimento, a criança busca a adoção de diferentes posturas que permitam maior interação com o ambiente. Assim, a nova condição traz um desafio ao sistema de CP, tendo que habilitar e organizar as capacidades sensório-motoras para efetuar o ajuste necessário^{63,64}.

As novas atitudes também proporcionam o ato da brincadeira que também é um grande facilitador para a evolução comportamental, social, emocional, moral e das habilidades motoras^{63,65}. Durante as atividades lúdicas, a criança permanece em posicionamentos e posturas que solicitam atividades neuromotoras e elicitam a boa destreza, coordenação, postura, mobilidade articular, força e flexibilidade muscular, CP e, até mesmo, o condicionamento cardiopulmonar⁶⁶. Dessa forma, torna-se natural a evolução dos sistemas físicos e das capacidades funcionais. Por outro lado, crianças menos participativas e que estão em ambientes desfavoráveis a brincadeiras ou até mesmo tem dificuldade de relacionamento, estão suscetíveis a apresentarem déficit no processo evolutivo. Tal fator limita a velocidade das melhorias e interrompe a evolução das capacidades funcionais⁶⁷. Tais situações não necessariamente são consideradas como lesão, mas um distúrbio hipocinético que, futuramente, em idade adulta ou idosa, desencadearão diagnósticos de síndromes não infecciosas com alto poder de mortalidade

e, atualmente, muito frequentes, como a diabetes tipo II, hipercolesterolemia e hipertensão arterial^{67,68}. Para não interferir no DT essas síndromes podem ser monitoradas por meio de algumas variáveis antropométricas como circunferência de cintura, índice de massa corpórea, percentagem de gordura, relação cintura estatura entre outras de fácil acesso e aplicação, viabilizando seguir contínuo e sem alterações do processo evolutivo⁶⁸.

3.5 Alterações do Controle Postural

Sabe-se que o CP, comumente, é prejudicado em crianças com diagnósticos de paralisia cerebral⁶⁹, síndrome de Down⁷⁰, distrofias e problemas articulares ou ósseos^{71,72,73}. Em geral, situações e condições que afetam as habilidades de execução dos movimentos, por consequência interferem no desenvolvimento, podem levar a situações que a criança ainda não esteja preparada e, assim, sofrer quedas⁷⁴. As quedas podem incidir em traumatismos cranioencefálicos ou lesão nos segmentos de membro superior ou inferior, e gerar disfunções que alteram as capacidades físicas e funcionais⁷⁵. Durante as fases de DT, a criança está sujeita a quedas, inicialmente, quando lactentes que podem ocorrer devido ao descuido do adulto responsável⁷⁶. Já na fase inicial da postura ortostática bípede ainda não se tem habilidade suficiente para a manutenção do equilíbrio em função da inexperiência e instabilidade frente às novas posturas.

Por volta dos dois anos de idade, a criança passa a associar a velocidade durante seu deslocamento, correndo e tendo que superar obstáculos, realizando mais posturas instáveis e aumentando a chance de incidentes. No ambiente escolar, as quedas podem ocorrer durante a execução de práticas lúdicas ou esportivas que solicitam desafios posturais, como manter-se em apoio unipodal, posição de *tandem*, olhos fechados ou em superfícies irregulares^{74,76}. As quedas que ocorrem em fase escolar, geralmente, não trazem consequências drásticas, mas podem inferir em novas situações que predisponham a criança a mais

ocorrências de quedas, devido a sequelas físicas, ou até mesmo, o medo ao realizar a tarefa⁷⁷. Assim, a avaliação e intervenção na fisioterapia em relação ao CP de crianças em desenvolvimento, nas fases pré-escolar e escolar, podem auxiliar na manutenção ou na reabilitação de capacidades físicas e funcionais que permitam a execução das atividades de vida diária com qualidade.

3.6 Aplicação clínica

A prática clínica do fisioterapeuta em relação ao CP ocorre no processo de reabilitação ou para a manutenção de capacidades funcionais que estejam envolvidas com o sistema de equilíbrio. As condutas devem compreender planos de tratamento que visam reestabelecer a capacidade deficitária do paciente⁷⁸. Dentre as práticas de manutenção é preconizado o ato preventivo, com objetivo de melhorar ou manter a integridade e normalidade de suas capacidades físicas⁷⁹.

Tanto as condutas durante as fases de reabilitação quanto as de manutenção precisam ser embasadas. Após o momento de consulta, o profissional deve optar pelo melhor método de avaliação, a fim de diagnosticar mais precisamente, fato que irá direcionar a tomada de decisão clínica e fornecer ao paciente o melhor programa de intervenção. A partir desses dados, os objetivos e meios a serem utilizados vão se definindo, como a modalidade e o tipo de exercício, a intensidade, a duração, a frequência, as séries e as repetições^{80,81} a serem executadas. Nesse sentido, no processo de reabilitação, os métodos de avaliação do CP são extremamente importantes para embasar o tratamento e monitorar a evolução do quadro funcional. Já em crianças que não apresentam diagnósticos clínicos, a avaliação do CP pode identificar o início ou a instalação de um processo patológico ou também monitorar o indivíduo para que mantenha o DT⁷⁹. Esse modelo já é difundido e aplicado no ambiente escolar nas aulas de educação física ou eventos que tenham como objetivo a promoção da saúde⁸². Logo, orienta-se que se o profissional responsável identificar algum déficit importante do CP,

principalmente no ambiente escolar, a criança deverá ser encaminhada e acompanhada pela equipe de saúde imediatamente, otimizando o prognóstico e evitando ou minimizando a evolução das conseqüências do processo patológico⁷⁹.

As intervenções sobre o CP aumentaram nos últimos 10 anos, e as prescrições, geralmente, são de acordo com a característica da lesão ou da faixa etária do paciente⁸³. Dentre as técnicas para crianças com déficit do CP tem-se a Estimulação Elétrica Funcional⁸⁴ com objetivo de melhora da força em músculos chaves para o CP (abdominais), apresentando eficácia de leve a moderada⁸³; Treinamento de Tarefas de Função Motora Grossa repetindo posturas e atividades funcionais como alcance, *step*, permanecer bípede sem apoio e levantar e sentar, cujos resultados configuram-se entre leve e moderada eficiência⁸³; Equoterapia que estimula de forma moderada a forte o CP durante a postura sentada^{85,86}.

As formas tradicionais como Terapia Neuroevolutiva⁸⁷ que consiste na combinação de terapia convencional com objetivos de mobilidade, alongamentos, ganho de força, treino de marcha somados ao conceito Bobath⁸⁸, que apresenta efetividade moderada⁸³ inclusive é capaz de reduzir o risco de quedas e ampliar os limites de estabilidade de pacientes com paralisia cerebral; Treino Reativo de CP, neste os indivíduos sofrem perturbações enquanto estão estáveis sobre uma plataforma, esta atividade foi considerada como moderado⁸⁵ grau de eficiência em melhorar o ajuste antecipatório e aumentar o limite de estabilidade; Treino de Tronco⁸⁹ utilizando exercícios que aumente a força e controle da musculatura estabilizadora do tronco, que promoveram melhora do alinhamento postural com eficiência moderada⁸³; Treino com Realidade Virtual⁹⁰, estudos demonstram melhorar a transferência de peso e melhora do CP durante a postura estática, com leve a moderado grau de eficiência⁸³. Os resultados descritos nos estudos citados anteriormente sobre as formas de intervenção foram analisados por meio de modelos de avaliação do CP, utilizados pré e pós os tratamentos propostos.

3.7 Sistemas de Avaliação do Controle Postural

A avaliação dos sistemas é essencial para diagnosticar disfunções, determinar a capacidade funcional atual e direcionar tratamentos. A avaliação permite identificar a maturação dos sistemas relacionados ao CP e, até mesmo, para verificar possíveis déficits funcionais decorrente de doenças ou lesões que interfiram no seu desenvolvimento, como por exemplo, a paralisia cerebral^{91,92}.

Atualmente, o interesse profissional em avaliação do CP é amplo. Médicos, profissionais de educação física, enfermeiros, engenheiros e fisioterapeutas utilizam diferentes técnicas de medidas, o que muitas vezes, repercutem em diferentes resultados que podem confundir o diagnóstico clínico e a tomada de decisão⁹³. Outro problema é a falta de padronização dos testes, muitas vezes, sem descrição de itens como o posicionamento dos segmentos, tempo de coleta de dados, tempo de intervalo durante as avaliações, quantidade de repetições nos testes, e também o controle de influências positivas e/ou negativas advindas do ambiente externo, gerando pontos de equívoco. Tem-se também a dúvida na escolha das melhores variáveis possíveis para a análise, já que cada teste tem uma variável específica e que, muitas vezes, não se correlacionam com o resultado de outros sistemas de avaliação^{94,95}. Ainda, a reprodutibilidade dos testes pode estar comprometida.

Em busca das soluções de tais problemas, as práticas avaliativas estão cada vez mais tecnológicas e objetivas, fornecendo inúmeros componentes caracterizadores do CP, que quando analisados fornecem a melhor informação possível⁹⁴. Nesse sentido, tem sido difundida a posturografia que utiliza o ponto de aplicação da resultante das forças verticais, agindo em uma superfície de suporte, determinando oscilação do centro de. Essa variável pode ser extraída por meio da Plataforma de Força (PF), constituída por uma placa que contém sensores do tipo célula de carga ou piezoelétrico, capazes de medir três componentes de aplicação de força (F_x ; F_y ; F_z), correspondendo às direções da força aplicada, que pode ser AP - ML e vertical, somados a

mais três componentes sobre o momento da força ou torque (M_x ; M_y ; M_z). A partir destes sinais, conforme a base de apoio, calcula-se o centro de pressão exato do corpo acima e suas marcas são demonstradas por um estatocinesigrama, que é o mapa do centro de pressão na direção AP e ML e o estabilograma que compreende uma série temporal do centro de pressão também nas direções AP e ML^{8,95,96,97} (Figura 02).

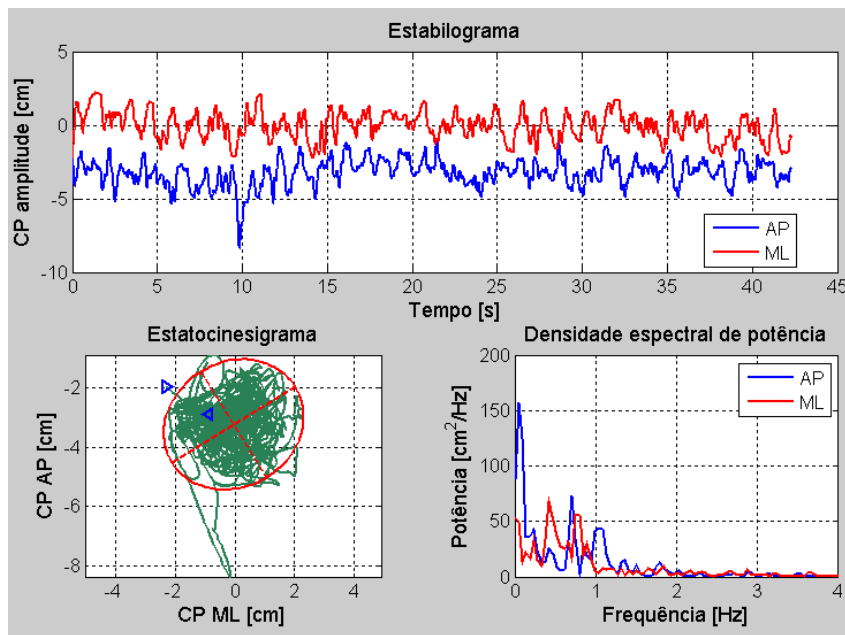


Figura 02. Estatocinesigrama e estabilograma do centro de pressão. Fonte: Autor (2013).

Além do mapa e gráficos, existem *softwares* desenvolvidos para processamento dos sinais que realizam a leitura dos dados e fornecem elementos quantitativos (Figura 03), favorecendo a realização de pesquisas científicas na área. A precisão das informações coletadas só é garantida por intermédio da perfeita calibração sucessiva dos seus componentes, evitando erros internos^{97,98}.

ANÁLISE ESTABILOGRÁFICA	
Posição média AP [cm]:	-3.23
Posição média ML [cm]:	-0.05
Desvio padrão AP [cm]:	0.9
Desvio padrão ML [cm]:	0.96
Deslocamento total [cm]:	391.64
Amplitude AP [cm]:	7.48
Amplitude ML [cm]:	4.53
Deslocamento total [cm]:	391.64
Área [cm ²):	16.08
Direção de oscilação [°]:	58.7
Velocidade AP [cm/s]:	5.85
Velocidade ML [cm/s]:	6
Frequência mediana AP [Hz]:	0.61
Frequência mediana ML [Hz]:	0.66
Frequência média AP [Hz]:	0.77
Frequência média ML [Hz]:	0.94

Figura 03. Valores quantitativos da avaliação do equilíbrio postural (Estabilografia). Fonte: Autor (2013).

O centro de pressão, ou seja, a medida que expressa a localização do vetor resultante da força de reação do solo (PF) se tornou potente descritor do CP, pois sua valência é provinda das reações neuromusculares durante oscilações (preditiva ou reativa) que deslocam horizontalmente o centro de gravidade de um corpo^{44,95,99}. Durante estes deslocamentos, o *software* é capaz de especificar variáveis como Deslocamento Total (DIS) do centro de pressão que determina o comprimento da sua trajetória durante o tempo de teste sobre a base de suporte em cm, que determina a média e o desvio-padrão da dispersão de deslocamento do centro de pressão em AP/ML. A amplitude identifica a máxima e mínima distância de deslocamento AP/ML em cm. A Velocidade Média (VEL) determina o quão rápido acontecem os deslocamentos AP/ML em cm/s, e Área de Deslocamento do Centro de Pressão (COP) em cm², que corresponde a uma elipse formada a partir das dispersões do centro de pressão, gerando uma área em que 95% dos deslocamentos estão presentes⁴⁴.

Atualmente, os índices gerados pela PF são considerados padrão ouro para avaliação do CP, em especial, as variáveis COP e VEL, que com mais afinco demonstram as alterações do centro de pressão durante avaliação do equilíbrio^{100,101}. Alguns cuidados específicos devem ser

tomados durante a aplicação clínica do teste, a padronização do protocolo é importante para que se evite ou elimine possíveis erros durante aquisição dos dados, como tempo de análise, número de repetições, tipo de apoios utilizados (bipodal, unipodal ou menor base) e população definida, visto que são fatores que podem influenciar essas variáveis¹⁰².

Embora a PF seja considerada padrão ouro por ser excelente instrumento e trazer informações objetivas sobre o CP, seu acesso não é fácil devido ao custo, o que, muitas vezes, inviabiliza a sua utilização na prática clínica^{101,102}. A aplicação de métodos acessíveis, simples e de baixo custo são os denominados testes funcionais clínicos, como *Activities-Specific Balance Confidence Scale*¹⁰³, *Berg Balance Scale*¹⁰⁴, *Timed Up And Go*¹⁰⁵, *One Leg Stance*¹⁰⁶, *Functional Reach*¹⁰⁷, *Balance Evolution System Test*¹⁰⁸, Escala de Equilíbrio Pediátrico e Teste de Alcance Pediátrico¹⁰⁹. Tais testes apresentam propriedades para determinar o CP, já que suas variáveis apresentam correlações com a PF¹¹⁰, porém ainda podem apresentar certa variabilidade em algumas situações. Os testes e seus resultados dependem de protocolos e indicações específicas, que variam de população, isto significa que o erro interno e externo o tornam subjetivo. Entretanto, os testes clínicos são altamente indicados para a prática clínica⁴.

Conforme a heterogeneidade de populações, testes clínicos específicos existem para cada especialidade. No meio pediátrico foram desenvolvidas algumas ferramentas, a maioria delas derivadas de outras áreas para que possam ter melhor aplicabilidade em crianças. O objetivo primordial dos testes é identificar o perfil de desenvolvimento e assegurar que a criança tenha evolução dos sistemas de equilíbrio e independência funcional⁹⁴. Testes mais apropriados para crianças que apresentem algum tipo de déficit motor ou cognitivo ou estejam em diferentes faixas etárias também são encontrados. Como exemplo, o *Five Times Sit to Stand Test*¹¹¹ que mede a força de membros inferiores e habilidade de equilíbrio para indivíduos entre seis a 18 anos e com leve a moderado déficit derivado da paralisia cerebral; *Four Square Step*¹¹² que avalia o CP frente a tarefas e interações ambientais, para crianças com paralisia cerebral ou

síndrome de Down com idade entre cinco a 12 anos; *Ghent Developmental Balance Test*¹¹³ que avalia o CP a partir da caminhada, em crianças com DT ou com retardo mental e idade entre 18 meses a cinco anos; *Pediatric Balance Scale*¹¹⁴ que analisa de forma funcional as crianças que já apresentam um diagnóstico de déficit de equilíbrio ou estejam também em DT e que tenham entre quatro a 12 anos de idade; *Sensory Organization Test*¹¹⁵ que determina como são usadas as informações do sistema vestibular no CP em crianças com perda auditiva com faixa etária entre seis a 12 anos, e; *Modified Star Excursion Balance Test*¹¹⁶, que além de ser próprio para identificar déficits do CP de forma dinâmica e apontar risco de lesão em membros inferiores, é voltado para crianças que estejam em período escolar entre 10 a 12 anos.

Alguns testes conseguem examinar, além do CP, outros fatores associados, como o *Pediatric Reach Test*¹¹⁰ que avalia os limites de estabilidades AP e ML, solicitando que a criança alcance o máximo possível sem perder o equilíbrio. Para executar o teste, é solicitado que o indivíduo permaneça bípede com ombro em flexão de 90° (AP) ou abdução de 90° (ML), uma fita métrica é afixada no terceiro metacarpiano (ponto fixo) com o punho cerrado e direcionada a região do acrômio (ponto inicial), medindo a distância em centímetros final até o local em que o avaliador está segurando a fita (Figura 04). O *Pediatric Reach Test*, pode ser usado para identificar a qualidade do CP de crianças com paralisia cerebral, assim como, acompanhar o processo de evolução do CP em crianças com DT.



Figura 04. *Pediatric Reach Test*. Fonte: Bartlett & Birmingham. (2003)¹¹⁰.

A dificuldade encontrada na versão pediátrica é manter a criança posicionada e alinhada e, também a falta de fixação do ponto inicial, que geralmente, ocasiona erros de diagnóstico, subestimando os resultados⁶⁰. Esse modelo é derivado do Teste de Alcance (TA)¹¹⁷ que foi proposto inicialmente para população adulta, e atualmente é difundido em várias outras especialidades e faixas etárias (Figura 05 e Figura 06). O posicionamento adotado é praticamente igual ao *Pediatric Reach Test*, a diferença é que a fita métrica é fixada em alguma superfície, o punho fica em pronação e os dedos em amplitude neutra, ainda não é permitido que o avaliado toque na superfície da fita. Essa versão é válida e confiável para mensuração do CP e limite de estabilidade (mobilidade)¹¹⁸.



Figura 05. Teste de Alcance Anterior com fita fixa.
Fonte: autor 2013.



Figura 06. Teste de Alcance Lateral com fita fixa.
Fonte: autor 2013.

ARTIGO 1***Artigo original em revisão para publicação na Revista Motriz***

Controle postural de crianças em desenvolvimento típico: influência da idade, sexo e informação visual.

Leonardo Vitor George Victorio¹, Dirce Shizuko Fujisawa¹.

1 - Departamento de Fisioterapia, Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil;

Autor Correspondente:

Leonardo George Victorio Vitor, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Fisioterapia, Avenida Robert Koch, n. 60, Vila Operária, 86039-440 Londrina, PR, Brasil. E-mail: leonardo@saudework.com.br

Submetido em: 07/09/2018

Aprovado em: 04/12/2018

Agradecimento:

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Objetivo: O estudo tem objetivo de identificar e analisar a influência da idade, sexo e informação visual no controle postural (CP) de crianças em desenvolvimento típico. **Métodos:** Participaram do estudo 62 crianças (30 meninos e 32 meninas), divididos em três grupos de acordo com a idade (G): G1, 5–6 anos (n = 23); G2, 7–8 anos (n = 21); e G3, 9–10 anos (n = 18). As variáveis analisadas foram área de deslocamento do centro de pressão (A-COP) e velocidades de oscilações (V) anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML), obtidos na postura bípede sobre a plataforma de força com os olhos abertos (OA) e olhos fechados (OF). **Resultados:** Em G3 A-COP, V_AP, e V_ML são menores que o G1 e G2 em OA ($p < 0.00$) e OF ($p < 0.05$). Meninas mostraram pior CP do que meninos nas variáveis A-COP, V_AP, e V_ML ($p < 0.00$) no G1, mas logo se igualaram em G2 e G3 e a idade foi o fator mais influente em A-COP (21%), V_AP (24%), e V_ML (39%). **Conclusão:** O avanço da idade tem maior influência no CP, em função do processo evolutivo, do que a informação visual e o sexo. As crianças com mais idade têm melhor desempenho com contribuição positiva da informação visual. Meninas, inicialmente, tiveram piores respostas de CP, mas aos 7–8 anos de idade, tendem a superar os meninos.

Palavras-Chave: Criança, Equilíbrio Postural, Sexo, Acuidade Visual.

Introdução

As crianças passam por várias mudanças em seu comportamento motor ao longo de seu desenvolvimento, inclusive na habilidade de controle postural (CP). O CP é um fator essencial para a funcionalidade, pois permite o equilíbrio do corpo em diferentes posições, possibilitando a realização de várias atividades. O equilíbrio representa o momento em que um corpo permanece sem quedas, ou seja, a linha de gravidade está dentro da base de sustentação¹. Já o CP é o ajuste motor que o corpo realiza, a fim de manter ou recuperar a linha de gravidade dentro da base de sustentação^{1,2}. Para alcançar o equilíbrio, o sistema nervoso central recebe informações visuais, vestibulares e somatossensoriais e, em seguida, modula e organiza estratégias via contração ou relaxamento muscular levando ao movimento corporal para alcançar ou recuperar o equilíbrio².

A informação visual fornece *feedback* para o equilíbrio. O sistema visual captura a luz e identifica imagens para que os indivíduos possam controlar, guiar e mover objetos e, até mesmo, os segmentos do corpo, possibilitando a realização de várias atividades³. A informação vestibular percebe a aceleração e velocidade dos segmentos no espaço, e a informação somatossensorial identifica o contato com objetos, tipos de solo e a posições dos segmentos por meio de receptores e sensores^{2,4}.

À medida que as crianças evoluem, seus sistemas corporais se desenvolvem para otimizar e criar estratégias apropriadas, conforme as novas situações vivenciadas. Inicialmente, a informação visual é a base para uma criança atingir o CP⁵. Em crianças com idade entre 5–10 meses, a informação visual auxilia expressivamente na manutenção da postura sentada^{5,6}. Na idade de 6 anos, a manutenção da postura bípede das crianças com os olhos abertos (OA) é melhor do que aos 3 anos, mas com os olhos fechados (OF), o desempenho do equilíbrio é equivalente entre elas, sugerindo forte interferência visual^{7,8}. Já dos 7 aos 12 anos, as crianças geram respostas de equilíbrio semelhantes às dos adultos, porém ainda utilizam a contribuição do sistema visual^{9,10,11}.

Em relação ao sexo, meninas de 7 a 12 anos têm melhor acurácia no CP do que meninos, pois apresentam maior integração dos sistemas. Entretanto em adultos, não foram encontradas diferenças na resposta de equilíbrio independentemente do sexo^{12,13}.

A compreensão dos déficits de CP para a tomada de decisão nesses grupos etários infantis é difícil, pois existem vários fatores intrínsecos e extrínsecos que influenciam. A experiência motora é determinante para o aprimoramento do CP. No entanto, possivelmente outras características, como sexo e informação visual, podem ser relevantes. Além disso, identificar a influência dessas características durante o desenvolvimento motor normal é imprescindível², para que sejam estabelecidos parâmetros de normalidade, inclusive considerando a individualidade. Assim, o estudo tem objetivo de identificar e analisar a influência da idade, sexo e informação visual no controle postural de crianças em desenvolvimento típico.

Métodos

Este estudo transversal foi realizado com 62 crianças, recrutadas nas escolas municipais de Londrina – Paraná, com amostra de conveniência. Os critérios de inclusão foram crianças com desenvolvimento típico de ambos os sexos e com idade entre cinco e 10 anos. Os critérios de exclusão foram: a presença de doenças agudas ou crônicas, cirurgias e fraturas ósseas, deformidades e uso contínuo de medicamentos.

O protocolo de estudo e o termo de consentimento livre e esclarecido foram aprovados pelo Comitê de Ética (Parecer N.020/2010). A Secretaria Municipal de Educação da cidade de Londrina - Paraná também aprovou e colaborou com a realização do estudo. Os pais ou responsáveis receberam informativos sobre o projeto e por livre adesão autorizaram a participação, assinando o termo de consentimento livre e esclarecido. Os pais ou responsáveis responderam questionário para identificar os critérios de exclusão. Após a avaliação, as crianças com déficits significativos de CP foram encaminhadas para a Unidade Básica de Saúde para acompanhamento e monitoramento do desenvolvimento.

Caracterização da amostra

Participaram 30 meninos e 32 meninas entre 5 e 10 anos de idade, fase em que se aprimora a estabilidade da postura bípede. Com base na maturação e integração dos sistemas de CP, de acordo com Jayakaran¹⁴, os participantes foram divididos em grupos: G1 (5-6 anos) início da maturação do CP; G2 (7-8 anos) encontra-se ainda em fase média de maturação, e; G3 (9-10 anos) com maturação completa⁸.

O G1 continha 23 crianças, eram 12 meninos e 11 meninas, 16 crianças de 5 anos e 7 crianças de 6 anos; o G2 era composto por 21 crianças, 11 meninos e 10 meninas, 15 tinham 7 anos e 6 tinham 8 anos; o G3 apresentou 18 crianças, 7 meninos e 11 meninas, 8 crianças tinham 9 anos e 10 crianças tinham 10 anos. Foram analisados também os dados físicos de massa corporal total (quilogramas) e estatura (metros).

Plataforma de força (PF)

O CP foi quantificado de acordo com a distribuição de força vertical em quatro pontos para obter dados objetivos e sensíveis. A PF utilizada foi a BIOMECH400® (EMG System do Brasil Ltda., SP), com dois sensores que registravam o contato dos pés no solo, e os canais foram configurados para força com filtros na faixa de frequência entre 0 e 35 Hz. Os parâmetros analisados por estabilometria foram a área de deslocamento do centro de pressão (A-COP/cm²) e as velocidades médias (V/cm/s) nas duas direções de oscilação anteroposterior (AP) e médio-lateral (ML). Os sinais da PF também foram processados e manipulados usando o sistema de análise de estabilometria BIOMECH400®. Os parâmetros utilizados foram confirmados, válidos e confiáveis para avaliação do equilíbrio¹⁵.

O protocolo de avaliação foi padronizado em relação ao tempo (15 segundos em cada postura), visto que para a população o tempo proposto é suficiente para identificar mudanças¹⁶. O teste foi realizado na posição bipodal com OA e, posteriormente, com OF. Cada posição foi avaliada por duas tentativas, e utilizou-se a média para as análises.

As avaliações foram realizadas individualmente, em ambiente tranquilo, as crianças passaram por familiarização, sendo informadas

sobre a postura a ser adotada: o olhar direcionado a um ponto fixo a 2,5 m. a frente, braços relaxados ao longo do corpo e relaxados e permanecerem descalças com base de apoio neutra, ou seja, foram instruídas a ficarem com os pés afastados “distanciados de acordo com a largura do quadril”. A criança era posicionada com auxílio do avaliador, na sequência, informava que poderia iniciar o procedimento de coleta.

A equipe foi previamente treinada para a coleta de dados. O protocolo de avaliação foi padronizado. O avaliador sempre estava próximo a criança na PF, mas sem interferir no seu desempenho, para evitar quedas em caso de desequilíbrio.

Análise estatística

Inicialmente, para garantir que os dados antropométricos não afetassem as medidas de equilíbrio, foi avaliada a normalidade pelo teste de Kolmogorov–Smirnov. Também para evitar erros internos, foi analisada se a variável (antropométrica) poderia influenciar os resultados. Para tal, determinou-se a classificação nutricional score Z (proporção de massa corporal em relação à estatura, idade e sexo)¹⁷ e foi realizada a regressão linear com as medidas de equilíbrio.

Posteriormente, os dados foram verificados pela análise de variância *two-way* ANOVA e o teste post-hoc de *Tukey*. Os pressupostos da ANOVA foram aceitos, de tal forma que a homogeneidade das variâncias e resíduos seguem distribuição normal. A significância estatística foi estabelecida em $p \leq 0,05$. Os resultados foram apresentados em média e desvio-padrão. A regressão linear foi realizada para identificar o coeficiente de determinação das variáveis no desempenho do CP e correlação de Pearson para o grau de correlação.

Resultados

Nos dados antropométricos quanto a massa corporal total (G1 19,5 kg \pm 3,90; G2 25,5 kg \pm 2,93; G3 37,8 kg \pm 2,29) foram encontrados heterogeneidade ($p < 0.01$). Quanto a estatura (G1 1,11 m \pm 0,06; G2 1,28 m \pm 0,04; G3 1,42 m \pm 0,09), a amostra se comportou de forma homogênea

($p= 0,20$), mas não apresentaram nenhuma influência significativa (R^2 - sig F: A-COP, 0,01–0,20; V_AP, 0,00–0,62; e V_ML, 0,01–0,21) ou interação (Pearson: A-COP, 0,12; V_AP, 0,05; e V_ML, 0,06).

As crianças mais velhas apresentaram melhor desempenho no CP, independentemente da informação visual. Observou-se também que o CP piorou em todos os grupos quando privado de informação visual (Tabela 1). Meninos mais jovens (G1) obtiveram melhor CP em relação às meninas. Diferenças significativas intergrupos e intragrupos também foram observadas (Tabela 2).

A influência positiva da idade e informação visual foram observadas ($p \leq 0,05$) em todas as variáveis e no sexo em A-COP ($p < 0,01$). A maturação mostrou maior potencial de melhorar o desempenho, tendo força determinantemente maior em V_ML ($R^2= 0,39$). A informação visual contribuiu, principalmente, em V_AP ($R^2= 0,13$) e o sexo somente em A-COP ($R^2= 0,10$) (Tabela 3).

Discussão

Os resultados deste estudo mostraram que a idade altera o desempenho de CP de meninas e meninos, independentemente da informação visual. Crianças com desenvolvimento típico têm menor área de COP e V_AP_ML em ambas as direções com o aumento da idade. Este resultado corrobora com estudos que encontraram maiores oscilações nas posturas estáticas em crianças com idades menores^{3,7,15,18}.

Os meninos têm melhor desempenho quando são mais jovens (meninos G1 < meninas G1), mas à medida que avançam na idade, as meninas com entre sete e oito anos tiveram valores mais baixos de COP e V_AP_ML. Após esse período, ambos apresentam desempenhos semelhantes. Tal fato pode estar relacionado à melhora de integração das informações vestibulares e ao maior crescimento e desenvolvimento neuromuscular entre sete a 10 anos no sexo feminino, diminuindo as oscilações corporais¹⁹. A atenção das meninas foi maior durante a coleta de dados, tanto na familiarização, quanto no teste em si, o que, provavelmente, influenciou no seu desempenho.

A privação da informação visual piora o desempenho do CP, especialmente quando as crianças são mais jovens²⁰. À medida que as crianças avançam na idade, tornam-se menos dependentes da informação visual, por exemplo, A-COP em G1 OA/OF foi 3,99 cm²/5,67 cm² e em G3 OA/OF foi 1,40 cm²/2,27 cm², provavelmente, a ausência de informações visuais gerou maior dificuldade para as crianças mais novas. Estudos anteriores relataram que o período de transição em que o CP não é mais estritamente dependente da visão é a partir dos 7 anos^{21,22, 23}.

No entanto, o CP e seus sistemas ainda continuam a aprimorar-se até cerca de 12 anos e, só amadurecem por volta dos 15 anos^{13,24}. Aos 11 anos de idade ainda são observadas diferenças significativas entre os momentos OA e OF, nos testes de manutenção de equilíbrio sobre a plataforma de força²⁴. Portanto, a visão é essencial no processo de desenvolvimento do CP e, tendenciosamente, sua influência diminui com o processo evolutivo, corroborando com os achados desse estudo.

A idade mostrou influência maior no desempenho do CP (Tabela 3), explicando a melhora de 21% para o A-COP, 24% para V_AP e 39% para V_ML durante o desenvolvimento. O avanço da idade faz com que as crianças descubram novas estratégias e formas de controlar seu centro de gravidade dentro da base de suporte, tanto em momentos reativos quanto preditivos¹³. A idade teve maior magnitude de influência em V_ML inclusive com correlação mais forte entre todas as variáveis ($r = -0,62$), pois esse tipo de oscilação é uma estratégia mais avançada e freqüente em crianças mais velhas. As oscilações multidirecionais estão relacionadas com o surgimento de múltiplas tarefas e diferentes posturas que ocorrem no processo de maturação.

Por outro lado, a criança mais nova tem padrões de movimento unidirecionais (flexores e extensores), devido a estratégias mais simples e iniciais de CP, utilizando o disparo de musculaturas do eixo transversal^{25,26}. No entanto, durante a maturação, com a experiência e o aprendizado motor, ela se torna apta a melhorar o disparo e sequenciamento de contrações musculares, que agem na direção ML (adutores e abdutores)²⁶. Desta forma, as oscilações diminuem e

otimizam os índices de A-COP, conforme estabelecido em um estudo que avaliou o benefício do treino de equilíbrio na ativação muscular²⁷.

O plano AP inclui estratégia mais simples de recuperação ou reação de equilíbrio, que é desencadeada pelos músculos plantares e dorsais das articulações do tornozelo. Além disso, a criança mais nova, permanece maior tempo em decúbito dorsal e sentado utilizando somente estratégias mais simples²⁸. Ao contrário, o plano ML corresponde às estratégias do quadril em situações de oscilações mais extremas e complexas²⁹.

A Tabela 3 mostra que o sistema visual é mais influente em V_AP (13%) do que A-COP (5%) e V_ML (3%), provavelmente porque a oscilação AP é mais básica, e o limiar para detectar tais oscilações são menores em comparação ao ML. Isto implica que a estabilização das oscilações ML é complexa frente as AP quando estão sem informação visual³⁰.

O sexo foi mais influente no A-COP em que 10% da variação foi devido à diferença entre meninos e meninas. Meninas mais jovens (G1) tiveram pior desempenho, superando apenas quando avançaram a idade. No entanto, o fator sexo (meninas) teve uma correlação fraca ($r = -0,31$) com a eficiência do CP, entende-se então que, provavelmente, esta melhora é decorrente do processo de maturação (idade), pois apresentaram maior força para todos os parâmetros avaliados do A-COP ($r = -0.46$), V_AP ($r = -0.49$), e V_ML ($r = -0.62$). Steindl¹³ afirmou que a integração dos sistemas sensoriais nas meninas se desenvolve rapidamente. Em sua análise, os meninos mantiveram o CP com menos precisão do que as meninas aos sete e oito anos de idade, corroborando com achados desse estudo.

O sistema de avaliação adotado (PF) foi eficiente para avaliar os objetivos propostos. Um estudo de campo encontrou relação entre a melhora do CP e o avanço de idade, que também se mostrou mais influente na evolução do CP, semelhante aos resultados apresentados, embora a contribuição do fator sexo não tenha sido encontrada³¹. Ainda, este estudo quantificou a extensão dessa influência, a metodologia proposta usando o PF foi sensível para identificação de CP. Outro

aspecto é o tempo dos teste sobre a PF. Estudos similares utilizam tempo entre 20 segundos²¹ a 30 segundos¹³, no entanto, 15 segundos em uma determinada posição foi suficiente para detectar alterações intragrupo e intergrupo no CP. Em estudo prévio, realizado com a mesma PF e 15 segundos de coleta, foi possível observar diferenças significativas em que crianças mais velhas em desenvolvimento típico, apresentam melhores variáveis de CP do que as mais novas, tanto em postura bipodal quanto unipodal¹⁶. Ainda, o mesmo estudo identificou diferentes e piores respostas em crianças com paralisia cerebral comparadas a crianças em desenvolvimento típico¹⁶. Evidências também foram encontradas em testes funcionais, como exemplo, a Escala de Equilíbrio Pediátrico, que utiliza 10 segundos em postura bipodal com os olhos fechados, sendo esse tempo suficiente para avaliar o desempenho³².

Para melhor compreender a interferência dos fatores intrínsecos: idade, sexo e informação visual do CP é válido relacionar os resultados encontrados neste estudo a um ponto de corte específico para a população infantil. Entretanto tais pontos ainda não foram estabelecidos, que são importantes para estabelecer parâmetros comparativos. A limitação do estudo foi o tamanho amostral, que foi menor do que o esperado, conforme o cálculo amostral.

Conclusão

A idade é o fator de maior influência no desempenho das estratégias de CP. As meninas apresentam melhor desempenho de CP após sete e oito anos de idade, devido a melhor integração do sistema vestibular, maturação e integração do sistema neuromuscular, somada a maior atenção na execução das tarefas de equilíbrio. A privação de informação visual influencia negativamente o CP em todas as faixas etárias avaliadas.

Referências

1. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? *Clin Rehabil* 2000; 14: 402–406.
2. Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, Straus SE, Jaglal SB. Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: a scoping review. *Arch Phys Med Rehab*. 2015; 96(1): 122-132.
3. de Sá CDSC, Boffino, CC, Ramos RT, Tanaka C. Development of postural control and maturation of sensory systems in children of different ages a cross-sectional study. *Braz J Phys Ther*. 2018; 22(1): 70-76.
4. Mochizuki L, Duarte M, Amadio AC, Zatsiorsky VM, Latash ML. Changes in Postural Sway and Its Fractions Conditions of Postural Instability. *J Applied Biomech* 2006; 22: 51-60.
5. Arienti, C, Buraschi R, Donzelli S, Zaina F, Pollet J, Negrini S. Trunk asymmetry is associated with dominance preference: results from a cross-sectional study of 1029 children. *Braz J Phys Ther*. 2018; 20(18)30076-5.
6. Casselbrant ML, et al. Contribution of vision to balance in children four to eight years of age. *Ann OtolRhinolLaryngol*. 2007; 116(9):653-657.
7. Libardoni, TC, da Silveira CB, Sinhorim LMB, de Oliveira AS, dos Santos MJ, Santos GM. Reference values and equations reference of balance for children of 8 to 12 years. *Gait Posture*. 2018; (60); 122-127.
8. Barela JÁ, Polastri PF, Godoi D. Postural control in children: body sway and its frequency. *Rev Paul Educ Fís*. 2000; 14(1):68-77.
9. Sparto PJ, Redfern MS, Jasko JG, Casselbrant ML, Mandel EM, Furman JM. The influence of dynamic visual cues for postural control in children aged 7-12 years. *Exp Brain Res* 2006; 168: 505-16.
10. Hsu YS, Kuan CC, Young YH. Assessing the development of balance function in children using stabilometry. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol*. 2009; 73: 737–740.
11. Fujiwara K, Kiyota T, Mammadova A, Yaguchi C. Age-related changes and sex differences in postural control adaptability in children during periodic floor oscillation with eyes closed. *J. Physiol. Anthropol*. 2011; 30: 187–194.
12. Kurz E, Faude O, Roth R, Zahner L, Donath L. Ankle muscle activity modulation during single-leg stance differs between children, young adults and seniors. *Eur J ApplPhysiol*. 2018 118(2), 239-247.

13. Steindl RMD, K Kunz MD, A Schrott-Fischer & AW Scholtz. Effect of age and sex on maturation of sensory systems and balance control. *DevMedChildNeuro* 2006; 48: 477–482.
14. Jayakaran P, Mitchell L, Johnson GM. Peripheral sensory information and postural control in children with strabismus. *Gait Posture*. 2018; 65: 197-202
15. Da Silva RA, Parreira RB, Medonça L, Ghizoni J, Vitor LG, Teixeira DC, et al. Developing validity and reliability of a new force platform-based in balance measures in older and young adults. Society for Neuroscience. Proceeding in the 40 Neuroscience Meeting, San Diego, 2010 1206-7.
16. Vitor LGV, Silva-Junior RA, Ries LGK, Fujisawa DS. Postural control in children with cerebral palsy and typical development. *Rev Neurocienc*. 2014; 23: 41-7.
17. World Health Organization. 2007. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. WHO Department of Nutrition, Geneva, CHE.
18. Mickle KJ, Munro BJ, Steele JR. Gender and age affect balance performance in primary school-aged children. *J Sci Med Sport*. 2011;14(3):243-8.
19. Andrew S, Ulmer F, Wong D. Gender differences in postural stability among children. *J Hum Kinet* 2012;33: 25-32.
20. Margherita T, Wiener-Vacher S, Bucci MP. Developmental study identifies the ages at which the processes involved in the perception of verticality and in postural stability occur. *Acta Paediatr* 2017;106.1: 55-60.
21. Matos MR, Matos CPG, Oliveira CS. Static balance of low vision children using stabilometric parameters. *Fisioter. mov. (Impr.)* 2010;23.3: 361-369.
22. Stins JF, Michielsen ME, Roerdink M, Beek PJ. Sway regularity reflects at10tional involvement in postural control: Effects of expertise, vision and cognition. *Gait posture* 2009; 30(1): 106-109.
23. Peterson ML, Christou E, Rosengren KS. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait Posture*. 2006; 23: 455–63.
24. Cuisinier R, Olivier I, Vaugoyeau M, Nougier V, Assaiante C. Reweighting of sensory inputs to control quiet standing in children from 7 to 11 and in adults. *PLoS ONE*. 2011; 6:19697.

25. Woollacott MH, Shumway-Cook A. Postural dysfunction during standing and walking in children with cerebral palsy: what are the underlying problems and what new therapies might improve balance? *Neural Plast.* 2005;12(2-3):211-9.
26. Prosser LA, Lee SCK, VanSant AF, Barbe MF, Lauer RT. Trunk and Hip Muscle Activation Patterns Are Different During Walking in Young Children With and Without Cerebral Palsy. *Phys Ther.* 2010 Jul; 90(7): 986–997.
27. Woollacott M, Shumway-Cook A, Hutchinson S, Ciol M, Price R, Kartin D. Effect of balance training on muscle activity used in recovery of stability in children with cerebral palsy: a pilot study. *Dev Med Child Neurol.* 2005 Jul;47(7):455-61.
28. Pavão SL, Santos AN, Oliveira AB, Rocha NACF. Postural control during sit-to-stand movement and its relationship with upright position in children with hemiplegic spastic cerebral palsy and in typically developing children. *Braz J Phys Ther.* 2015;19.1:18-25
29. Harbourne RT, Deffeyes JE, Kyvelidou A, Stergiou N. Complexity of postural control in infants: linear and nonlinear features revealed by principal component analysis. *Nonlinear Dynamics Psychol Life Sci.* 2009; 13:123–144.
30. Seemiller, E. S., Port, N. L., & Candy, T. R. The gaze stability of 4- to 10-week-old human infants. *J Vis.* 2018; 18(8): 15-15.
31. Butz SM, Sweeney JK, Roberts PL, Rauh MJ. Relationships among age, gender, anthropometric characteristics, and dynamic balance in children 5 to 12 years old. *Pediatr Phys Ther.* 2015;27.2: 126-133
32. Ries LGK, Michaelsen SM, Soares PSA, Monteiro VC, Allegretti KMG. Cross-cultural adaptation and reliability analysis of the Brazilian version of Pediatric Balance Scale (PBS). *Rev. bras. Fisioter.* 2012; 16(3): 205-215.

Tabela 1. Desempenho do controle postural de acordo com a idade e informação visual: interação entre grupos e intragrupos

		G1	(DP)	G2	(DP)	G3	(DP)	GRUPOS (p)*	INTERAÇÃO GRUPOS (p≤ 0,05)**
A-COP (cm ²)	OA	3,99	(3,14)	2,11	(1,24)	1,40	(0,72)	0,01	G1>G3
	OF	5,67	(3,61)	3,61	(1,62)	2,27	(1,18)		G1>G2; G1>G3
	TAREFAS (p)*	0,02							
	INTERAÇÃO TAREFAS (p≤ 0,05)**	G1OF>G2OA; G1OF>G3OA							
V_AP (cm/s)	OA	1,71	(0,40)	1,37	(0,21)	1,13	(0,25)	0,01	G1>G3
	OF	2,10	(0,62)	1,84	(0,48)	1,45	(0,33)		G1>G3; G2>G3
	TAREFAS (p)*	0,02							
	INTERAÇÃO TAREFAS (p≤ 0,05)**	G1OF>G2OA; G1OF>G3OA; G1OA>G1OF; G2OF>G3OA							
V_ML (cm/s)	OA	1,54	(0,32)	1,28	(0,22)	0,97	(0,18)	0,01	G1>G3; G2>G3; G1>G2
	OF	1,71	(0,40)	1,42	(0,30)	1,09	(0,25)		G1>G2; G1>G3; G2>G3
	TAREFAS (p)*	0,02							
	INTERAÇÃO TAREFAS (p≤ 0,05)**	G1OF>G2OA; G1OF>G3OA; G1OF>G1OA; G2OF>G3OA; G1OA>G3OF							

Média e desvio padrão dos grupos e com ou sem informação visual. Valores de *p* encontrados em *two-way* ANOVA* e teste post-hoc de *TUKEY*** dos grupos e tarefas.

Tabela 2. Desempenho do controle postural de acordo com a idade e o sexo: interação entre grupos e intragrupos

		G1	(DP)	G2	(DP)	G3	(DP)	GRUPOS (p)*	INTERAÇÃO GRUPOS (p≤ 0,05)**
A-COP (cm ²)	MENINAS	5,50	3,30	1,93	1,22	1,43	(0,43)	0,01	G1>G2; G1>G3
	MENINOS	2,32	1,74	2,01	1,35	1,38	(0,91)		
	SEXO (p)*	0,01							
	INTERAÇÃO SEXO (p≤ 0,05)**	G1♀>G1♂; G1♀>G2♂; G1♂>G2♀; G1♂>G3♀; G1♂>G3♂							
V_AP (cm/s)	MENINAS	1,89	0,42	1,35	0,36	1,09	(0,13)	0,01	G1>G3; G1>G2; G1>G3
	MENINOS	1,58	0,30	1,40	0,22	1,17	(0,30)		
	SEXO (p)*	0,31							
	INTERAÇÃO SEXO (p≤ 0,05)**	G1♀>G1♂; G1♂>G2♀; G1♂>G3♀; G1♀>G3♂; G2♀>G3♂							
V_ML (cm/s)	MENINAS	1,62	(0,36)	1,25	(0,22)	0,94	(0,14)	0,01	G1>G3; G2>G3 G1>G2; G1>G3; G2>G3
	MENINOS	1,44	(0,22)	1,31	(0,22)	1,00	(0,20)		
	SEXO (p)*	0,39							
	INTERAÇÃO SEXO (p≤ 0,05)**	G1♂>G2♀; G1♂>G3♀; G1♀>G3♂; G2♀>G3♂; G2♂>G3♀							

Média e desvio padrão dos grupos e sexo. Valores de *p* encontrados em *two-way ANOVA** e teste post-hoc de *TUKEY*** dos grupos e sexo.

Tabela 3. Fatores que influenciam o controle postural em crianças

	IDADE			INFORMAÇÃO VISUAL			SEXO		
	R ²	<i>p</i>	Pearson	R ²	<i>p</i>	Pearson	R ²	<i>p</i>	Pearson
COP	0.21	0.00	-0.46	0.05	0.01	0.23	0.10	0.00	-0.31
V_AP	0.24	0.00	-0.49	0.13	0.00	0.26	0.03	0.17	-0.17
V_ML	0.39	0.00	-0.62	0.03	0.03	0.18	0.03	0.07	-0.15

Parâmetros: CP × fatores, R² coeficiente de explicação; *p* valor de significância; Pearson valor e direção da correlação. COP, área do deslocamento do centro de pressão (COP/cm²) e velocidades médias de oscilação (V/cm/s) nas direções AP, anteroposterior e ML, médio-lateral.

ARTIGO 02

Artigo original em revisão para publicação na Fisioterapia

influências dos fatores intrínsecos nas estratégias de controle postural e no teste de alcance funcional em crianças em desenvolvimento típico.

Leonardo Vitor George Victorio¹, Dirce Shizuko Fujisawa¹.

1 - Departamento de Fisioterapia, Universidade Estadual de Londrina, Paraná, Brasil;

Autor Correspondente:

Leonardo George Victorio Vitor, Centro de Ciências da Saúde, Departamento de Fisioterapia, Avenida Robert Koch, n. 60, Vila Operária, 86039-440 Londrina, PR, Brasil. E-mail: leonardo@saudework.com.br

Submetido em: 22/04/2019

Agradecimento:

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

Introdução: Os fatores intrínsecos podem interferir nas estratégias de equilíbrio durante o desenvolvimento típico da criança. **Objetivo:** Analisar as estratégias de controle postural (CP) na realização de um teste de limite de estabilidade e identificar a influência dos fatores intrínsecos. **Métodos:** Estudo transversal com 61 participantes entre cinco e 10 anos de idade, divididos em grupos de acordo com a faixa etária (G1, 5-6 anos, G2, 7-8 anos e G3, 9-10 anos) e sexo (masculino e feminino). Foram submetidos ao Teste de Alcance Funcional (TA) verificando a distância (cm) nas direções anterior (A) lateral esquerda (E) e direita (D). O TA foi executado sobre a Plataforma de Força (PF) nas mesmas direções do TA e analisada as variáveis velocidade de oscilação anteroposterior (VAP) e médio-lateral (VML), área de deslocamento do centro de pressão (A-COP) e deslocamento do centro de pressão (DES). **Resultados:** As crianças mais velhas foram melhores ($p < 0,01$) sobre a PF_A em DES (G1= 38cm; G2= 36cm e G3= 33cm) e PF_E em DES (G1= 35cm; G2= 33cm e G3= 29cm) e VAP (G1= 2,4cm/s; G2= 2,3cm/s e G3= 1,7cm/s). As meninas tiveram melhor desempenho ($p < 0,01$) sobre a PF_A (A-COP; DES; VAP e VML) em PF_D (A-COP) e PF_E (A-COP; DES; VAP e VML). As distâncias no TA são maiores nas crianças mais velhas ($p < 0,01$) em todas as direções, e quanto ao sexo não houve diferença. A idade interferiu nas maiores distâncias atingidas em TA, principalmente à E. O sexo feminino influenciou em melhores estratégias de equilíbrio sobre a PF nos alcances laterais. A maior estatura correlaciona-se de maneira fraca com maior alcance a E. As estratégias de equilíbrio sobre a PF não se correlacionam com o limite de estabilidade no TA. **Conclusão:** Crianças com maior limite de estabilidade, nem sempre apresentam boas estratégias de CP. A idade aumenta o alcance em todas as direções, mas não melhora os índices de CP sobre a PF. As meninas têm melhores estratégias sobre a PF nos deslocamentos, mas não alcançam maiores distâncias que os meninos.

Palavras-Chave: Equilíbrio Postural, Criança, Desenvolvimento Infantil, Atividades Cotidianas, Sexo e Acuidade Visual.

Introdução

O controle postural (CP) refere-se aos mecanismos e estratégias que visam recuperar e manter o centro de gravidade dentro da base de suporte. A interação entre os sistemas somatossensorial, visual e vestibular promove controle adequado do momento de equilíbrio^{1,2}. Até que a criança complete 15 anos, o avanço da idade induz ao desenvolvimento de mecanismos de percepção e integração das informações, promovendo melhorias nas estratégias de CP³. Portanto, recomenda-se que as crianças durante o desenvolvimento sejam inseridas em atividades que contenham instabilidade, pois são estímulos importantes para a maturação e a aprendizagem^{4,5}.

O limite de estabilidade é multidirecional e depende da mobilidade articular e do CP para manutenção do equilíbrio⁶. Por exemplo, “alcançar” é um movimento funcional que põe em prova a mobilidade e a capacidade de manter-se equilibrado. A interação entre mobilidade articular e CP é importante, pois promove desempenho adequado no momento da execução de tarefas, visto que o CP permite que a criança tenha qualidade na motricidade apendicular, como o alcance.

A determinação das habilidades relacionadas ao CP na infância é complexa, visto que vários componentes intrínsecos e extrínsecos podem influenciar o desempenho. De fato, as ferramentas de avaliação comumente apresentam limitações no exame dos momentos de recuperação ou manutenção do centro de gravidade dentro da base de sustentação⁷. Por exemplo, o Teste de Alcance (TA) identifica a capacidade de motricidades apendiculares, dentro do limite de estabilidade, mas não avalia como o controle do centro de gravidade regula o movimento^{6,8}. Contudo, tem-se a hipótese de que quanto maior os limites de estabilidade, melhor é o CP.

Portanto, é essencial avaliar o máximo de componentes e fatores envolvidos, e assim, elaborar uma avaliação específica e padronizada capaz de estabelecer diagnóstico precisos, proporcionando referências que tanto possam acompanhar o desenvolvimento típico, quanto auxiliar o processo de intervenção⁹. No entanto, a proposta deste estudo é importante para a prática clínica, já que o TA é amplamente utilizado,

sendo necessário compreender o significado e a dimensão da resposta ao avaliar um paciente pediátrico. Os objetivos foram: 1) verificar a qualidade das estratégias de CP na execução do teste que avalia o limite de estabilidade entre diferentes faixas etárias, sexo e classificação nutricional; 2) identificar se os fatores intrínsecos (idade, sexo e antropometria) influenciam as respostas na avaliação por ambos os instrumentos, e; 3) identificar as associações entre o teste de CP e o limite de estabilidade.

Métodos

Estudo transversal com 61 participantes com idade entre cinco a 10 anos, recrutados das escolas municipais, Londrina, PR, Brasil por conveniência. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, parecer N° 020/2010 e autorizado pela Secretaria de Educação/Londrina/PR. Os pais ou responsáveis legais assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, permitindo a participação de seus filhos ou menores no estudo. Todos os participantes eram crianças sem doenças crônicas, e que só realizavam educação física na escola, já que poderiam interferir no CP. Foram excluídas as crianças que tinham história de fraturas ósseas prévias e/ou utilizassem qualquer medicação que interferisse na avaliação.

Os participantes foram estratificados em grupos, de acordo com a idade (G1, 5-6 anos de idade [n total = 22; meninas = 11 e meninos = 11], G2, 7-8 anos de idade [n total = 21; meninas = 9 e meninos = 12] e G3, 9-10 anos de idade [n total = 18; meninas = 10 e meninos = 8]), e sexo (meninos [n = 30] e meninas [n = 31]). A estratificação foi baseada na maturação e integração dos sistemas de CP, de acordo com Jayakaran³, em função de que a estabilidade em postura bípede se desenvolve entre cinco e 10 anos de idade. Assim, o G1 (5-6 anos) em início de maturação do CP, o G2 (7-8 anos) em tempo médio da fase de maturação, e o G3 (9-10 anos) com maturação completa¹⁰. Também há evidências de diferenças nas respostas de CP no desenvolvimento em relação ao sexo da criança³. Foram avaliados dados antropométricos referentes a massa

corporal total ($29,77 \pm 7,47$ kg) e estatura ($127 \pm 0,6$ cm). A classificação nutricional foi realizada utilizando o *software Anthro WHO Plus–World Health Organization Z scores* <-2 indicam baixo peso, -2 a +1 indicam eutrófico, +1 a +2 indicam sobrepeso e > +2 indicam obesidade ¹¹ (eutróficos [n = 40] e sobrepeso [n = 21]).

Teste de Alcance (TA)

O limite de estabilidade foi avaliado pelo TA. A fita métrica foi fixada na parede na altura do processo acromial do membro superior dominante, com ombro a 90° de flexão (anterior) para o alcance anterior (TA_A) e a abdução para alcances laterais (direita [TA_D] e esquerda [TA_E]). Os participantes permaneceram com os pés em pleno contato com o solo e foram encorajados verbalmente a “chegar o mais longe possível” e permanecer no alcance máximo durante três segundos sem tocar a parede e / ou o avaliador. Também foram instruídos a manter os ombros a 90° de abdução e flexão para evitar estratégias compensatórias. A diferença na distância (em cm) entre a posição inicial e final foi medida e registrada. A ponta do terceiro metacarpo foi usada para controlar a distância; considerou-se o maior valor entre as duas tentativas¹².

Plataforma de Força (PF)

A PF utilizada foi a BIOMECH400® (EMG System do Brasil Ltda., SP), com dois sensores que registravam o contato dos pés no solo, e os canais foram configurados para força, com filtros na faixa de frequência entre 0 e 35 Hz. Os sinais da plataforma foram processados e tratados no sistema de análise por estabilometria. Os parâmetros analisados foram a área de deslocamento do centro de pressão (A-COP em cm²), deslocamento total do centro de pressão (DES em cm) e velocidade média (em cm/s) em ambos os planos de oscilação (velocidade anteroposterior (VAP) e médio-lateral (VML))¹³. Os participantes permaneceram em posição ortostática sobre a PF com apoio bipodal de olhos abertos, as posturas do TA foram repetidas sobre a PF. No momento em que seu alcance máximo foi atingido, foram instruídos a manter a posição sobre a PF por 15 segundos, enquanto os sinais eram

captados. Todo o procedimento foi repetido três vezes, considerou-se o valor médio entre os testes.

A familiarização dos participantes com a PF e o TA foi realizada. Os avaliadores além de explicar passo a passo, também demonstravam os procedimentos e sua seqüência.

Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro Wilk. O coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para verificar as associações entre PF e TA. A qualidade das estratégias de CP e TA foram analisadas por meio do teste de Kruskal-Wallis e post-hoc de Dunn para diferentes faixas etárias (G1, G2 e G3), enquanto o teste de Mann-Whitney para sexo e antropometria. A regressão linear analisou a influência da idade e do sexo nos desfechos de PF e TA. A associação entre antropometria (estatura) e os resultados de PF e TA foi analisada pelo coeficiente de correlação de Spearman. As correlações classificaram-se como insignificante ($r = 0$ a $0,3$), fracas ($r = 0,3$ a $0,5$), moderadas ($r = 0,5$ a $0,7$) ou altas ($r = 0,7$ a $0,9$), conforme a força das associações¹⁴. Os resultados são apresentados em mediana e intervalo interquartilico (25% a 75%), e valores de $p \leq 0,05$ foram estatisticamente significantes. Cohen (d) quantificou o poder da análise (pequena quando $d = 0,20-0,30$; média se $d = 0,40-0,70$; grande, se maior que $d = 0,80$). O programa estatístico utilizado foi o SPSS® 21.0.

Resultados

O desempenho do CP sobre a PF durante o limite de estabilidade foram: em crianças mais velhas, menor DES (G1= 38; G2= 36; G3= 33) na PF_A, também melhor DES (G1= 35; G2=33; G3= 29) e VAP (G1= 2,4; G2= 2,3 e G3= 1,7) em PF_E ($p \leq 0,01$). Já as distâncias alcançadas em TA foram melhores em todas as direções, no grupo mais velho (alcance anterior $p \leq 0,01$; lateral direito $p \leq 0,01$ e esquerdo $p \leq 0,01$) (Tabela 1).

As meninas apresentaram menores índices sobre a PF em todas variáveis no alcance anterior e lateral esquerdo, e também em A-COP do

alcance a direita. Já na distância alcançada em TA, meninos e meninas se comportaram de forma semelhante (Tabela 2.).

A influência da maior idade contribuiu na melhoria do CP no teste de limite de estabilidade anterior em VML ($p= 0,02$ e $R^2 0,07$) e a esquerda em DES ($p= 0,03$ e $R^2= 0,05$). Entretanto em TA, a faixa etária mais velha influenciou em 11% no maior limite de estabilidade anterior, 32% na direção lateral esquerda e 15% em lateral direita ($p\leq 0,01$). O sexo feminino também influenciou positivamente em melhores estratégias de CP sobre a PF_E em DES ($R^2= 0,08$), VAP ($R^2= 0,09$) e VML ($R^2= 0,14$); em PF_D nas variáveis A-COP ($R^2= 0,11$) e DES ($R^2= 0,04$) (Tabela 3.).

Não houve correlação significativa entre as distâncias alcançadas em TA e as estratégias de CP sobre a PF, tanto na direção anterior (A-COP $r=0,03$ e $p=0,59$; DES $r=0,01$ e $p =0,90$; VAP $r=0,05$ e $p =0,51$; VML $r=-0,11$ e $p =0,42$) quanto nas laterais direita (A-COP $r=0,07$ e $p=0,48$; DES $r=0,01$ e $p =0,91$; VAP $r=-0,08$ e $p =0,54$; VML $r=-0,10$ e $p =0,42$), e esquerda (A-COP $r=-0,01$ e $p=0,45$; DES $r=-0,12$ e $p =0,35$; VAP $r=-0,14$ e $p =0,25$; VML $r=-0,02$ e $p =0,85$).

Correlações insignificantes e fracas foram encontradas entre maior estatura e VML em PF_A ($r= -0,38$), e na PF_E em DES ($r= -0,26$), VAP ($r= -0,34$). No TA a maior estatura correlacionou-se positivamente no limite de estabilidade no TA_E ($r= 0,49$). Os grupos eutróficos e sobrepeso não apresentaram diferenças e interferências nos resultados.

Discussão

No presente estudo foi avaliada a distância máxima atingida no TA e o comportamento das estratégias de CP no momento em que esta distância máxima foi atingida (sobre a PF). Com relação ao CP, a hipótese inicial era de que indivíduos com desenvolvimento motor típico, que tivessem melhores distâncias de alcance, teriam maiores limites de estabilidade e, portanto, apresentariam índices mais baixos sobre a PF (ou seja, melhores estratégias). Entretanto, essa hipótese não foi confirmada, pois os valores decorrentes do TA e da PF não apresentaram correlações.

Tal fato pode estar relacionado ao TA avaliar o limite de estabilidade, e provavelmente, não observa as estratégias do CP para atingir estes limites. Ainda, quanto mais próximo do limite, maiores são as oscilações¹⁵. No entanto, as crianças entre cinco e 10 anos ainda não estão aptas a estratégias adequadas em atividades que promovam instabilidade¹⁶, circunstância que corrobora com nossos resultados. Os testes funcionais fornecem informações importantes, porém Clark *et al.*¹⁷ enfatizaram que a avaliação cinemática é necessária para melhor compreensão das estratégias de CP.

Estudos apresentam que o fator intrínseco idade é determinante para a evolução das estratégias de CP^{18, 19}, nas posturas estáticas, mas nos momentos de limite de estabilidade sobre a PF, a criança mais velha apresenta melhor desempenho somente no DES em PF_A; DES e VAP em PF_E. Além disso, mesmo quando a criança atinge menores alcances, está em seu limite máximo de estabilidade²⁰.

Para manter-se estável, a criança em desenvolvimento típico passa por fases em que, inicialmente, utilizam estratégias mais básicas na direção AP nos momentos de menor complexidade²¹. Com a evolução, as crianças adquirem mais experiências na posição bípede nas direções AP e na ML, resultando na evolução de uma nova etapa multidirecional^{21, 22}.

Os participantes com mais idade (G3) no teste na PF_E apresentaram melhor VAP, mas não VML, no entanto, espera-se que, no deslocamento lateral, o desafio seja maior e, conseqüentemente, mais oscilações ML²³. Tal situação reforça a hipótese de que, apesar de as crianças do G3 apresentarem melhor alcance no TA_E, não se traduz em melhor estratégia sobre PF_E. Tais resultados corroboram com ausência de correlações entre PF e TA encontradas.

Os métodos utilizados apresentam particularidades, o TA foi capaz de avaliar o limite máximo de estabilidade (alcance em cm), mas as estratégias para manter-se estável no teste podem ser analisadas somente na PF. Assim, a combinação de vários métodos é recomendada para avaliar o CP e o equilíbrio na prática clínica.

Em relação ao sexo, as meninas apresentaram melhores estratégias sobre a PF (em todos os parâmetros) no alcance anterior, a

esquerda, e em A-COP no alcance a direita. Esse resultado pode estar relacionado com a melhor integração sensorial das meninas (já presente aos 7-8 anos) e maior atenção durante os testes, melhorando as estratégias para controlar o centro de gravidade dentro da base de sustentação, mesmo em alcance máximo^{24, 25}. No TA, as crianças do sexo masculino e feminino foram semelhantes quanto as distâncias alcançadas, que corrobora com os achados anteriores de Volkman *et al.*,²⁶ que investigaram os fatores que podem afetar a distância no TA em crianças que estão em desenvolvimento típico.

Em relação aos fatores intrínsecos, o fato de ter mais idade explica 7% dos melhores desempenhos de VML sobre a PF_A. As estratégias de CP estão em constante evolução em meio ao processo de maturação e só atingem desempenho próximo ao de adultos em torno dos 15 anos de idade³. O desempenho no teste funcional teve um coeficiente explicativo maior com o avançar da idade em TA_A (11%), TA_D (15%) e TA_E (32%). Ou seja, a dificuldade para manutenção do CP é maior quando se atinge o limite de estabilidade, mesmo em crianças mais velhas²⁶. As crianças tem a mobilidade suficiente para movimento apendicular, porém as estruturas axiais são mais exigidas durante esta tarefa⁶, e o controle motor parece ainda não estar totalmente preparado para tal função.

Em relação ao sexo, a menina melhorou 11% do A-COP e 4% do DES no PF_D; além de 8% de DES, 9% de VAP e 14% de VML em PF_E. Estes resultados corroboram com Mickle *et al.*¹⁹ que na análise posturográfica, as meninas tiveram melhor desempenho do que os meninos sobre a PF, também o autor justificou que os meninos apresentaram maior oscilação, quando estão submetidos a posturas mais instáveis.

A estatura não correlacionou significativamente com as variáveis de CP em DES e VAP na PF_E e VML em PF_A. Além disso, não houve diferença entre a classificação nutricional, com base no escore Z, e os resultados da PF e TA. Os fatores antropométricos podem modificar as estratégias, porém no presente estudo não melhoram ou pioram o CP²⁷. Outros fatores intrínsecos, como idade e sexo, e extrínsecos, como experiência, convívio social e prática de exercícios, podem estar mais

relacionados com o desempenho do CP²⁰. Outras evidências sugerem que o fator mais confiável para identificar mudanças/evolução no CP é a idade^{20,28}. Portanto, a antropometria não foi fator de influência do CP durante o limite de estabilidade. As crianças mais altas não obtiveram bom ajuste de equilíbrio sobre a PF. Embora a estatura possa ser semelhante à dos adultos, a integração somatossensorial, visual e vestibular com o sistema muscular esquelético ainda é dependente da faixa etária^{20,26}.

O maior alcance funcional não está relacionado a melhores estratégias de CP. Quanto à idade, quanto mais velha a criança, melhor a estratégia e a distância alcançada. As meninas apresentam melhores estratégias de CP, entretanto, a idade exerce influência maior tanto no TA quanto na PF, e a estatura não tem associação com o desempenho nos testes.

Conforme evidenciado em nossos achados, as estratégias do CP são diferentes de limite de estabilidade, existem particularidades entre elas no desenvolvimento e no processo de maturação. Clinicamente, é viável realizar diferentes testes de equilíbrio, levando em consideração não somente o tipo de respostas em cada exame, mas também os fatores que afetam os resultados (idade, sexo, antropometria)^{29,30,31}.

As limitações do estudo foram que durante o TA, as inclinações do tronco podem ter influenciado o desempenho. No entanto, as crianças foram instruídas a manter seus ombros a 90° de abdução e ou flexão para evitar compensações. Também o tamanho amostral, que pode ter sido menor do que o esperado, conforme o cálculo amostral.

Os resultados servem de apoio para determinar dados que classifiquem o CP da criança em desenvolvimento típico, também podem ser utilizados como referência para crianças que tenham comprometimentos e/ou estejam em tratamento. Outro aspecto positivo é que o tempo de permanência de 15 segundo sobre a PF foi suficiente para identificar diferentes, sendo assim uma justificativa para futuramente definir um protocolo de avaliação sobre a PF.

Conclusão

Os limites de estabilidade encontrados no TA, são diferentes das estratégias de equilíbrio evidenciadas sobre a PF. As crianças mais velhas apresentam maiores limites de estabilidade, mas nem sempre tem melhores estratégias sobre a PF no alcance. As meninas e meninos apresentam limites de estabilidade semelhantes, mas as estratégias das meninas sobre a PF é melhor, demonstrando melhor CP. Também o sexo (feminino) tem maior influência em menores índices de CP sobre a PF durante o limite de estabilidade. Já o avançar da idade melhora a distância alcançada no TA. Nota-se que, além dos instrumentos apresentarem diferentes desempenhos, também avaliam diferentes aspectos relacionados ao CP. Portanto, recomenda-se a combinação de vários métodos para avaliação do CP e do equilíbrio em crianças com DT.

Referências

1. Reimann H, Fettrow T, Jeka JJ. Strategies for the control of balance during locomotion. *Kinesiol. Rev.* 2018; 7(1): 18-25. <https://doi.org/10.1123/kr.2017-0053>
2. Matos MR, Matos CPG, Oliveira CS. Static equilibrium of the child with low vision through the medium of stabilometric point.. *Fisioter Mov.* 2017; 23(3): 361-9. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-51502010000300003>
3. Jayakaran P, Mitchell L, Johnson GM. Peripheral sensory information and postural control in children with strabismus. *Gait Posture.* 2018; 65: 197-202. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.07.173>
4. Barozzi S, Socci M, Soi D, Di Bernardino F, Fabio G, Forti S, Cesarani, A. Reliability of postural control measures in children and young adolescents. *Eur Arc Otorhinolaryngology.* 2014; 271(7): 2069-2077. <http://doi.org/10.1007/s00405-014-2930-9>
5. Breen EO, Howell DR, Stracciolini A, Dawkins C, Meehan WP. Examination of Age-Related Differences on Clinical Tests of Postural Stability. *Sports Health.* 2016; 8(3): 244-249. <https://doi.org/10.1177/1941738116633437>
6. Campos D, Santos DCC. Controle postural e motricidade apendicular nos primeiros anos de vida. *FisioterapiaemMovimento.* 2005;18(3):71-77.
7. Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, Paterson M, Wittmeier KD. Components of standing postural control evaluated in pediatric balance measures: a scoping review. *Arch Phys Med Rehab.* 2017; 12(1): 38. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.02.032>
8. Glave AP, Didier JJ, Weatherwax J, Browning SJ, Fiaud V. Testing Postural Stability: Are the Star Excursion Balance Test and Biodex Balance System Limits of Stability Tests Consistent? *Gait Posture.* 2016; 43: 225-7. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.09.028>
9. Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, Straus SE, Jaglal SB. Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: a scoping review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015; 96(1): 122-132. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.06.021>
10. Barela JA, Polastri PF, Godoi D. Postural control in children: body oscillation and oscillation frequency. *Rev Paul Educ Fís.* 2000; 14: 68-77. 10.2147/IJGM.S28693

11. World Health Organization. WHO AnthroPlus [software] license agreement: On the use of the WHO AnthroPlus for personal computers. Software for assessing growth of the world's children and adolescents. 2009
12. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol.* 1990; 45: 192–197. <https://doi.org/10.1093/geronj/45.6.M192>
13. Da Silva RA, Parreira RB, Medonça L, Ghizoni J, Vitor LG, Teixeira DC, et al. Developing validity and reliability of a new force platform-based in balance measures in older and young adults. Society for Neuroscience. Proceeding in the 40 Neuroscience Meeting, San Diego, 2010 1206-7.
14. Mukaka M. A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J.* 2012; 24(3): 69-71.
15. Verbecque E, Lobo Da Costa PH, Vereeck L, Hallemans A. Psychometric properties of functional balance tests in children: A literature review. *Dev Med Child Neurol.* 2015;57: 521–529. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185188>
16. Mancine M, Horak FB. The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *Eur J Rehabil Med.* 2010; 46: 239 - 248.
17. Clark RA, Pua YH, Fortin K, Ritchie C, Kat E, Webster LA, Bryant AL. Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control. *Gait Posture.* 2012; 36(3): 372-377. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.03.033>
18. Vitor LGV, Silva-Junior RA, Ries LGK, Fujisawa DS. Postural control in children with cerebral palsy and typical development. *Rev Neurocienc.* 2014; 23: 41-7. <https://doi:10.4181/RNC.2015.23.01.1016.7p>
19. Mickle KJ, Munro BJ, Steele JR. Gender and age affect balance performance in primary school-aged children. *J Sci Med Sport.* 2011; 14(3): 243-8. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.11.002>
20. Sá CDSC, Boffino CC, Ramos RT, Tanaka C. Development of postural control and maturation of sensory systems in children of different ages a cross-sectional study. *Braz J Phys Ther.* 2017; 8: S1413-3555(17)30558-0. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2017.10.006>
21. Dusing SC, Harbourne RT. Variability in Postural Control During Infancy: Implications for Development, Assessment, and Intervention, *Phys Ther.* 2010; 90(12); 1838–1849. <https://doi.org/10.2522/ptj.2010033>

22. da Costa CSN, Batistão MV, Rocha NCF. Quality and structure of variability in children during motor development: A systematic review. *Res Dev Disabil.* 2013; 34(9): 2810-2830. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.05.031>
23. Bruijn SM, Meijer OG, Beek PJ, van Dieen JH. Assessing the stability of human locomotion: a review of current measures. *J R Soc Interface.* 2013;(10): 20120999. <https://doi.org/10.1098/rsif.2012.0999>
24. Sobera M, Siedlecka B, Syczewska M. Posture control development in children aged 2-7 years old, based on the changes of repeatability of the stability indices. *Neurosci Lett.* 2011; 491(1): 13-7. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2010.12.061>
25. Neves JCJ, Souza AKV, Fujisawa DS. Postural control and physical activity in eutrophic, overweight and obese. *Rev Bras Med Esporte.* 2017; 23(3): 241-245. <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220172303157674>
26. Volkman KG, Stergiou N, Stuber W, Stoner J. Factors Affecting Functional Reach Scores in Youth with Typical Development. *Pediatr Phys Ther.* 2009; 21(1): 38-44. <https://doi.org/10.1097/PEP.0b013e318196f68a>
27. Pau M, Kim S, Nussbaum MA. Does load carriage differentially alter postural sway in overweight vs. normal-weight schoolchildren? *Gait Posture.* 2012; 35(3): 378-382. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.10.354>
28. Henriques IF, Oliveira DW, Oliveira-Ferreira F, Andrade PM. Motion sickness prevalence in school children. *Eur J Pediatr* (2014) 173(11):1473-82. doi:10.1007/s00431-014-2351-1
29. Pavão SL, Nunes GS, Santos NA, Rocha NA. Relationship between static postural control and the level of functional abilities in children with cerebral palsy. *Braz J Phys Ther.* 2014; 18(4): 300-307.
30. Paillard T, Noé F. Techniques and methods for testing the postural function in healthy and pathological subjects. *BioMed research international*, 2015.
31. Chiarovan E, Wang W, Reynolds P, MacDougall HG. Imbalance: Objective measures versus subjective self-report in clinical practice. *Gait posture.* 2018; 59: 217-221. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.10.019> .

Tabela 1. Comparação das respostas nas diferentes faixas etárias.

		G1	G2	G3	GRUPOS KW	POST-HOC	
					(p)	DUNN	
PF	A	A-COP	10,7 [6,5-15,5]	6,1 [5,4-13,1]	5,6 [4,1-11,8]	0,09	
		DES	38,1 31,1-[41,1]	36,5 [31,7-45,2]	33,1 [28,6-29,6]	<0,01*	G1>G3<G2**
		VAP	2,1 [1,8-3,1]	2,0 [1,9-2,7]	2,0 [1,5-2,5]	0,13	
		VML	2,1 [1,8-1,7]	1,9 [1,7-2,2]	1,6 [1,4-1,8]	0,18	
	D	A-COP	11,1 [7,1-15,4]	7,3 [5,5-11,9]	10,3 [4,7-14,2]	0,51	
		DES	37,1 [29,2-46,4]	37,1 [29,7-43,6]	35,1 [26,2-43,1]	0,24	
		VAP	2,4 [2,1-3,1]	2,4 [2,1-2,8]	2,2 [1,7-2,5]	0,11	
		VML	2,5 [1,9-3,9]	2,5 [2,9-2,8]	2,3 [1,6-2,5]	0,14	
	E	A-COP	9,1 [5,3-14,1]	5,6 [5,5-8,6]	6,1 [3,4-9,1]	0,25	
		DES	35,8 [29,2-44,1]	33,6 [29,9-43,6]	29,1 [24,5-37,5]	<0,04*	G1>G3<G2**
		VAP	2,4 [1,8-2,3]	2,3 [1,9-2,7]	1,7 [1,5-2,1]	<0,01*	G1>G3<G2**
		VML	2,3 [2,0-2,9]	2,5 [2,0-3,2]	2,2 [1,7-2,8]	0,55	
TA	A	22 [17,8-24,3]	25 20,5-27,5]	25 [21,8-31,1]	<0,01*	G1<G3**	
	D	16 [13,8-18,3]	18 [16,1-20,1]	22 [19,5-23,3]	<0,01*	G1<G2<G3**	
	E	17 [14,1-19,3]	17 [16,1-20,1]	20 [18,8-24,3]	<0,01*	G1<G3**	

Legenda: Dados apresentados em medianas e intervalos interquartis (25% -75%); PF= plataforma de forçar; A-COP= área de deslocamento do centro de pressão; DES= deslocamento do centro de pressão; VAP= velocidade média na oscilação anteroposterior; VML= velocidade média na oscilação médio-lateral; TA = teste de alcance; A= anterior; D= direito E= esquerda; G1= 5 a 6 anos de idade; G2= 7 a 8 anos de idade; G3 = 9 a 10 anos de idade; * indica diferenças no teste de Kruskal-Wallis (KW); ** indica $p < 0,05$ no teste de post-hoc de Dunn e as interações intragrupos.

Tabela 2. Comparação das respostas em diferentes sexos.

		MENINOS		MENINAS		GRUPOS MW (p)	EFEITO (d)	
PF	A	A-COP	5,8	[9,5-15,5]	4,1	[3,9-11,4]	<0,01*	0,24
		DES	33,4	[38,1-45,8]	27,4	[22,2-39,7]	<0,01*	0,28
		VAP	2,6	[2,8-3,2]	2,0	[1,9-2,9]	<0,01*	0,25
		VML	18	[2,0-2,8]	1,5	[1,5-1,9]	<0,01*	0,15
	D	A-COP	6,9	[12,1-15,6]	4,8	[3,3-10,7]	<0,01*	0,19
		DES	32,1	[37,4-47,1]	28,3	[33,0-43,1]	0,09	
		VAP	2,4	[2,1-2,8]	2,1	[1,8-2,8]	0,12	
		VML	2,4	[2,1-2,8]	2,2	[1,8-3,0]	0,16	
	E	A-COP	8,3	[5,9-12,8]	5,5	[3,7-5,7]	<0,01*	0,46
		DES	39,2	[31,3-45,1]	29,9	[26,7-38]	<0,01*	0,31
		VAP	2,4	[2,0-2,8]	1,9	[1,6-2,4]	<0,01*	0,22
		VML	2,6	[2,2-3,1]	2,1	[1,8-2,4]	<0,01*	0,23
TA	A	24	[20,1-21,0]	22	[21,0-26,1]	0,23		
	D	17,5	[15,1-21,0]	18	[16,0-21,1]	0,20		
	E	18	[16,0-20,1]	17,0	[15,1-21]	0,12		

Legenda: Dados apresentados em medianas e intervalos interquartis (25% -75%); PF= plataforma de força; A-COP= área de deslocamento do centro de pressão; DES= deslocamento do centro de pressão; VAP= velocidade média na oscilação anteroposterior; VML= velocidade média na oscilação médio-lateral; TA = teste de alcance; A= anterior; D= direito E= esquerda; * ** indica p <0,05 no teste de Mann-Whitney (MW); d indica o tamanho do efeito.

Tabela 3. Influência dos fatores intrínsecos sexo e idade.

		IDADE				SEXO				
		R ²	BETA	p	F	R ²	BETA	p	F	
PF	A	A-COP	0.02	-0.19	0.14	2.28	0.02	-0.24	0.06	3.66
		DES	0.03	-0.14	0.27	1.2	0.02	-0.21	0.10	2.72
		VAP	-0.01	-0.03	0.77	0.85	0.03	-0.21	0.09	2.91
		VML	0.07	-0.29	0.02*	5.67	0.01	-0.14	0.27	2.21
	E	A-COP	0.04	-0.23	0.06	3.52	0.06	-0.28	0.26	5.18
		DES	0.05	-0.27	0.03*	4.64	0.08	-0.31	0.01*	6.59
		VAP	0.13	-0.39	0.06	10.69	0.09	0.32	0.01*	7.04
		VML	-0.05	-0.10	0.41	0.71	0.14	-0.41	0.01*	11.32
	D	A-COP	-0.01	-0.70	0.56	0.34	0.11	-0.35	0.01*	8.74
		DES	-0.08	-0.09	0.46	0.54	0.04	-0.25	0.04*	4.03
		VAP	0.02	-0.02	0.10	0.26	0.00	-0.15	0.24	1.39
		VML	-0.01	-0.08	0.53	0.38	-0.01	-0.11	0.39	0.73
TA	A	0.11	0.36	0.00*	8.88	-0.05	-0.11	0.40	0.73	
	E	0.32	0.58	0.00*	29.9	-0.01	0.05	0.66	0.19	
	D	0.15	0.41	0.00*	12.24	-0.01	0.05	0.68	0.17	

Legenda: PF= plataforma de força; A-COP= área de deslocamento do centro de pressão; DES= deslocamento do centro de pressão; VAP= velocidade média na oscilação anteroposterior; VML= velocidade média na oscilação mediolateral; TA= teste de alcance; A= anterior; D= direito; E= esquerda; R²= R ajustado; BETA (coeficiente); *p < 0.05; F= variação.

6. CONCLUSÕES GERAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os estudos desenvolvidos mostram que o processo de maturação da criança é o principal fator para a evolução do CP. As crianças com mais idade aprimoram os parâmetros do centro de pressão e os limites de estabilidade, evidenciados em avaliação objetiva com PF e em teste clínico (TA).

No estudo 1, inicialmente, até os 6 anos de idade, as meninas apresentam pior desempenho sobre a PF, mas aos 7 e 8 anos evoluem as estratégias e igualam-se aos meninos nos índices de COP, VAP e VML de oscilações. A informação proveniente do sistema visual faz com que o CP seja melhor em todas as faixas etárias, mas não é um fator de forte influência para melhores estratégias. Também a antropometria não alterou significativamente as variáveis do centro de pressão durante os testes.

No estudo 2, os testes objetivos e funcionais não tiveram correlação. As crianças mais velhas apresentam maiores limites de estabilidade, mas nem sempre tem melhores estratégias sobre a PF no TA. As meninas e meninos apresentam limites de estabilidade próximos, mas as estratégias das meninas sobre a PF são melhores, demonstrando melhor CP. Também o sexo feminino influencia em melhores respostas de equilíbrio sobre a PF enquanto alcançam o limite de estabilidade. Já o avançar da idade melhora a distância (cm) alcançada no TA. Além dos instrumentos serem diferentes, também avaliam vários aspectos que estão relacionados ao CP.

Os estudos realizados mostram que existem vários fatores que alteram o CP, portanto, é importante considerar as influências intrínsecas e extrínsecas e a forma de avaliação, para que assim possam contribuir para a prática clínica e avanço científico. A padronização e o estabelecimento de valores de referência na avaliação do CP para crianças são necessários, assim,

novos estudos são importantes para a compreensão tanto para a pesquisa científica quanto para a prática clínica.

REFERÊNCIAS

1. Goulème N, Debue M, Spruyt K, Vanderveken C, De Siati RD, Ortega-Solis J, Thai-Van H. Changes of spatial and temporal characteristics of dynamic postural control in children with typical neurodevelopment with age: Results of a multicenter pediatric study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2018;113:272-280.
2. de Souza MR, Lemos A, Raposo MCF, Belian RB, Ferraz KM. Balance performance of children and adolescents with sensorineural hearing loss: Repercussions of hearing loss degrees and etiological factors *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.*2018;110:16-21.
3. Kakebeeke TH, Knaier E, Chaouch A, Caflisch J, Rousson V, Largo RH, Jenni OG. Neuromotor development in children. Part 4: new norms from 3 to 18 years. *Dev Med Child Neurol.* 2018;60(8):810-819.
4. Maïano C, Hue O, Tracey D, Lepage G, Morin AJ, Moullec G. Static postural control among school-aged youth with Down syndrome: A systematic review. *Gait Posture,* 2018;62:426-433.
5. Sparto PJ, Redfern MS, Jasko JG, Casselbrant ML, Mandel EM, Furman JM. The influence of dynamic visual cues for postural control in children aged 7–12 years. *Exp Brain Res.* 2006;168(4);505-516.
6. Gallahue DL, Ozmun JC, Goodway JD. Compreendendo o desenvolvimento motor: bebês, crianças, adolescentes e adultos. AMGH 2013.
7. Bee H, Boyd D. A Criança em Desenvolvimento-12. Artmed Editora; 2008.
8. Da Silva RA, Parreira RB, Medonça L, Ghizoni J, Vitor LG, Teixeira DC. Developing validity and reliability of a new force platform-based in balance measures in older and young adults. Society for Neuroscience. Proceeding in the, 40, 1206-7.
9. Pereira C, da Silva RA, de Oliveira MR, Souza RD, Borges RJ, Vieira ER. Effect of body mass index and fat mass on balance force platform measurements during a one-legged stance in older adults. *Aging Clin Exp Res.* 2018;30(5): 441-447.
10. Sharma P, Thapar S. Balance Assessment in Cerebral Palsy Children Using Pediatric Reach Test and Pediatric Balance Scale. *Indian journals.* 2018;9(5)01.

11. Mason AN, Lum J, Milligan A, Robinson J. Functional Reach Test. *Critical Reviews. Phys Med Rehabil.* 2018;30(2)18.
12. Luz L G, Seabra A, Padez C, Duarte JP, Rebelo-Gonçalves R, Valente-dos-Santos J, Coelho M. Perímetro de cintura como mediador da influência da maturação biológica no desempenho de coordenação motora em crianças. *Rev Paul Pediatr.* 2016;34(3), 352-358.
13. Curtis DJ, Woollacott M Bencke J, Lauridsen HB, Saavedra S, Bandholm T, Sonne-Holm S. The functional effect of segmental trunk and head control training in moderate-to-severe cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Dev Neurorehabil.* 2018;21(2):91-100.
14. Ansai JH, das Neves Glisoi SF, de Oliveira T, Soares AT, de Negreiros Cabral K, Sera CTN. et al, Review of two clinical assessment tools to predict risk of falls in elderly. *Rev Bras Geriatr Gerontol.* 2014;17:177–189
15. Kyu HH, Stein CE, Pinto CB, Rakovac I, Weber MW, Purnat TD. Gold AL. Causes of death among children aged 5–14 years in the WHO European Region: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet Child Adolesc Health.* 2016 2(5):321-337.
16. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? *Clin Rehabil* 2000;14:402–406.
17. Rade, D. *Cinemática e Dinâmica para Engenharia.* Elsevier Brasil; 2018.
18. Hadders-Algra M. Early human motor development: From variation to the ability to vary and adapt. *Neurosci Biobehav Rev.* 2018;90:411-427.
19. Moser ADDL, Malucelli MF, Bueno SN. Open and closed kinetic chain: a critical reflection. *Fisioter Mov.* 2010;23(4):641-650.
20. Matos MR, Matos CPG, Oliveira CS. Static equilibrium of the child with low vision through the medium of stabilometric point. *Fisioter Mov.* 2017; 23(3):1.1
21. de Souza GS, Gonçalves DF, Pastre CM. Propriocepção cervical e equilíbrio: uma revisão. *Fisioter Mov.* 2017;19(4)15.
22. Noor, R., Olyaei, G., Hadian, M. R., Talebian, S., & Salman, M. A reliable and accurate system of joint position sense measurement. *Biomedical Research.* 2018;29(12), 2528-2531.

23. Mochizuki L, Amadio AC. As funções do controle postural durante a postura ereta. *Fisioter. Pesqui.* 2003;10(1):7-15
24. Meneghetti CHZ, Blascovi-Assis SM, Deloroso FT, Rodrigues GM. Avaliação do equilíbrio estático de crianças e adolescentes com síndrome de Down. *Braz. J. Phys. Ther.* 2009;13(3):30-36.
25. Soares AV. A contribuição visual para o controle postural. *Rev Neurocienc*, 2010;18(3):370-379.
26. Moro SS, Harris LR. Vestibular–somatosensory interactions affect the perceived timing of tactile stimuli. *Exp Brain Res.* 2018;1-9.
27. Lundy-Ekman L. *Neurociência: fundamentos para a reabilitação.* 3ª. ed. Rio De Janeiro: Elsevier, 2008.
28. Hall JE, Guyton EH. *Tratado De Fisiologia Médica.* Elsevier Brasil 2017.
29. Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso.* Artmed Editora. 2008.
30. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Controle motor: teoria e aplicações práticas.* Manole. 2003.
31. Gallahue, DL, Ozmun JC, Goodway JD. *Compreendendo o desenvolvimento motor-: bebês, crianças, adolescentes e adultos.* AMGH Editora. 2013
32. Guyton AC, Hall JE, & Guyton, AC. *Tratado de fisiologia médica.* Elsevier Brasil. 2006
33. Guyton AC, Esbérard CA. *Neurociência básica: anatomia e fisiologia.* In *Neurociência básica: anatomia e fisiologia.* 1993
34. Haddad JM, Rietdyk S, Claxton LJ, Huber J. Task-dependent postural control throughout the lifespan. *Exerc Sport Sci Ver.* 2013;41(2):123.
35. Schmid M, Sozzi S. Temporal features of postural adaptation strategy to prolonged and repeatable balance perturbation. *Neurosci Lett.* 2016;628:110-115.
36. Hill CM, Wilson S, Mouser JG, Donahue PT, Chander H. Motor Adaption During Repeated Motor Control Testing: Attenuated Muscle Activation Without Changes in Response Latencies. *J Electromyogr Kinesiol.* 2018;41:96-102.

37. Pato TR, Pato TR, de Souza DR, Leite HP. Epidemiologia da paralisia cerebral. *Acta Fisiátr.* 2016;9(2): 71-76.
38. Ferraz OL. Desenvolvimento do padrão fundamental de movimento correr em crianças: um estudo semi-longitudinal. *Rev. Paul. Educ. Fís.* 2017;:(1):26-34.
39. Bueno EA, Castro AAM, Chiquetti SEM. Influência do ambiente domiciliar no desenvolvimento motor de lactentes nascidos pré-termo. *Rev Neurociênc.* 2014;22(1):45-52.
40. Melo RDS, Lemos A, Macky CFDST, Raposo MCF, Ferraz KM. Postural control assessment in students with normal hearing and sensorineural hearing loss. *Braz J Otorhinolaryngol.* 2015;81(4):431-438.
41. Pereira K, Tudella E. Perfil psicomotor de escolares: quanto ao gênero, à idade gestacional e ao aspecto físico. *Fisioter Mov.* 2017;21(1)70.
42. Casselbrant ML. Contribution of vision to balance in children four to eight years of age. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 2007;116(9):653-657.
43. Pavão SL, de Campos AC, Rocha NACF. Age-related Changes in Postural Sway During Sit-to-stand in Typical Children and Children with Cerebral Palsy. *J Mot Behav.* 2018;1-8.
44. Matos MR, Matos CPG, Oliveira CS. Equilíbrio estático da criança com baixa visão por meio de parâmetros estabilométricos. *Fisioter. Mov., Curitiba* 2010; 23(3): 361-369.
45. Tannus LDSP, Ribas DIR. Evaluation of gross motor function before and after virtual reality application. *Fisioter. Mov.* 2016;29(1):131-136.
46. Barela JA, et al. Use of monocular and binocular visual cues for postural control in children. *J VISION.* 2011;12:10–16.
47. Lim YH, Lee HC, Falkmer T, Tan T, Lee WL, Morris SL. Effect of optic flow on postural control in children and adults with autism spectrum disorder. *Neuroscience.* 2018 10;393:138-149
48. Pinto VCM. Influência da maturação nas qualidades físicas e marcadores hormonais através de diferentes protocolos de avaliação. *Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Brasil.* 2016

49. Sacconi R, Valentini NC, Pereira KR, Muller AB, Gabbard C. Associations of biological factors and affordances in the home with infant motor development. *Pediatr Int.* 2013;55(2):197-203.
50. ABESO. Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. Diretriz Brasileira de Obesidade. 4 ed. São Paulo, SP: 2016
51. da Silva CP, da Silva EB, de Lima Moura R, de Oliveira ND, Dantas ENDA, da Silva Ponciano C, Viera VB. Hábitos Alimentares no Âmbito Familiar E Sua Relação no Desenvolvimento da Obesidade Infantil. *International Journal of Nutrology*, 2018;11(S 01):428
52. de Castro JM, Ferreira EF, da Silva DC, de Oliveira RAR. Prevalência de sobrepeso e obesidade e os fatores de risco associados em adolescentes. *RBONE.* 2018;12(69):84-93.
53. Cabrera TFC, Correia IFL, Santos DO, Pacagnelli FL, Prado MTA, Silva TD, Monteiro CBM, Fernani DCGL. Análise da prevalência de sobrepeso e obesidade e do nível de atividade física em crianças e adolescentes de uma cidade do sudoeste de São Paulo. *J Hum Growth Dev.* 2014;24(1):67-66.
54. Andrew SUF, Wong D. Gender differences in postural stability among children. *J Hum Kinet* 2012;33: 25-32.
55. Peterson ML, Christou E, Rosengren KS. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait Posture*, 2006;23(4):455-463.
56. Pau M, Kim S, Nussbaum MA. Does load carriage differentially alter postural sway in overweight vs. normal-weight schoolchildren? *Gait Posture.* 2012; 35(3): 378-382.
57. Neves JCJ, Souza AKV, Fujisawa DS. Postural control and physical activity in eutrophic, overweight and obese. *Rev Bras Med Esporte.* 2017; 23(3): 241-245.
58. Yuksel E, OzcanKahraman B, Nalbant A, Kocak U Z, Unver B. Functional Reach and Lateral Reach Tests in Turkish Children. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2017;37(4):389-398.
59. Butz SM, Sweeney JK, Roberts PL, Rauh MJ. Relationships among age, gender, anthropometric characteristics, and dynamic balance in children 5 to 12 years old. *Phys Occup Ther Pediatr,* 2015;27(2):126-133.

60. Vitor LGV, Silva-Junior RA, Ries LGK, Fujisawa DS. Postural control in children with cerebral palsy and typical development. *Rev Neurocienc.* 2014 ;23: 41-7
61. Ferraz OL. Desenvolvimento do padrão fundamental de movimento correr em crianças: um estudo semi-longitudinal. *Rev. Paul. Educ Fís.* 2017;6(1):26-34.
62. Schiariti V, Mahdi S, Bölte S. International Classification of Functioning, Disability and Health Core Sets for cerebral palsy, autism spectrum disorder, and attention-deficit–hyperactivity disorder. *Dev Med Child Neurol.* 2018 60(9):933-941.
63. Favazza PC, Siperstein GN. *Motor skill acquisition for young children with disabilities.* In: REICHOW, B. (Ed.). *Handbook of Early Childhood Special Education.* Springer, Cham: 2016.
64. de Souza ES, Camargos ACR, de Ávila NCI, da Silva Siqueira FM. Participação e necessidade de assistência na realização de tarefas escolares em crianças com paralisia cerebral. *Fisioter Mov.* 2017;24(3).
65. Lobo MA. et al. Grounding early intervention: physical therapy cannot just be about motor skills anymore. *Phys Ther.* 2013;93:94-103.
66. Silva ADSD, Valenciano PJ, Fujisawa DS. Playing in Pediatric Physical Therapy: Literature Review. *Rev. bras. educ. espec.* 2017;23(4):623-636.
67. Guedes DP, Guedes JERP. Associação entre variáveis do aspecto morfológico e desempenho motor em crianças e adolescentes. *Rev Paul de Educ Físi,* 2017;10(2):99-112.
68. Andaki AC, de Quadros TM, Gordia AP, Mota J, Tinôco AL, Mendes EL. Skinfold reference curves and their use in predicting metabolic syndrome risk in children. *J Pediatr.* 2017;93(5):490-496.
69. Silva MS, Daltrário SMB. Paralisia cerebral: desempenho funcional após treinamento da marcha em esteira. *Fisioter Mov,* 2017;21(3).
70. de Lima JL, Mélo TR, Costin ACS, Neves EB. Terapia neuromotora intensiva nas habilidades motoras de criança com Síndrome de Down. *Rev. bras. pesqui. saúde.* 2018;19(2):133-139.

71. Winter D, Nocett PM. Intervenções fisioterapêuticas aquáticas na Distrofia Muscular de Duchenne: Artigo de revisão. R. fisioter. reab. 2017;1(2):19-26.
72. Niehues JR, Gonzales AI, Fraga DB. Intervenção fisioterapêutica na artrogripose múltipla congênita: uma revisão sistemática. Cinergis. 2014;15(1):.
73. Barcelos RS, Del-Ponte B, Santos IS. Interventions to reduce accidents in childhood: a systematic review. J. Pediatr. 2018;94(4):351-367.
74. Barcelos RS, Santos IS, Matijasevich A, Barros AJ, Barros FC, França GV, Silva VL. Falls, cuts and burns in children 0-4 years of age: 2004 Pelotas (Brazil) birth cohort. Cad. Saúde Pública. 2017;33(2):e00139115.
75. Barcelos RS, Del-Ponte B, Santos IS. Interventions to reduce accidents in childhood: a systematic review. J. Pediatr. 2018;94(4): 351-367.
76. van Beelen M, Beirens T, den Hertog P, van Beeck E, Raat H. Effectiveness of web-based tailored advice on parents' child safety behaviors: randomized controlled trial. J Med Internet Res. 2014;16:e17
77. Martins CBDG, Andrade SMD. Estudo descritivo de quedas entre menores de 15 anos no município de Londrina (PR, Brasil). Ciênc. saúde coletiva. 2010;15; 3167-3173.
78. Bloemen M, Van Wely L, Mollema J, Dallmeijer A, de Groot J. Evidence for increasing physical activity in children with physical disabilities: a systematic review. Dev Med Child Neurol. 2017;59(10):1004-1010.
79. Castro SSD, Junior GC, Martinho A. Fisioterapia no programa de saúde da família: uma revisão e discussões sobre a inclusão. Fisioter. Mov. 2017;19;(4).
80. Shiwa SR, Costa LOP, de Lima Moser AD, de Carvalho Aguiar I, de Oliveira LVF. PEDro: a base de dados de evidências em fisioterapia. Fisioter Mov. 2017;24(3).
81. Dias RC, Dias JMD. Prática baseada em evidências: uma metodologia para a boa prática fisioterapêutica. Fisioter Mov. 2017;19(1)55-62.

82. Sousa MCD, Esperidião MA, Medina MG. A intersectorialidade no Programa Saúde na Escola: avaliação do processo político-gestor e das práticas de trabalho. *Ciênc. saúde coletiva*. 2017;22:1781-1790.
83. Dewar R, Love S, Johnston LM. Exercise interventions improve postural control in children with cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol*. 2015;57(6): 504-520.
84. Karabay İ, Dogan A, Arslan MD, Dost G, Ozgirgin N. Effects of functional electrical stimulation on trunk control in children with diplegic cerebral palsy. *Disabil Rehabil*. 2012;34(11):965-970.
85. Kang H, Jung J, Yu J. Effects of hippotherapy on the sitting balance of children with cerebral palsy: a randomized control trial. *J Phys Ther Sci* 2012;24:833–6.
86. Tseng S-H, Chen H-C, Tam K-W. Systematic review and meta-analysis of the effect of equine assisted activities and therapies on gross motor outcome in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil*. 2013;35:89–99.
87. El-Shamy SM, Abd El Kafy EM. Effect of balance training on postural balance control and risk of fall in children with diplegic cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 2014; 36: 1176–83.
88. Bobath B. The very early treatment of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1997;9(4):373-390.
89. Unger M, Jelsma J, Stark C. Effect of a trunk-targeted intervention using vibration on posture and gait in children with spastic type cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Neurorehabil*. 2013; 16:79–88.
90. Levac D, McCormick A, Levin MF, Brien M, Mills R, Miller E, Sveistrup H. Active video gaming for children with cerebral palsy: Does a clinic-based virtual reality component offer an additive benefit? A pilot study. *Phys Occup Ther Pediatr*. 2018;38(1): 74-87.
91. Ries LGK, Michaelsen, SM, Soares PS, Monteiro VC, Allegretti KMG. Adaptação cultural e análise da confiabilidade da versão brasileira da Escala de Equilíbrio Pediátrica (EEP). *Braz. J. Phys. Ther*. 2012;3: 205-215.
92. Verbecque E, Lobo Da Costa PH, Vereeck L, Hallemans A. Psychometric properties of functional balance tests in children: a literature review. *Dev Med Child Neurol*. 2015;57(6): 521-529.

93. Kathryn M. Sibley, Marla K. Beauchamp, Karen Van Ooteghem, Marie Paterson and Kristy D. Wittmeier. Components of Standing Postural Control Evaluated in Pediatric Balance Measures: A Scoping Review, *Am Arch Rehabil Ther.* 2017;98(10):206655-62.
94. Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, Straus SE, Jaglal SB. Using the systems framework for postural control to analyze the components of balance evaluated in standardized balance measures: a scoping review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015;96:122–132.
95. Duarte M, Freitas SM. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Braz J Phys Ther.* 2010;14(3):183-192.
96. Rabello LM, Macedo CDSG, Oliveira MRD, Fregueto JH, Camargo MZ, Lopes LD, ... & Silva Jr RAD. Relationship between functional tests and force platform measurements in athletes' balance. *Rev Bras Med Esporte.*, 2014;20(3):219-222.
97. Da Silva, RA. Pereira C., Gil AW., Marcio R. Equilíbrio postural: avaliação e intervenção por meio de exercícios associados às estratégias de controle neuromuscular. CRV 2016.
98. Cappello A, Lenzi D, Chiari L. Periodical in-situ re-calibration of force platform: a new method for the robust estimation of the calibration matrix. *Med Biol Eng Comput.* 2004; 42(3):350-5.
99. Winter DA. Biomechanics and motor control of human movement. 3ª ed. Hoboken: John Wiley & Sons; 2005.
100. Lafond D, Corriveau H, Hébert R, Prince F. Intrasession reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(6):896-901.
101. Leite JC, de Jesus Neves JC, Vitor LGV, Fujisawa DS. Evaluation of postural control in children and adolescents with Down Syndrome aged eight to twelve years old. *J Hum Growth Dev.* 2018;28(1):50-57.
102. de Matos MR, de Matos CPG, Oliveira CS. Equilíbrio estático da criança com baixa visão por meio de parâmetros estabilométricos. *Fisioter Mov.* 2017;23(3):13.
103. Wang YC, Sindhu B, Lehman L, Li X, Yen SC, Kapellusch J. Rasch Analysis of the Activities-specific Balance Confidence (ABC) Scale in Older Adults Seeking Outpatient Rehabilitation Services. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2018;(0):1-31.

104. Louie DR, Eng JJ. Berg Balance Scale score at admission can predict walking suitable for community ambulation at discharge from inpatient stroke rehabilitation. *J Rehabil Med.* 2018;50(1):37-44.
105. Barry E, Galvin R, Keogh C, Horgan F, Fahey T. Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. *BMC geriatrics*, 2014;14(1):14
106. Kurz E, Faude O, Roth R, Zahner L, Donath L. Ankle muscle activity modulation during single-leg stance differs between children, young adults and seniors. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(2): 239-247.
107. Mason AN, Lum J, Milligan A, Robinson J. . Functional Reach Test. *Critical Reviews. J Rehabil Med.* 2003 Jan;35(1):26-30.
108. Calatayud J Borreani, S, Colado JC, Martin F, Flandez J. Test-retest reliability of the Star Excursion Balance Test in primary school children. *Phys Sports med.* 2014; 42: 120–124.
109. de AC Duarte N, Grecco LAC, Franco RC, Zanon N, Oliveira CS. Correlation between Pediatric Balance Scale and functional test in children with cerebral palsy. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(6): 849-853.
110. Bartlett D, Birmingham T. Validity and reliability of a pediatric reach test. *Pediatr Phys Ther.* 2003;15: 84–92
111. Kumban W, Amatachaya S, Emasithi A, Siritaratiwat W. Five-times-sit-to-stand test in children with cerebral palsy: reliability and concurrent validity. *NeuroRehabilitation.* 2013; 32: 9–15
112. Bandong AN, Madriaga GO, Gorgon EJ. Reliability and validity of the Four Square Step Test in children with cerebral palsy and Down syndrome. *Res Dev Disabil.* 2015; 47: 39–47
113. De Kegel A, Baetens T, Peersman W, Maes L, Dhooge I, Van Waelvelde H. Ghent developmental balance test: a new tool to evaluate balance performance in toddlers and preschool children. *Phys Ther.* 2012; 92: 841–852
114. Franjoine MR, Gunther JS, Taylor MJ. Pediatric balance scale: a modified version of the berg balance scale for the school-age child with mild to moderate motor impairment. *Pediatr Phys Ther.* 2003;15: 114–128.

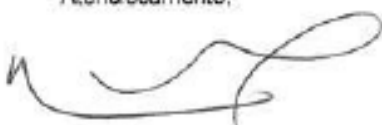
115. Christy JB, Payne J, Azuero A, Formby C. Reliability and diagnostic accuracy of clinical tests of vestibular function for children. *Pediatr Phys Ther.* 2014;26:180–189.
116. Calatayud J, Borreani S, Colado JC, Martin F, Flandez J. Test-retest reliability of the Star Excursion Balance Test in primary school children. *Phys Sports med.* 2014;42:120–124.
117. Duncan PW, Weiner, DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol.* 1990;45:M192–M197
118. Rodrigues AT, Bertin V, Vitor, LGV, Fujisawa DS. Crianças com e sem deficiência auditiva: o equilíbrio na fase escolar. *Rev. Bras. Educ.* 2014;20(2):169-178.

ANEXOS

ANEXO A
Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS
Universidade Estadual de Londrina
Registro CONEP 268

Parecer CEP/UEL: 020/2010 CAAE: 0019.0.268.000-10 Processo: 9581/2011 Folha de Rosto: 321224	Londrina, 05 de maio de 2011.
Pesquisador(a): Dirce Shizuko Fujisawa Unidade/Órgão: CCS – Departamento de Fisioterapia	
Prezado(a) Senhor(a): O "Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina" (Registro CONEP 268) – de acordo com as orientações da Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto: "REAÇÃO DE EQUILÍBRIO: avaliação em crianças com e sem alterações sensoriais e motoras"	
Emenda: Alterações no número total de pacientes, mudança de local e participantes para avaliação ou coleta de dados, alteração na seleção e nos parâmetros para indicação de atendimento dos pacientes.	
Situação do Projeto: APROVADO Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá apresentar ao CEP/UEL relatório final da pesquisa.	
Atenciosamente,  Prof. Dra. Alexandrina Aparecida Maciel Cardelli Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos Universidade Estadual de Londrina	

ANEXO B

Autorização Secretaria da Educação

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA
ESTADO DO PARANÁ

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO

DECLARAÇÃO

Informo, para os devidos fins, que estamos de acordo e cientes da parceria para o desenvolvimento do projeto de Pesquisa "Reação de equilíbrio: Avaliação em crianças com e sem alterações sensoriais e motoras, nas Escolas Municipais Maria Carmelita Vilela Magalhães e Maestro Andrea Nuzzi, sob a coordenação da Professora Dr^a Dirce Shizuko Fujisawa.

Londrina, 09 de agosto de 2011.

Karin Sabec Viana
Secretária Municipal de Educação

APÊNDICE A

Termo de consentimento livre e esclarecido.

Venho convidá-lo(a) a participar do Projeto “Reação de Equilíbrio: Avaliação em crianças com e sem alterações sensoriais e motoras”, que trata-se de estudo a ser desenvolvido pela professora Dra. Dirce Shizuko Fujisawa (coordenadora), com a participação do aluno de mestrado em Ciência da Reabilitação UEL/UNOPAR Leonardo G.V. Vitor.

O objetivo principal do projeto é descrever as reações de equilíbrio em crianças com e sem alterações sensoriais e motoras utilizando diferentes métodos de avaliação.

A metodologia consiste em avaliação do equilíbrio das crianças, sendo que a primeira etapa será iniciada com um questionário com informações individuais (nome, gênero, idade), escolares (pré escolar, escolar, série, escola, período) e físicos (peso e altura, comprimento dos membros superiores e dos pés), seguido de outras três etapas, em que as crianças serão avaliadas por meio dos testes: Escala de Equilíbrio de Berg, Teste de alcance, Plataforma de Equilíbrio.

Se for encontrado algum indicio de alteração do equilíbrio, será realizada orientação de acordo com a idade e déficit sensorial e motor de cada criança. Destaca-se que todos os procedimentos não irão causar dor a criança, e em reunião conjunta com pais e professores todos os procedimentos serão demonstrados e quaisquer dúvidas serão esclarecidas a vocês.

Após a conclusão do exame em cada escola, será realizada reunião informativa sobre os resultados das avaliações e todos os dados descritivos serão destruídos após a finalização do estudo. Em qualquer momento da pesquisa você terá acesso ao profissional responsável pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. Sinta-se completamente livre para participar da pesquisa ou não. Esclarecemos que o anonimato do menor está garantido; as informações serão sigilosas; a não participação não acarretará nenhum prejuízo à sua pessoa e ao menor; as informações e resultados obtidos ficarão a sua disposição; a participação do menor não acarretará qualquer desconforto, risco, ou dano; os benefícios esperados relacionam-se à melhoria da qualidade de vida e possíveis complicações futuras. Ressalta-se que as imagens obtidas da criança não serão divulgadas.

Eu, professora Dirce ShizukoFujisawa, declaro que forneci todas as informações referentes a este estudo para o(a) responsável pelo menor, citados acima.

 Prof^a. Dr^a. Dirce ShizukoFujisawa
 Rua Jorge Velho 784, ap. 202 – centro – Londrina – PR
 Fone: 43 3322-0494/3371-2288

Eu, _____, responsável pelo menor _____, aceito participar do estudo, conforme objetivos e metodologias expostos.

“Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o consentimento livre e esclarecido deste pesquisador para a participação neste estudo.”

 Assinatura

Data ___/___/___

Caso tenha dúvidas ou sinta a necessidade de mais esclarecimentos, você poderá entrar em contato, também com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina, pelo telefone 43 3371-2490.

Londrina, ___/___/___