



**UNIVERSIDADE NORTE DO PARANÁ**

---

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EXERCÍCIO FÍSICO NA  
PROMOÇÃO DA SAÚDE**

**CARLOS EDUARDO DE CARVALHO**

**AVALIAÇÃO POSTURAL DO PÉ: GUIA PRÁTICO PARA  
FISIOTERAPEUTAS**

---

Londrina  
2014

CARLOS EDUARDO DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO POSTURAL DO PÉ: GUIA PRÁTICO PARA  
FISIOTERAPEUTAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Exercício Físico na Promoção da Saúde (Programa de Mestrado Profissional - Universidade Norte do Paraná -UNOPAR), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Exercício Físico na Promoção da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Alexandre da Silva Jr.

Londrina  
2014

CARLOS EDUARDO DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO POSTURAL DO PÉ: GUIA PRÁTICO PARA  
FISIOTERAPEUTAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Exercício Físico na Promoção da Saúde (Programa de Mestrado Profissional - Universidade Norte do Paraná -UNOPAR), como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Exercício Físico na Promoção da Saúde.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Rubens Alexandre da Silva Jr.  
(Orientador)  
Universidade Norte do Paraná

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Deyse Aparecida A. P. Oliveira  
(Co-Orientador)  
Universidade Norte do Paraná

---

Prof. Dr. Denilson de Castro Teixeira  
Universidade Norte do Paraná

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Celita Salmaso Trelha  
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 24 de Abril de 2014.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus em primeiro lugar, a minha família e amigos, e em especial a minha esposa Fatima companheira de todas as horas, que sempre esteve comigo me apoiando durante todo o caminho.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus em primeiro lugar por me conceder mais essa conquista em minha vida, privilegiando a desfrutar desta benção.

À minha família, em especial minha esposa Fatima que sempre incentivou a minha caminhada.

Ao professor Dr. Rubens Alexandre, pelos ensinamentos e conhecimentos aplicados ao longo dessa trajetória, acredito que tive além de um grande mestre um amigo que sempre teve alegria, paciência e compreensão durante todo este período.

Meus amigos, em especial o André Gil, Marcio Rogério, Mari, Juliana Armani, Lucio Carvalho e Elias que sempre estiveram ao meu lado nos momentos em que mais precisei. Aos colegas de classe do mestrado.

Aos professores do mestrado e do centro de pesquisa em ciências da saúde que trabalham na realização desse trabalho.

Ao grupo de pesquisa do LAFUP que diretamente contribuiu na conclusão deste estudo.

Aos funcionários da Universidade Norte do Paraná que trabalham no auxílio de todos os alunos. Um agradecimento especial ao secretário Gleydson Navarro e à bibliotecária Fernanda Serrano.

CARVALHO, Carlos Eduardo. **Avaliação postural do pé: guia prático para fisioterapeutas**. 2014. 125 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Exercício Físico na Promoção da Saúde – UNOPAR) – Universidade Norte do Paraná, 2014.

## RESUMO

**Introdução:** Diferentes métodos clínicos têm sido desenvolvidos para avaliar as dimensões do pé no intuito de melhorar a relevância clínica nas tomadas de decisões quanto à postura, às deformidades do pé e o equilíbrio e prevenção de quedas. **Objetivos:** Desenvolver um produto técnico-científico para a promoção da saúde: Guia prático de avaliação postural do pé com ferramentas de baixo custo e fácil aplicação para fisioterapeutas. Comparar as diferenças na idade quanto às medidas antropométricas posturais do pé e os parâmetros de equilíbrio provenientes de uma plataforma de força em duas tarefas experimentais (bipodal e unipodal); e determinar a relação entre as medidas em ambos os indivíduos jovens e idosos. **Métodos:** 68 idosos (idade média 68 anos) e 42 jovens (idade média 21 anos), ambos do sexo feminino, recrutados por conveniência, participaram do estudo. A postura do pé (direito e esquerdo) foi testada em quatro domínios: 1) amplitude articular do hálux em flexão e extensão com o uso de goniômetro, 2) altura do dorso do pé e 3) comprimento do pé com o uso de um paquímetro, e 4) imagem plantar (plantígrafo) com uso do software IMAGEJ para calcular: largura do antepé, índice do arco e o hálux valgo. Três repetições foram executadas para cada domínio e a média foi utilizada. A performance de equilíbrio foi testada em duas condições: bipodal (duas pernas posicionadas na plataforma de força) durante 60-s de prova; e unipodal (perna de preferência apoiada na plataforma de força) durante 30-s de prova, com período de repouso de aproximadamente 30-s entre cada repetição. A média de três tentativas para cada condição de equilíbrio foi retida para avaliar: área elipse do centro de pressão (COP) e a velocidade de oscilação do COP em ambas as direções do movimento: Ântero-posterior e Médio lateral. **Resultados:** Idosos demonstraram significativamente ( $P<0,01$ ) pior equilíbrio do que os jovens somente para condição unipodal e para todos os parâmetros do COP (ex: área COP 9,97 no idoso contra 7,72 cm<sup>2</sup> no jovem). Idosos e jovens apresentaram diferenças nas medidas posturais do pé ( $P<0,05$ ), sendo o idoso com menor mobilidade do hálux e grandes valores de largura do antepé e do índice do arco transversal do que os jovens, caracterizando assim, idosos com o pé plano. As correlações entre todas as medidas posturais do pé e os parâmetros COP de equilíbrio para as duas condições variou, entre os grupos, de fraca à moderada ( $r$  -0,01 a -0,46). Nenhuma vantagem sistemática de uma medida postural do pé (goniometria, paquímetro, plantígrafo) foi encontrada na relação com os parâmetros de equilíbrio entre os grupos, embora a menor mobilidade do hálux fosse significante correlacionada com os grandes valores do COP no idoso. **Conclusões:** Esses resultados têm implicações clínicas e de pesquisa para programas de reabilitação de equilíbrio em idosos e programas preventivos associados às desordens posturais do pé e déficits de equilíbrio em ambos os grupos (jovens e idosos).

**Palavras-chave:** postura; envelhecimento; pés; movimento; biomecânica; promoção da saúde.

CARVALHO, Carlos Eduardo. **Evaluation of foot postural: Pratical Guideline for Physiotherapist**. 2014. 125 folhas Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Exercício Físico na Promoção da Saúde – UNOPAR) – Universidade Norte do Paraná, 2014.

### Abstract

**Introduction:** Different clinical methods have been developed to assess the different dimensions of foot in order to increase the clinical relevance of decisions regarding posture and deformity of foot, balance deficit and fall prevention. **Objectives:** Develop a technical and scientific product for health promotion: Practical Guide postural assessment of the foot with low cost and easy application tools for physical therapists. To compare age differences on a broader range of anthropometric posture measures of foot and balance parameters of a force platform during two balance tasks (bipodal and unipodal); and determine the relationship between them in both young and older subjects. **Methods:** 68 older (mean age 68 yrs) and 42 young adults (in mean age 21 yrs), all women, recruited by convenience, participated of this study. Foot (right and left side) posture was tested across four domains: 1) hallux flexion and extension range of motion (ROM) using goniometer, 2) height navicular and 3) length of the foot both using pachymeter, and 4) foot print for calculate with IMAGEJ: width of fore foot, arch index and hallux valgus. Three trials were performed for each domain and the mean was retained. Balance performance was tested in two conditions: bipodal condition (two legs placed on force platform) during 60-s trials; and unipodal condition (leg preferred on force platform) during 30-s trials, with a rest period of approximately 30 s between each trial. The mean of three trials for each balance condition was retained to assess: sway ellipse area of centre of pressure (COP) and sway COP velocity in both the directions of movement: Anteroposterior and Mediolateral. **Results:** Older shown significant ( $P < 0,01$ ) poor balance performance than young adults only in unipodal condition and for all COP parameters (ex: COP area 9,97 for older versus 7,72 cm<sup>2</sup> for young). Older and young presented differences on all foot posture measures ( $P < 0,05$ ), being older with low hallux mobility and high values of the width of fore foot and transverse arch index than young adults, characterizing thus elderly plan feet. The correlations between all foot posture measures and balance COP parameters for the two balance conditions varied, across groups, of weak to moderate ( $r$  -0,01 to -0,46). No systemic advantage of a foot posture measure (goniometry, pachymeter, foot print) was found in the relationship with balance COP parameters across groups, although a low mobility of hallux was significantly related to higher COP values in older. **Conclusions:** These results have any clinical and research implications on balance rehabilitation programs for older people and on prevention programs linked to musculoskeletal foot postural disorders and balance performance in both the groups (young and older).

**Keywords:** posture; aging; foot, movement; biomechanics; health promotion.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Revisão da literatura

<b>Figura 1 – Ossos do pé .....</b>	<b>18</b>
-------------------------------------	-----------

### Guia prático para fisioterapeutas

<b>Figura 1 – Ilustração do pé neutro.....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 2 – Ilustração do pé plano.....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 3 – Ilustração do pé cavo.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 4 – Ilustração do hálux valgo.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 5 – Goniômetro.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 6 – Goniômetro de dedo.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 7 – Paquímetro.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 8 – Especificações do paquímetro.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 9 – Plantígrafo.....</b>	<b>62</b>
<b>Figura 10 – Fita métrica.....</b>	<b>63</b>
<b>Figura 11 – Posicionamento para flexão e extensão do hálux.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 12 – Movimento de extensão do hálux.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 13 – Movimento de flexão do hálux.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 14 – Resultado clínico das medidas de goniometria.....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 15 – Posionamento para lateralidade do hálux.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 16 – Resultado clínico das medidas de goniometria do hálux.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 17 – Posionamento para altura do pé.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 18 – Posionamento para comprimento do pé.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 19 – Posionamento para largura do pé.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 20 – Resultado clínico das medidas do paquímetro.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 21 – Plantígrafo.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 22 – Posicionamento dos pés dentro do plantígrafo.....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 23 – Resultado clínico do plantígrafo.....</b>	<b>81</b>
<b>Figura 24 – Posionamento para o perímetro.....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 25 – Resultado clínico das medidas da fita métrica.....</b>	<b>85</b>



## **Artigo**

<b>Figura 1 – Foot posture measures.....</b>	<b>120</b>
<b>Figura 2 – Balance task conditions.....</b>	<b>121</b>

## LISTA DE QUADROS E TABELA

### Revisão da literarura

<b>Quadro 1</b> – Região Anterior da perna .....	19
<b>Quadro 2</b> – Região Lateral da perna .....	19
<b>Quadro 3</b> – Região Posterior da perna .....	19
<b>Quadro 4</b> – Região Plantar Medial .....	20
<b>Quadro 5</b> – Região Plantar Lateral .....	20
<b>Quadro 6</b> – Região Plantar Intermédia .....	21
<b>Tabela 1</b> – Principais desordens do pé do idoso.....	24

### Artigo

<b>Tabela 1</b> – Goniometry measures of hallux in flexion and extension.....	115
<b>Tabela 2</b> – Foot posture measures from pachymeter and foot print.....	116
<b>Tabela 3</b> – Postural balance results from Bipodal and Unipodal condition.....	117
<b>Tabela 4</b> – <i>Pearson</i> coefficient correlation between Goniometry measures and balance COP parameters .....	118
<b>Tabela 5</b> – <i>Pearson</i> coefficient correlation between foot posture measures (Pachymeter and foot print measures) and balance COP parameters .....	119

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM	Amplitude de Movimento
A/P	Ântero-posterior
A-COP	Área do Centro de Pressão
Ang-I	Articulação Metatarsofalangeana 1
Ang-V	Articulação Metatarsofalangeana 5
BOA	Bipodal olhos abertos
COG	Centro de Gravidade
COM	Centro de Massa
CONEP	Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
COP	Centro de Pressão
CP	Comprimento do Pé
CTP	Comprimento Total do Pé
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMC	Índice de Massa Corporal
LA	Largura do Ante Pé
M/L	Médio-lateral
PF	Plataforma de Força
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio
SPSS	<i>Statistical Package for Social Sciences</i>
UNI	Unipodal
UNOPAR	Universidade Norte do Paraná
VEL	Velocidade do Centro de Pressão

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 Objetivo Geral.....	15
2.2 Objetivos Específicos.....	15
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	16
3.1 Processo de envelhecimento.....	16
3.2 Desenvolvimento motor do pé.....	17
3.3 Anatomia e Biomecânica do pé .....	17
3.4 Função muscular do pé e sua relação com as desordens .....	21
3.5 Principais desordens posturais do pé.....	22
3.6. Métodos de avaliação postural do pé .....	25
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	28
4.1 Descrição metodológica do Guia de Avaliação Postural do Pé.....	28
4.2 Descrição metodológica do Artigo científico com base na relação entre as medidas posturais do pé .....	29
4.2.1 Amostra.....	29
4.2.2 Procedimentos .....	29
4.2.3 Protocolo Experimental .....	30
4.3 Análises Estatísticas.....	32
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	33
<b>6. GUIA PRÁTICO PARA FISIOTERAPEUTAS</b> .....	36
<b>7. ARTIGO CIENTÍFICO</b> .....	96
<b>8. ANEXOS</b> .....	122
<b>9. TERMO DE CONSENTIMENTO</b> .....	122
<b>10. PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA</b> .....	124

## 1. INTRODUÇÃO

Os pés geralmente são lembrados quando doem, mas também carregam junto com todo o peso do corpo conotações simbólicas. Para os Dogons (povo que vive em uma remota região no interior da África Ocidental) os pés representam um símbolo de consolidação, expressão de poder, de chefia e mesmo de realeza. Entre os Bambaras (povo que vive no oeste de África, Mali e Guiné) diz-se que o pé é a primeira germinação do corpo do embrião, na caminhada é o começo e o fim, símbolo de poder, mas também de partida e de chegada. Do ponto de vista biológico, os pés têm a importância de sustentar e manter o equilíbrio corporal<sup>1</sup>.

Apesar da importância dos pés para a postura global do organismo<sup>1</sup>, as informações sobre as ferramentas de baixo custo e de simples uso para avaliação postural dos pés ainda não estão agrupadas em um único material didático e prático para uso dos fisioterapeutas. Estas ferramentas de avaliação são de suma importância para determinar as desordens posturais do pé tais como hálux valgo, achatamento do arco plantar (ex: pé plano), pé cavo, alargamento do antepé (pé espalmado)<sup>1,2</sup>. As desordens do pé estão principalmente associadas ao processo de envelhecimento devido às alterações morfológicas, biomecânicas e funcionais encontradas com o avançar da idade<sup>1,2</sup>. Um exemplo na faixa etária idosa é o valgismo do hálux que gera significativas dificuldades de adaptação aos calçados, gerando problemas de instabilidade postural e aumento do risco de quedas<sup>3</sup>.

A prevalência das desordens posturais do pés como hálux valgo pode alcançar entre 35 e 74% nos idosos do sexos feminino e masculino, mas sendo mais prevalente nas mulheres<sup>4</sup>. Aproximadamente 30-48% dessas alterações são classificadas como moderada à severa<sup>4,5</sup>. Toda alteração estrutural do pé, tanto na faixa etária adulta jovem quanto idosa, pode implicar modificações na dinâmica e nas sobrecargas plantares e conseqüentemente alterar o equilíbrio postural. Além do mais, a alteração de um segmento corporal, como o pé, pode afetar toda região segmentar adjacente. Subentende-se então, que as desordens plantares estão relacionadas às alterações articulares segmentares, independente de seu tamanho ou complexidade ao longo do esqueleto humano, em seus respectivos planos e eixos biomecânicos do movimento. Em outras palavras, um desvio do pé, pode levar à um desvio biomecânico de outros segmentos tais como joelho, quadril e coluna vertebral, e conseqüentemente,

pode ocasionar as alterações posturais que levam as disfunções osteo-neuro-musculares como as lombocostalgias.

Portanto, existe uma necessidade para o fisioterapeuta clínico conhecer quais são as ferramentas de medida para avaliação postural do pé; saber manuseá-las, executá-las e interpretá-las de forma prática no processo de avaliação e intervenção das desordens posturais do pé. Este trabalho de mestrado tem como foco dois principais proposições: 1) elaborar um guia prático para os fisioterapeutas de fácil uso no intuito de apresentar os instrumentos simples e de baixo custo para avaliação postural do pé. Este guia também apresentará a técnica de uso de cada instrumento e seus resultados clínicos com base em evidências científicas; e 2) delinear um estudo científico para comparar as diferenças na postura do pé entre adultos jovens e idosos com o uso de instrumentos de baixo custo (Goniometria, Paquímetro, Plantígrafo) e alto custo (Plataforma de Força) e determinar se um dos instrumentos discrimina melhor as desordens posturais do pé entre eles. Espera-se com este trabalho contribuir no processo de promoção da saúde, especificamente nas ações preventivas primárias no combate ao desenvolvimento de doenças relacionadas às desordens posturais do pé.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O principal objetivo deste trabalho de mestrado é integrar as principais ferramentas de avaliação postural do pé, de baixo custo e fácil aplicação, para profissionais da fisioterapia, com aplicação tanto para indivíduos adultos jovens quanto para os idosos fisicamente independentes.

### **2.2 Objetivos Específicos**

1. Desenvolver um produto técnico-científico para a promoção da saúde:  
Guia prático de avaliação postural do pé para fisioterapeutas.
2. Desenvolver um estudo científico com o propósito de:  
Avaliar a relação entre as medidas posturais do pé e os parâmetros de equilíbrio de uma plataforma de força durante dois testes de equilíbrio, bipodal e unipodal, em adultos jovens e idosos fisicamente independentes.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 Processo de Envelhecimento

Projeções do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)<sup>7</sup> salientam que os idosos somam hoje um contingente de quase 15 milhões de pessoas com 60 anos ou mais de idade (8,6% da população brasileira) e nos próximos 20 anos, a população idosa do Brasil poderá ultrapassar os 30 milhões de pessoas e deverá representar quase 13% da população ao final deste período. Assim sendo, o envelhecimento populacional em todo o mundo tornou-se um acontecimento incontestável, sendo que o Brasil a partir de 2025 passará a ocupar o sexto lugar dentre os países com maior número de idosos<sup>7</sup>.

O crescimento do número de idosos no Brasil é um fenômeno que também se faz presente no Município de Londrina-PR, em que, a população de idosos evoluiu de 3,41%, em 1960, para 7,32%, em 1991 e 12,72% em 2010. Este valor é maior do que a média encontrada na população nacional situada aproximadamente em 11%<sup>7</sup>. No entanto, essa tendência não representa melhor qualidade de vida entre a população dos idosos. Pelo contrário, o perfil demográfico cada vez mais envelhecido implica em um maior acometimento por doenças crônico-degenerativas, o que pode comprometer a saúde e a qualidade de vida dos idosos. Este novo perfil da população brasileira leva às implicações nas políticas públicas sociais do país no intuito de atender as crescentes demandas nos serviços de saúde, na previdência e assistência social<sup>8</sup>.

O envelhecimento é considerado um processo dinâmico e progressivo, no qual ocorrem alterações morfológicas, funcionais e bioquímicas que alteram progressivamente o organismo, tornando-o mais suscetível às agressões intrínsecas e extrínsecas que terminam por levá-lo à morte<sup>9-11</sup>. Atualmente, com o aumento da longevidade, há também maior incidência de doenças crônico-degenerativas, o que compromete a saúde e a qualidade de vida dos indivíduos acima dos 60 anos de idade. Na maior cidade do país (São Paulo), 70% da população idosa possuem pelo menos uma doença crônico-degenerativa e, destes, 25% apresentam três ou mais destas manifestações<sup>12</sup>. Outra disfunção importante do sistema neuro-músculo-esquelético encontrada em indivíduos idosos é a desordem do pé<sup>4,5</sup>. Algumas desordens do pé podem associar-se ao maior risco de quedas entre os idosos<sup>10</sup>.



### 3.2 Maturação das Estruturas do pé

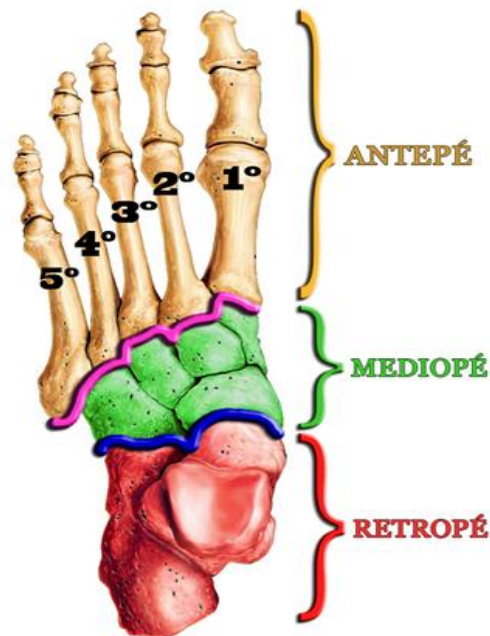
A locomoção humana é realizada por adaptações altamente especializadas que se inicia na infância e se desenvolve até a fase adulta e o pé está diretamente relacionado neste processo<sup>13</sup>. A forma dos ossos e suas estruturas ligamentares e musculares condicionam os arcos plantares do pé, que são três, sendo um arco transversal e dois longitudinais (externo e interno)<sup>14</sup>. O arco plantar se desenvolve nos primeiros anos de vida da criança. À medida que há o ganho de peso com a idade, a força das estruturas ligamentares e musculares aumenta e, por volta dos 5 aos 6 anos de idade, inicia-se o desenvolvimento dos arcos plantares<sup>13</sup>. Aproximadamente 80% da força dos músculos plantares são destinadas à manutenção do arco plantar e 20% são destinadas à movimentação articular<sup>15</sup>.

O esqueleto dos pés se ossifica à medida que o indivíduo se desenvolve, tornando-se completo aos 18 anos de idade aproximadamente<sup>14</sup>. No entanto, existem diversos fatores que podem influenciar a formação do arco plantar, como a idade, o sexo, a existência de tecido gorduroso na face interna do pé, a imaturidade das estruturas ligamentares e musculares, o excesso de peso e o padrão de marcha<sup>15</sup>. Alguns desses fatores podem ser modificáveis e esta mudança pode promover uma postura melhor do pé<sup>16</sup>.

### 3.3 Anatomia e Biomecânica do pé

O corpo humano é composto por 206 ossos, sendo que 52 destes ossos situam-se nos pés<sup>11</sup>. Estes ossos estão alocados em três grandes agrupamentos, sendo eles o tarso, metatarso e as falanges (Figura 1). O tarso é composto por sete ossos, agrupados em duas fileiras, classificados como curtos pela anatomia<sup>13</sup>. No primeiro agrupamento encontra-se os ossos tarso e calcâneo. Na segunda fileira estão os ossos navicular, cuboide, cuneiforme lateral, cuneiforme intermédio e cuneiforme medial. O metatarso é composto por cinco ossos longos denominados de 1º a 5º metatarso, nominados da região medial para a região lateral. Os dedos do pé são constituídos pelas falanges, representam 14 no total, sendo que o Hálux possui 2 falanges, a proximal e a distal. Os demais dedos do pé (2º a 5º dedos)

possuem três falanges cada: proximal, medial e distal. Apesar de seu tamanho as falanges são classificadas como ossos longos, pois possuem canal medular e seu comprimento é maior que a largura e espessura<sup>11</sup>.



**Figura 1.** Ossos do pé conforme a descrição de Smith et al. (1997)<sup>18</sup>

Por meio de 107 ligamentos, os ossos do pé se mantêm unidos. Estas articulações totalizam um número de 33, sendo denominadas: articulação superior do tornozelo, articulação subtalar, articulação transversa do tarso, articulações tarsometatarsianas, articulações metatarsofalangeanas, articulações interfalangeanas. As articulações do pé são sinoviais, garantindo movimento e estabilidade à base do corpo<sup>17</sup>. Já os músculos do pé podem ser classificados em intrínsecos e extrínsecos, de acordo com suas inserções proximais e distais<sup>14</sup>.

Os músculos extrínsecos do pé têm sua inserção proximal abaixo da articulação do joelho e se inserem no pé. Eles podem ser agrupados por regiões: anterior, lateral e posterior. Nos quadros de 1 a 3 estão descritos os músculos extrínsecos em suas respectivas regiões, destacando-se suas inserções, ações e inervações para ilustração deste manual<sup>17,18</sup>.

**Quadro 1: Região anterior da perna**

<b>Músculo</b>	<b>Ação</b>	<b>Inserção proximal</b>	<b>Inserção distal</b>	<b>Inervação</b>
Tibial anterior	Dorsiflexão e inversão do pé	Tíbia e membrana interóssea	Tarso e metatarso	Nervo fibular profundo (L4-L5)
Extensor longo do hálux	Dorsiflexão do pé e extensão do hálux	Fíbula e membrana interóssea	Falange distal do hálux	Nervo fibular profundo (L4-S1)
Extensor longo dos dedos	Dorsiflexão, inversão do pé e extensão dos dedos	Fíbula e membrana interóssea	Falanges dos dedos	Nervo fibular profundo (L4-S1)

**Quadro 2: Região lateral da perna**

<b>Músculo</b>	<b>Ação</b>	<b>Inserção proximal</b>	<b>Inserção distal</b>	<b>Inervação</b>
Fibular longo	Flexão plantar e eversão do pé	Tíbia e fíbula	Tarso e metatarso	Nervo fibular profundo (L4-S1)
Fibular curto	Flexão plantar e eversão do pé	Fíbula	Metatarso	Nervo fibular profundo (L4-S1)

**Quadro 3: Região posterior da perna**

<b>Músculo</b>	<b>Ação</b>	<b>Inserção proximal</b>	<b>Inserção distal</b>	<b>Inervação</b>
Gastrocnêmio	Flexão plantar	Fêmur	Calcâneo	Nervo tibial (S1-S2)
Sóleo	Flexão plantar	Tíbia e fíbula	Calcâneo	Nervo tibial (S1-S2)
Plantar	Flexão plantar	Fêmur	Calcâneo	Nervo tibial (S1-S2)
Flexor longo do hálux	Flexão do hálux	Fíbula	Tarso	Nervo tibial (L5-S1)
Flexor longo dos dedos	Flexão dos dedos	Tíbia	Falange média dos dedos	Nervo tibial (L5-S1)
Tibial posterior	Inversão do pé	Tíbia, fíbula e membrana interóssea	Tarso	Nervo tibial (S1-S2)

Os músculos intrínsecos do pé têm sua inserção proximal abaixo da articulação do tornozelo e se inserem no pé. Eles podem ser agrupados por regiões: plantar medial, plantar lateral e plantar intermédia. Nos quadros 4, 5 e 6 estão descritos suas inserções, ações e inervações<sup>17,18</sup>.

**Quadro 4: Região plantar medial**

<b>Músculo</b>	<b>Ação</b>	<b>Inserção proximal</b>	<b>Inserção distal</b>	<b>Inervação</b>
Abdutor do hálux	Flexão e abdução do hálux	Calcâneo	Falange proximal do hálux	Nervo plantar medial (L5 –S1)
Flexor curto do hálux	Flexão do hálux	Cuboide e cuneiforme lateral	Falange proximal do hálux	Nervo plantar medial e lateral (L5-S1)
Aductor do hálux	Adução do hálux	2º a 4º metatarsos	Falange proximal do hálux	Nervo plantar lateral (S2-S3)
Extensor curto dos dedos	Extensão do 2º ao 4º dedos	Calcâneo	Tendão do 2º, 3º e 4º extensor longo dos dedos	Nervo fibular profundo (L5-S1)
Extensor curto do hálux	Extensão do hálux	Calcâneo	Falange distal do hálux	Nervo fibular profundo (L5-S1)

**Quadro 5: Região plantar lateral**

<b>Músculo</b>	<b>Ação</b>	<b>Inserção proximal</b>	<b>Inserção distal</b>	<b>Inervação</b>
Abdutor do mínimo	Abdução do 5º dedo	Calcâneo	Falange proximal do 5º dedo	Nervo plantar lateral (S2-S3)
Flexor curto do mínimo	Flexão do 5º dedo	Cuboide	Falange proximal do 5º dedo	Nervo plantar lateral (S2-S3)
Oponente do mínimo	Adução do 5º metatarso	Cuboide	5º metatarso	Nervo plantar lateral (S2-S3)

**Quadro 6: Região plantar intermédia**

Músculo	Ação	Inserção proximal	Inserção distal	Inervação
Flexor curto dos dedos	Flexão do 2º ao 5º dedos	Calcâneo e aponeurose plantar	Falange intermédia do 2º ao 5º dedos	Nervo plantar medial (L5-S1)
Quadrado plantar	Flexão do 2º ao 5º dedos	Calcâneo	Tendões do flexor longo dos dedos	Nervo plantar lateral (S2-S3)
Lumbricais	Flexão dos dedos e propriocepção	Tendão do extensor longo dos dedos	Tendão do extensor longo dos dedos e falange proximal do 2º ao 5º dedos	Nervo plantar medial (2º e 3º dedos) e Plantar lateral (4º e 5º dedos) (L5 – S3)
Interósseos plantares	Adução de dedos e flexão dos dedos	Borda medial do 3º ao 5º metatarsos	Borda medial das falanges proximais do 3º ao 5º dedos	Nervo plantar lateral (S2-S3)
Interósseos dorsais	Abdução dos dedos e flexão dos dedos	Entre os ossos metatársicos	Base das falanges proximais do 2º ao 4º dedos e tendões dos extensores longos dos dedos	Nervo plantar lateral (S2-S3)

### 3.4 Função muscular do pé e sua relação com as desordens

Todos os músculos extrínsecos e grande parte dos intrínsecos na superfície plantar do pé cruzam por baixo dos arcos. Durante a contração dos músculos em cadeia cinética fechada (apoio do membro no solo), as forças que são produzidas pressionam os arcos. O músculo tibial posterior e o fibular longo com as suas extensas fixações plantares exercem grande efeitos sobre o arco transversal mas também pressionam os arcos longitudinais<sup>18</sup>.

O músculo flexor longo e abductor do hálux abrange o arco medial, e o abductor do dedo mínimo corre no comprimento do arco lateral. O músculo flexor curto dos dedos, quadrado da planta, e flexor longo dos dedos correm no comprimento medial-plantar e pressionam os arcos longitudinais. Já o músculo adutor do hálux afeta o arco transversal. Sendo assim, os músculos dos dedos dos pés, que em comparação com os dedos das mãos, têm função e uso limitados durante os movimentos em cadeia cinética aberta. Por outro lado, esses músculos agem de forma importante nos movimentos de cadeia cinética fechada tais como a marcha e a corrida<sup>18</sup>.

A disfunção (fraqueza, atrofia, fadiga, contraturas ou graus elevados de tensão e encurtamento) desses músculos podem ocasionar as alterações posturais do pé em relação as desordens associadas aos arcos plantares como destacado no texto acima. Cada grupo muscular age no direcionamento do arco plantar beneficiando a estabilidade das cargas plantares para manutenção do equilíbrio dos segmentos<sup>14</sup>. Uma alteração de um grupo muscular, altera a biomecânica do pé em seu arco de origem-inserção, e com isso altera a postura do corpo. Consequentemente, este fenômeno leva às compensações musculares e os riscos de lesões articulares e por fim à dor crônica<sup>4</sup>.

Quando em postura ereta, a musculatura posterior age de forma antrigravitária por sua característica tônica, mas com pequena atividade muscular durante a distribuição das cargas de maneira uniforme (simétrica). Esses músculos são responsáveis por manter a postura do centro de massa do corpo, em relação à linha da gravidade, alinhada em sua base de sustentação para manutenção do equilíbrio<sup>18,19</sup>. Quando há uma alteração biomecânica dos arcos plantares ou desordens como o valgismo do hálux<sup>1</sup>, este alinhamento não é preservado, caracterizando-se por cargas assimétricas no corpo humano, e por consequência, gerando sobrecargas articulares e instabilidades plantares caracterizadas por uma ampla instabilidade postural<sup>14</sup>. Se pensarmos na população idosa, este fenômeno pode levar ao aumento dos riscos de quedas<sup>3,20,21</sup>. No adulto jovem, este fenômeno pode levar a sobrecargas importantes articulares devido a instabilidade postural e por consequência proporcionar várias lesões osteo-neuromusculares como as lombociatagias ou dores lombares crônicas<sup>19</sup>.

### **3.5 Principais desordens posturais do pé**

As alterações estruturais observadas na planta do pé repercutem em todo o esqueleto humano. Estas alterações tem como principal objetivo compensar o deslocamento do centro de massa do corpo como destacado acima.

A pisada neutra possui um nível equilibrado de pronação e supinação e cria uma absorção de choque eficiente na fase de apoio da pisada. O arco médio desse tipo de pé é maior do que o pé plano. Observa-se uma faixa que se estende do calcanhar à ponta do pé, além de curvatura na região interna do mesmo, há uma distribuição mais igualitária do impacto, na fase inicial da pisada, tornando-o mais

eficiente em movimento e reduzindo o risco de lesão nas estruturas dos membros inferiores. Os calçados de quem tem o pé neutro apresentam pequenos desgastes na lateral externa do calcanhar e na lateral interna da parte anterior<sup>18,22,23</sup>.

O pé plano caracteriza-se pela planta do pé permanecer quase que completamente em contato com o chão. Desta forma, mais tensão é posta na estrutura do pé, o que pode desalinhar o tornozelo, os joelhos e os quadris. A pisada é de característica pronada, o que leva o desgaste do calçado em sua parte medial<sup>18,22,23</sup>.

Já o pé cavo descreve uma situação em que o pé desloca-se lateralmente. Neste caso, as forças durante o ciclo da pisada não são distribuídas igualmente pelo pé, que possui o arco alto e não tem sua mobilidade afetada. Observa-se menos área de contato da planta do pé com o chão. O desgaste do calçado é visualizado na região lateral<sup>18,22,23</sup>.

Por fim, o hálux valgo que consiste no desvio lateral da falange proximal do hálux sobre a cabeça do primeiro metatarso. Esta desordem é caracterizada por um ângulo maior que 9° entre o primeiro e o segundo metatarsos, um ângulo valgo maior que 15° da primeira articulação metatarsofalangeana e uma subluxação lateral dos sesamóides<sup>3,12,24</sup>. É comum o deslocamento lateral dos tendões flexores e extensores que torna o hálux insuficiente. Os dedos laterais, principalmente o segundo, são submetidos à ação do hálux deslocado lateralmente e podem sofrer luxações dorsais, ventrais ou desvios laterais<sup>3,12,24</sup>. Uma causa frequente é o varismo congênito do primeiro metatarso, que torna o antepé largo. Também os calçados de biqueira estreita e salto alto colaboram para a instalação dessas deformidades.

A prevalência do hálux valgo entre os idosos é crescente. Num estudo epidemiológico avaliando 784 idosos, 38% da amostra avaliada apresentou a desordem de hálux valgo, sendo o sexo feminino com maior prevalência quando comparado ao masculino<sup>12</sup>. O valgismo do hálux gera significativas dificuldades de adaptação aos calçados, gerando problemas de instabilidade postural e aumento do risco de quedas entre os idosos<sup>3,20,21</sup>.

Em geral, toda alteração estrutural do pé, tanto na faixa etária adulta jovem quanto idosa, pode implicar modificações na dinâmica e nas sobrecargas plantares<sup>14</sup>. Algumas evidências científicas sugerem que a diminuição da força dos músculos flexores do pé contribui para o surgimento das desordens posturais do pé tais como hálux valgo<sup>25,26</sup>. Conseqüentemente, essa fraqueza muscular intrínseca pode

levar às anormalidades estruturais dos pés, assim como, as limitações funcionais e as perdas de equilíbrio postural<sup>27,28</sup>.

Por outro lado, é comum encontrar no idoso que possui *diabetes mellitus* descompensada desordens no pé. Este tipo de desordem, produz desarranjo da musculatura intrínseca do pé, atrofia e perda consequente da mobilidade articular, especialmente da subplatar e metatarsofalangiana<sup>29</sup>. O cuidado nesta desordem deve iniciar de maneira precoce, pois o pé diabético aumenta a ocorrência de complicações (infecções) podendo culminar em amputações<sup>30</sup>.

**Tabela.1 Principais desordens no pé do idoso**

	<b>Tipos</b>	<b>Causa</b>	<b>Tratamento</b>
<b>Ortopédicas</b>	Metatarsalgia	Alterações biomecânicas relacionadas com calçados	Mudança de hábitos e correções no uso dos calçados
	Fasceite plantar	Pé pronado com arco longitudinal achatado	Alongamento do arco plantar
	Hálux valgo	Antepé alargado com arco transversal achatado	Uso de órtese entre os dedos (hálux e segundo dedo)
	Hálux rígido	Trauma e, ou artrite generalizada	Alongamento e ganho de amplitude de movimento local
	Síndrome do esporão do calcâneo	Conjunto de alterações inflamatórias no calcâneo	Anti-inflamatórios, palmilhas e terapia manual
	Hiperqueratose	Zonas de calos e calosidades em proeminência com muito atrito	Desbastamento do local e orientação no uso de calçado
	<b>Cutâneas e de anexos</b>	Alterações ungueais (onicomicoses)	Baixa imunidade, uso de calçados fechados e umidade
Unha encravada		Bordas curvas para polpa do dedo	Limpeza regular das unhas e retirada da espicula que lesa a pele
<b>Neurológicas</b>	Neuroma de Morton	Compressão mecânica dos nervos plantares	Uso de palmilhas e cirúrgico
	Neuropatia diabética	Diabetes descompensada	Uso de calçados confortáveis
<b>Vasculares</b>	Úlceras vasculares	Alterações venosas pelas modificações da pele	Calçados e meias confortáveis
	Vasculopatias diabéticas	Diabetes descompensada	Diabetes descompensada

Adaptado: Ferrari et al.<sup>39</sup>



### 3.6 Métodos de avaliação postural do pé

Verifica-se até o momento que não existe uma padronização clínico-prático de avaliação postural do pé com uso das principais ferramentas de medidas. Nos itens abaixo os principais instrumentos de avaliação de baixo custo e fácil aplicação são apresentados:

1. Goniômetro tradicional e para os dedos. O goniômetro tradicional pode ser usado para avaliar a flexão e a extensão do hálux no intuito de detectar se existe alguma alteração postural do pé em relação à limitação da amplitude articular do movimento<sup>31,32</sup>. Este método permite verificar a rigidez articular nos movimentos de flexão e extensão do hálux.  
O goniômetro para os dedos pode ser usado para avaliar o ângulo da articulação metatarsofalangeana I e V (Ang-I e Ang-V)<sup>32</sup>. O desvio angular lateral denota-se a presença do hálux valgo de grau normal, leve, moderado e grave<sup>3,4</sup>.
2. Paquímetro é usado para avaliar o comprimento do pé, a largura da cabeça dos metatarsos, e a altura do dorso do pé<sup>32,33</sup>. Este método evidencia alterações nas distâncias dos segmentos como os desvios posturais do arco plantar.  
Outra medida complementar ao uso do paquímetro é a medida do perímetro da cabeça dos metatarsos com o uso de uma fita métrica<sup>32</sup>.
3. Plantígrafo para avaliar o comprimento do pé, o comprimento total do pé, a largura do antepé, o ISTMO que representa a medida do meio do pé (e.g. sendo o resultado equivalente ao quociente da largura do pé dividido por 3), número do calçado, e o hálux valgo (resultado representado como a medida de 2% do comprimento total do pé=(CTP). Geralmente, as medidas realizadas no plantígrafo por meio das impressões plantares são digitalizadas e transformadas em imagens (trabalhadas dentro de um software específico). A área plantar do pé, com base na área digital, é dividida em três partes iguais no eixo longitudinal do pé. O índice do arco plantar é então considerado a razão entre a área do terço médio e a área total do pé. Os valores maiores do índice do arco do pé indicam pés mais planos, enquanto que os valores menores caracterizam os pés cavos<sup>23,32,33</sup>.

Outros instrumentos, porém de alta tecnologia, como a baropodometria e a plataforma de força são poucos acessíveis no meio clínico. A baropodometria é um instrumento exclusivo para quantificar a área de pressão plantar e as alterações do arco conforme a pressão da região plantar. Já a plataforma de força é um instrumento de alto custo (bem superior a baropodometria), mas considerada uma ferramenta capaz de quantificar diretamente os déficits de equilíbrio postural associados às alterações neuromusculares e biomecânicas<sup>34-36</sup>. De fato, a plataforma de força registra os parâmetros estabilográficos de estabilidade postural oriundos das medidas do Centro de Pressão<sup>33</sup>, nos quais o pé é o grande autor na tarefa. Em geral, os parâmetros mais fidedignos e sensíveis para detectar as diferenças no equilíbrio postural são a área *ellipse* de deslocamento do COP e a velocidade de oscilação do COP em ambas as direções do movimento: ântero-posterior e médio-lateral<sup>35,36</sup>. O benefício da utilização deste método é revelar de forma direta a força de reação do solo por meio do apoio dos pés e os ajustamentos posturais em velocidade e frequência de deslocamento do COP para manutenção do equilíbrio postural.

Nos trabalhos de Menz e Morris<sup>37</sup>, foram demonstrados uma associação importante entre as alterações posturais do pé (ex: hálux valgo) e as medidas de estabilidade postural. Todavia, os trabalhos desses autores avaliaram somente tarefas simples e funcionais de postura ereta e o equilíbrio era quantificado de forma subjetiva. É possível que exista relação entre as características posturais do pé e os parâmetros estabilográficos de equilíbrio de uma plataforma de força em ambos idosos e adultos jovens. É possível que algumas medidas do pé sejam mais associadas do que outras a certos parâmetros neuromusculares de equilíbrio como a área do centro de pressão e a velocidade média de oscilação postural na direção ântero-posterior e médio-lateral. É importante ressaltar que o pé contribui para manter a estabilidade postural por meio de dois mecanismos: 1) provendo um suporte mecânico ao corpo via arquitetura osteoligamentar do arco plantar e coordenada função dos músculos dos membros inferiores; e 2) provendo informação sensorial relativa à posição do corpo no espaço via mecanorreceptores localizados na região tátil plantar. Segundo Menz e Lord.<sup>3</sup>, os déficits na postura, flexibilidade e força do pé, assim como uma diminuição da acuidade proprioceptiva do pé, podem predispor o indivíduo a perdas de equilíbrio postural. Por outro lado, novas pesquisas são

necessárias para responder algumas dessas hipóteses. Um dos objetivos deste trabalho de mestrado é também investigar se existe relação entre as medidas posturais do pé e os parâmetros de uma plataforma de força, considerada hoje o método padrão ouro para quantificar os reais déficits de controle postural entre os idosos.

## 4. Metodologia

A metodologia deste trabalho é dividida em duas etapas. A primeira com base na construção do Guia prático para Avaliação postural do pé para fisioterapeutas; enquanto que a segunda etapa caracteriza a descrição metodológica do artigo.

### 4.1 Descrição metodológica do Guia de Avaliação Postural do Pé

No que se refere à avaliação postural do pé, esta deve ser realizada por um fisioterapeuta devidamente inscrito em seu conselho regional da profissão. O profissional deve ter conhecimento de anatomia e biomecânica do pé. Recomenda-se inicialmente fazer a anamnese com o estado clínico do indivíduo. Deve-se questionar sobre a existência de doenças diagnosticadas (diabetes, hipertensão, osteoporose, entre outras.), anomalias prévias ou congênitas dos pés, dor à palpação ou durante o movimento, limitação funcional para algum movimento, uso de medicamentos, talas ou próteses e cirurgias no aparelho locomotor. Este relato clínico pode posteriormente auxiliar no diagnóstico fisioterapêutico com base na avaliação do pé. A elaboração de uma ficha é de extrema importância para detalhamento sobre qualquer doença, sintomas e restrições físicas além do aprofundamento na anamnese e no exame físico do paciente.

Geralmente o local não necessita ser de grande porte, mas deve ter temperatura local controlada, boa iluminação e com recursos adequados e higienizados. Para alguns instrumentos serão necessários folhas (papel A4), canetas, lápis, fita métrica, álcool e almofada carimbo com rolo. Para o plantígrafo especialmente, recomenda-se um scanner portátil ou tradicional (ex: marca HP TSN410AFVC, 300 a 900 dpi) para digitalizar a imagem do pé no sulfite e um programa de análise (ex: IMAGE J: <http://rsbweb.nih.gov/ij/features.html>)<sup>38</sup> para leitura e cálculo das medidas do pé.

Para aplicação de todos os instrumentos como descritos no Guia prático deste material, o indivíduo deve ser avaliado descalço, em posição ortostática, descarregando o peso igualmente sobre os dois membros inferiores. Recomenda-se sempre avaliar os dois membros (ambos os pés) para comparação. A metodologia prática deste Guia foi idealizada no intuito de conter instrumentos de baixo custo e fácil

aplicação para o fisioterapeuta. Portanto, para maiores detalhamentos de como realizar a avaliação postural do pé se direcionar a sessão final deste documento, na qual apresenta o Guia completo com seus instrumentos, métodos de aplicação e resultados clínicos.

## **4.2 Descrição metodológica do Artigo científico com base na relação entre as medidas posturais do pé**

### **4.2.1 Amostra**

Foram avaliados 110 indivíduos, sendo 68 idosos e 42 adultos jovens, com idade entre 18 e 84 anos, do sexo feminino. A amostra foi composta por voluntárias sendo recrutadas por conveniência da comunidade local e universitária (grupo de jovens). Ambos os grupos eram saudáveis e fisicamente independentes.

Foram incluídos na avaliação dois grupos: (1) grupo de idosos fisicamente independentes, com idade igual ou superior a 60 anos e bom estado cognitivo; e (2) grupo de adultos jovens, com idade entre 18 a 30 anos, mas não praticante de nenhum programa de atividade física regular (> 2 x semana). Ambos os grupos não deveriam apresentar: qualquer tipo de doença mental e/ou neurológica, respiratória crônica, cardiovascular severa, ou ortopédica severa que interfira nos testes propostos; e algum tipo de cirurgia no aparelho locomotor. Todos os participantes foram informados da avaliação e dos instrumentos de medidas, estando cientes e de acordo, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Ambos o Termo de Consentimento Livre e o protocolo de avaliação incluídos no estudo fazem parte de um projeto de pesquisa mais amplo desenvolvido na UNOPAR e aprovado pelo Comitê de Ética conforme as normas da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP, (Parecer CEP: 276.702).

### **4.2.2 Procedimentos**

As coletas de dados foram realizadas numa sessão de avaliação, com duração de uma hora de cada participante no Ambulatório da Clínica de Fisioterapia da UNOPAR e no Laboratório de Avaliação Funcional e Performance motora humana (LAFUP). Todo o procedimento foi realizado por um fisioterapeuta especialista na área de ortopedia e podologia, treinado e habilitado para tal avaliação (15 anos de

experiência) com a assistência de dois alunos do curso de fisioterapia da Instituição. Os procedimentos foram realizados em ambiente tranquilo, com temperatura local controlada em 24°C e os recursos adequados e higienizados. Todos os participantes foram familiarizados com o equipamento e o protocolo experimental. Em seguida, medidas como peso corporal, altura e índice de massa corpórea foram recolhidas.

#### 4.2.3 Protocolo Experimental

Para avaliação das características posturais do pé, o presente estudo utilizou algumas medidas descritas por Menz e Morris<sup>37</sup> e Castro e Rebellato<sup>32</sup>. A avaliação foi realizada com o indivíduo posicionado descalço e em ortostase, descarregando o peso igualmente sobre os dois membros inferiores. Os instrumentos e o protocolo empregados foram:

- 1) Goniômetro – para medir a amplitude do movimento de flexão-extensão do hálux. Foi solicitado ao participante permanecer em posição ortostática sobre um apoio que permita o livre movimento de flexão e extensão do membro avaliado. O braço fixo do goniômetro foi posicionado sobre a superfície dorsal do metatarsal (linha metatarsiana), enquanto o braço Móvel na superfície dorsal da falange proximal. O participante realiza um movimento ativo apenas até a posição final em flexão e extensão e a leitura do ângulo de 0° a 90° era registrada<sup>31</sup>.
- 2) Paquímetro – para medir a altura do dorso do pé<sup>32</sup>. O participante permaneceu em posição ortostática, com o membro avaliado sobre um apoio, enquanto o instrumento foi posicionado entre os ossos navicular e o plano de apoio do pé. O guia fixo do aparelho era posicionado na região plantar de apoio do pé na direção vertical do osso navicular, enquanto que o guia móvel representou o alinhamento até a face mais alta dorsal na altura do osso navicular. A apenas uma medida era efetuada, na qual variava de 0 a 10 cm.
- 3) Plantígrafo – para medir o comprimento total do pé, a largura do pé, o ISTMO, o índice do arco plantar e o hálux valgo<sup>32</sup>. O plantígrafo é um instrumento, de acrílico e látex, utilizado para verificar a descarga de peso no solo. Foram utilizados os seguintes itens para tal medida: Tinta de carimbo na face do plantígrafo, Folha de papel sulfite, Almofada carimbo, Rolo de pintura, Scanner (HP Photosmart Eprint) e Programa de análise (IMAGE J: <http://rsbweb.nih.gov/ij/features.html>)<sup>38</sup> para leitura e cálculo dos parâmetros do pé citados acima. Em posição ortostática, o pé contralateral ao avaliado

foi posicionado ao lado do plantígrafo, enquanto que o outro pé sobre o aparelho. O participante devia descarregar seu peso corporal igualmente sobre as duas pernas. Foi orientado a retirar primeiro o pé de apoio no plantígrafo, para que, em nenhum momento, o peso corporal esteja apenas sobre o pé avaliado. O tempo médio de permanência sobre o aparelho foi de 6 segundos para obter a impressão. Em seguida, cada dado foi digitalizado em um scanner para se obter uma imagem, para tratamento no software IMAGE J.

Ambos os pés foram avaliados em cada instrumento, embora para a plataforma de força no apoio unipodal somente o membro inferior de preferência era avaliado.

Em seguida a avaliação postural do pé, cada participante realizou dois testes de equilíbrio sobre uma plataforma de força: (1) duas tentativas de apoio bipodal durante 60 segundos (com 30-s de repouso entre elas); e (2) três tentativas de apoio unipodal durante 30 segundos com o membro inferior de preferência (com 30-s de repouso entre as tentativas)<sup>34,35</sup>. O protocolo de equilíbrio foi realizado com os pés descalços, olhos abertos, braços ao longo do corpo e olhos direcionados para um alvo referente à um ponto fixo de 2,0 metros de distância em relação a plataforma<sup>35</sup>. O ambiente era tranquilo e com temperatura adequada, além de uma boa claridade para visualização do alvo.

Todos os sinais de força da plataforma, registrados em 100 Hz de frequência amostral, foram filtrados com filtro de banda-passante baixo de 35-Hz e de segunda ordem (*Butterworth filter*) para eliminar os ruídos elétricos. Para aquisição e tratamento dos parâmetros de equilíbrio calculados no estudo foi utilizado o próprio software Bioanalysis da plataforma BIOMECH400, o qual é compilado com rotinas de computação de análises MATLAB (*The Mathworks, Natick, MA*). Os principais parâmetros de equilíbrio baseados no COP computados para ambos os testes de equilíbrio foram: a Área de confiança elipse (95%) do COP (A-COP em cm<sup>2</sup>) e a velocidade média (VEL em cm/s) de oscilação do COP nas direções do movimento: Ântero-Posterior (A/P) e Médio-Lateral (M/L). Conforme estudos prévios de nossa equipe de pesquisa estes parâmetros são considerados mais sensíveis e fidedignos para quantificar os déficits de equilíbrio postural<sup>34,35</sup>.

### 4.3 Análise Estatística

Os dados foram tratados de forma descritiva com a média e desvio-padrão. A distribuição normal dos dados nas diversas variáveis analisadas foram testadas por meio do teste de Shapiro Wilk. Primeiramente, um teste-*T* de amostras independentes foi realizado para comparar os dois grupos, jovens e idosos, nas medidas posturais do pé com todos os equipamentos de baixo custo e nos parâmetros da plataforma em ambas as condições experimentais (bipodal e unipodal). Também, correlações *r* de Pearson foram utilizadas para determinar a relação entre as medidas posturais do pé (Goniômetro, Paquímetro e Plantígrafo) e os parâmetros do COP para ambos os testes de equilíbrio (bipodal e unipodal) e ambos os grupos (idosos e jovens). Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa estatístico SPSS (versão 15.0 para Windows) com a significância adotada de 5% ( $p < 0,05$ ).



## Referências

1. Petroianu A, Pimenta LA. Pé do idoso. In: Clínica e cirurgia geriátrica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1999. p.503-11.
2. Carvalho Filho ET, Papaléo Neto M. Anatomia e Fisiologia do Envelhecimento. In: Geriatria: fundamentos, clínica e terapêutica. São Paulo: Atheneu; 1998. p.32-4.
3. Menz HB, Lord SR. The contribution of foot problems to mobility impairment and falls in community-dwelling older people. *J Am Geriatr Soc.* 2001;49(12):1651-6.
4. Menz HB, Lord SR. Gait instability in older people with hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2005; 26:483–489.
5. Scott G, Menz HB, Newcombe L. Age-related differences in foot structure and function. *Gait Posture.* 2007; 26:68–75.
6. Kuchemann BA. Envelhecimento populacional, cuidado e cidadania: velhos dilemas e novos desafios. *Rev. sociedade e estado.* 2012; 27(1):165-80.
7. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa nacional por amostra de domicílios - Síntese de indicadores. Disponível em <http://www.ibge.gov.br> (acessado em 05/agosto/2013).
8. Ansiliero G. CENSO 2010: Primeiros Resultados e Implicações para a previdência social. *Informe previdência social* 2011; 23(5):2-35.
9. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Projeção da população do Brasil por sexo e idade 1980-2050. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão 2008.
10. Costello E, Edelstein JE. Update on falls prevention for community-dwelling older adults: Review of single and multifactorial intervention programs. *JRRD.* 2008; 45(8):1135-52.
11. Fabrício SCC, Rodrigues RAP, Costa Junior ML. Causas e consequências de quedas de idosos atendidos em hospital público. *Rev. Saúde Pública* 2004; 38(1): 93-9.
12. Gawryszewski VP. A importância das quedas no mesmo nível entre idosos no estado de São Paulo. *Rev Assoc Med Bras* 2010; 56(2):162-7.

13. Minghelli B, Marreiros N, Valente F, Ribeiro T, et al. Desenvolvimento do arco plantar na infância e adolescência: análise plantar em escolas públicas. *Saúde & tecnologia*. 2011; 5:5–11.
14. Koebke, J. The functional anatomy of the lower extremity, especially the foot. *Sportschaden*. 1993; 7(4):163-6.
15. Riddiford-Harland DL, Steele JR, Storlien LH. Does obesity influence foot structure in prepubescent children? *Int J Obes*. 2000; 24(5):541-4.
16. Tsung BY, Zhang M, Fan YB, Boone DA. Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions. *J. Rehabil Res Dev*. 2003; 40(6):517-26.
17. Paula JAM, Tavares MCGCF, Diogo MJD. Avaliação funcional em gerontologia. *Gerontologia*. 1998; 6(2):81-88.
18. Smith LK, Weiss EL, Don Lehmkuhl L. *Cinesiologia clínica de Brunnstrom*. 5ed. Manole, São Paulo, 1997.
19. Caillet R. *Lombalgias: Síndromes dolorosas*. 3ed. Manole, São Paulo, 1998.
20. Rizzo J, Friedkin R, Williams CS, Nabors J, Acampora D, Tinetti ME. Health care utilization and costs in a Medicare population by fall status. *Med Care* 1998; 36:1174-88.
21. Lord SR, Sherrington C, Menz HB. Falls in older people: risk factors and strategies for prevention. In (pp. 249). New York : Cambridge University press; 2001.
22. O'Sullivan SB, Schmitz TJ. *Fisioterapia: avaliação e tratamento*. 5 ed. Barueri: Manole, 2010.
23. Bega A. *Podologia Básica*. 2ed Vida & Consciência, São Paulo, 2000.
24. Ignácio H, Chueire AG, Carvalho-Filho G, Nascimento LV, Vasconcelos UMR, Barão GTF. Retrospective study of first metatarsal base osteotomy as a treatment of hallux valgus. *Acta Ortop Bras*. 2006; 14(1):48-52.
25. Caselli MA, George DH. Foot deformities: biomechanical and pathomechanical changes associated with aging, part I. *Clin. Podiatr. Med. Surg*. 2003; 20:487–509.
26. Van Schie C, Vermigli C, Carrington A, Boulton A. Muscle weakness and foot deformities in diabetes: relationship to neuropathy and foot ulceration in Caucasian diabetic men. *Diabetes Care*. 2004; 27:1668–1673.

27. De Win M, Theuvenet W, Roche P, De Bie R, Van Mameren H. The paper grip test for screening on intrinsic muscle paralysis in the foot of leprosy patients. *Int. J. Leprosy Other Mycobact. Dis.* 2002; 70:16–24.
28. Senda M, Takahara Y, Yagata Y, Yamamoto K, Nagashima H, Tukiyaama H, Inoue H. Measurement of the muscle power of the toes in female marathon runners using a toe dynamometer. *Acta Med. Okayama.* 1999; 53:189–191.
29. Sacco IC, Nogueira GC, Bacarin TA, Casarotto R, Tozzi FL. Alteração do arco longitudinal medial da neuropatia periférica diabética. *Acta Ortop Bras.* 2009; 17(1):6-13.
30. Brasileiro JL, Oliveira WTP, Monteiro LB, Chen J, Pinho EL, Molkenhuth S. et al. Pé diabético: aspectos clínicos. *J Vasc Br.* 2005; 4(1):11-21.
31. Marques AP. Manual de goniometria. 2 ed. Barueri: Manole, 2008.
32. Castro AP, Rebellato JR, Aurichio TR. A relação do ângulo da articulação metatarsofalangeana e de medidas antropométricas com a postura dos pés de idoso. *Rev Bras Fisioter.* 2009; 13(1): 59-64.
33. Manfio EF, Ávila AIV. Um Estudo dos parâmetros antropométricos do pé feminino brasileiro. *Rev. Bras. Biomecânica.* 2003; 4(1):39-48.
34. Gil AWO, Oliveira MR, Coelho VA, Carvalho CE, Teixeira DC, da Silva RA. Relationship between force platform and two functional tests for measuring balance in the elderly. *Brazilian Physical Therapy Journal.* 2011; 15(6):429-35.
35. Da Silva RA, Martin B, Parreira RB, Teixeira DC, Amorim CF. Age-related differences in time-limit performance and force platform-based balance measures during one-leg stance. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 2013; 23: 634-639.
36. Lafond D, Corriveau H, Hebert R, Prince F. Intrasession reliability of center of pressure measures of postural steadiness in healthy elderly people. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; (85):896-901.
37. Menz HB, Morris ME. Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait & Posture.* 2006, 24: 229–236.
38. Ferreira T, Rasband W. ImageJ User Guide - IJ 1.46r. Revised Edition. 2012. <http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf>
39. Ferrari SC, Santos FC, Araújo MSL, Cendorogio MS, Trevisani VFM. Patologias no pé do idoso. *RBCEH.* 2009; 6(1):106-118.

## ARTIGO CIENTÍFICO

### **Relationship between foot posture measures and force platform parameters during two balance tasks in older and young subjects**

*(Article for submission in the Brazilian Physical Therapy Journal)*

#### **Authors**

Carlos E. Carvalho<sup>1,3</sup>, Rubens A. da Silva<sup>1,2,3\*</sup>, André W. Gil<sup>1,2</sup>, Márcio R. Oliveira<sup>1,2</sup>, Juliana A. Nascimento<sup>1</sup>, Deise A. A. P. Oliveira<sup>1,2,3</sup>

#### **Affiliation**

1. Laboratory of functional evaluation and human motor performance (LAFUP), Universidade Norte do Paraná (UNOPAR), 675 Paris Ave., Londrina-PR, Brazil, CEP 86041-120.
2. Master and Doctoral Program in Rehabilitation Sciences UEL/UNOPAR, 675 Paris Ave., Londrina-PR, Brazil, CEP 86041-120.
3. Master Professional Program in Physical Exercise for Health promotion, UNOPAR, 675 Paris Ave., Londrina-PR, Brazil, CEP 86041-120.

#### **Institute in which the study was conducted**

Laboratory of functional evaluation and human motor performance (LAFUP)  
Universidade Norte do Paraná (UNOPAR)  
675 Paris Av, Londrina-PR, Brazil, CEP 86041-120.

#### **\*Corresponding author**

Rubens A. da Silva, Ph.D.

Coordinator of Laboratory of functional evaluation and human motor performance (LAFUP)  
Universidade Norte do Paraná (UNOPAR)  
675 Paris Av, Londrina-PR, Brazil, CEP 86041-120.

Email: rubens@kroton.com.br

rubensalex@hotmail.com

## Abstract

**Background:** Different clinical and laboratory methods have been developed to assess the different dimensions of foot in order to increase the clinical relevance of decisions regarding posture and deformity of foot, balance deficit and fall prevention. **Objectives:** To compare age differences on a broader range of anthropometric posture measures of foot and balance parameters of a force platform during two balance tasks (bipodal and unipodal); and determine the relationship between them in both young and older subjects. **Methods:** Sixty-eight older (mean age 68 yrs) and 42 young adults (in mean age 21 yrs), all women, recruited by convenience, participated of this study. Foot (right and left side) posture was tested across four domains: 1) hallux flexion and extension range of motion (ROM) using goniometer, 2) height navicular and 3) length of the foot both using pachymeter, and 4) foot print for calculate with IMAGEJ: width of fore foot, arch index and hallux valgus. Three trials were performed for each domain and the mean was retained. Balance performance was tested in two conditions: bipodal condition (two legs placed on force platform) during 60-s trials; and unipodal condition (leg preferred on force platform) during 30-s trials, with a rest period of approximately 30 s between each trial. The mean of three trials for each balance condition was retained to assess: sway ellipse area of centre of pressure (COP) and sway COP velocity in both the directions of movement: Anteroposterior and Mediolateral. **Results:** Older shown significant ( $P<0.01$ ) poor balance performance than young adults only in unipodal condition and for all COP parameters (ex: COP area 9.97 for older vs 7.72 cm<sup>2</sup> for young). Older and young presented differences on all foot posture measures ( $P<0.05$ ), being older with low hallux mobility and high values of the width of fore foot and transverse arch index than young adults, characterizing thus their plan feet. The correlations between all foot posture measures and balance COP parameters for the two balance conditions varied, across groups, of weak to moderate ( $r$  -0.01 to -.046). No systemic advantage of a foot posture measure (goniometry, pachymeter, foot print) was found in the relationship with balance COP parameters across groups, although a low mobility of hallux was significantly related to higher COP values in older. **Conclusions:** These results have any clinical and research implications on balance rehabilitation programs for older people and on prevention programs linked to musculoskeletal foot postural disorders and balance performance in both the groups (young and older).

**Keywords:** posture; aging; foot, movement; biomechanics; rehabilitation.

## Resumo

**Contextualização:** Diferentes métodos clínicos e laboratoriais têm sido desenvolvidos para avaliar as dimensões do pé no intuito de melhorar a relevância clínica nas tomadas de decisões quanto à postura, às deformidades do pé e o equilíbrio e prevenção de quedas. **Objetivos:** Comparar as diferenças na idade quanto às medidas antropométricas posturais do pé e os parâmetros de equilíbrio provenientes de uma plataforma de força em duas tarefas experimentais (bipodal e unipodal); e determinar a relação entre as medidas em ambos os indivíduos jovens e idosos. **Métodos:** Sessenta e oito idosos (idade em média 68 anos) e 42 jovens (idade média 21 anos), ambos do sexo feminino, recrutados por conveniência, participaram do estudo. A postura do pé (direito e esquerdo) foi testada em quatro domínios: 1) amplitude articular do hallux em flexão e extensão com o uso de goniômetro, 2) altura do dorso do pé e 3) comprimento do pé com o uso de um paquímetro, e 4) imagem plantar (plantígrafo) com uso do software IMAGEJ para calcular: largura do antepé, índice do arco e o hallux valgo. Três repetições foram executadas para cada domínio e a média utilizada. A performance de equilíbrio foi testada em duas condições: bipodal condição (duas pernas posicionadas na plataforma de força) durante 60-s de prova; e unipodal condição (perna de preferência apoiada na plataforma de força) durante 30-s de prova, com período de repouso de aproximadamente 30 s entre cada repetição. A média de três tentativas para cada condição de equilíbrio foi retida para avaliar: área elipse do centro de pressão (COP) e a velocidade de oscilação do COP em ambas as direções do movimento: Anteroposterior e Médio lateral. **Resultados:** Idosos demonstraram significativamente ( $P < 0.01$ ) pior equilíbrio do que os jovens somente para condição unipodal e para todos os parâmetros do COP (ex: área COP 9.97 no idoso vs 7.72 cm<sup>2</sup> no jovem). Idosos e jovens apresentaram diferenças nas medidas posturais do pé ( $P < 0.05$ ), sendo o idoso com menor mobilidade do hallux e grandes valores de largura do antepé e do índice do arco transversal do que os jovens, caracterizando assim eles com o pé plano. As correlações entre todas as medidas posturais do pé e os parâmetros COP de equilíbrio para as duas condições variou, entre os grupos, de fraca à moderada ( $r$  -0.01 a -.046). Nenhuma vantagem sistemática de uma medida postural do pé (goniometria, paquímetro, plantígrafo) foi encontrada na relação com os parâmetros de equilíbrio entre os grupos, embora a menor mobilidade do hallux fosse significante correlacionada com os grandes valores do COP no idoso. **Conclusões:** Esses resultados têm implicações clínicas e de pesquisa para programas de reabilitação de equilíbrio em idosos e programas preventivos associados às desordens posturais do pé e déficits de equilíbrio em ambos os grupos (jovens e idosos).

**Palavras-chave:** postura; envelhecimento; pés; movimento; biomecânica; reabilitação.

## 1. Introduction

The longevity's increase is also related to a higher incidence of chronic disorders across older people, which compromises the health and the quality of life of individuals. Foot disorders can affect up to 80% of older people, which in turn impact to functional capacities common household tasks<sup>1,2</sup>.

Aging process often associates to biomechanical changes on the foot with effects in the lateral deviation of the legs, plantar arch (flattening), and muscular intrinsic strength of the toes<sup>3,4,5</sup>. The most prevalent toe disorders linked to this biomechanical changing in older is the hallux valgus, which is characterized by a lateral deviation of the big toe away from the midline of the body<sup>6,7</sup>. The estimated prevalence is of 36% in those over 65 years, while the prevalence rate in adults between 18 and 65 years is 23%<sup>7</sup>. Furthermore, it has been associated with beauty appearance, pain, mobility impaired, reduced health-related quality of life and mostly postural instability and increase the risk of falls in the older subjects<sup>8-10</sup>.

Some risk factors have been identified in the etiology of hallux valgus including increasing age. For example, genetic history, abnormal hind foot kinematics, wearing high-heeled shoes, bony abnormalities, muscular foot dysfunctions and unbalance could be associated to it<sup>11-15</sup>. It must be important to consider that the foot provides only direct source of contact with the ground during standing and walking activities. With the foot pain and/or structural foot deformity it is likely in turn to impair balance and functional ability, and subsequently increase of falls risk in older. As suggested by Menz et al.<sup>16</sup> the foot contributes to maintenance of postural stability, first by providing mechanical support for the body via the osteoligamentous of arch and the coordinated function of lower limb muscles, and second by the provision sensory information with regard to body position and proprioception from plantar tactile mechanoreceptors.

Different clinical and laboratory methods have been developed to assess the different dimensions of foot in order to increase the clinical relevance of decisions regarding posture and

deformity of foot, balance deficit and fall prevention. The foot posture can be measured objectively and numerically by anthropometric approaches such as goniometer, tape for width and circumference of the metatarsal heads, height of the first metatarsal head and dorsum of the foot using pachymeter, length of the foot angular, angles of first metatarsophalangeal joint, arch index by photographs or foot print and outline and analyzing with image digital software's (e.g. IMAGEJ, SAPO)<sup>16,17</sup>. Other approaches are by Manchester Scale to assess the levels of severity of hallux valgus (none, mild, moderate and severe)<sup>18,19</sup>, X-rays angular measures of hallux<sup>20,21</sup> and sometimes with the use of force plate for balance and force reaction of ground measurement<sup>22</sup>, and electromyography or ultrasound system for muscular dysfunction of foot<sup>23-25</sup>. These last techniques provided both accurate and reliable information<sup>21-25</sup>, although considered high-tech equipment and costly for clinical practice.

Overall, measures of foot impaired associated on the observation of injury, structural deformity or muscular dysfunction has been independently the performance of balance and functional activity on clinical tests<sup>2</sup>. However, very little is known about the relationship between foot posture measures and force platform parameters on age-related differences. Some evidences showed that excessively flat feet and highly arched feet impair standing balance in healthy young subjects<sup>26,27</sup>. Also, significant association was observed in older subjects for the measures of the ankle range of motion (ROM) and balance<sup>28</sup>. From differences between young and older subjects on the neuromuscular and bony systems, it must be interesting to compare them on the foot anthropometric posture measures and balance performance at the same design experimental.

The purposes of this study were to: 1) Compare age differences on a broader range of anthropometric posture measures of foot (e.g; including goniometer, tape, pachymeter and foot print image) and on two main balance parameters of a force platform (e.g; ellipse area and sway velocity of centre of pressure) during two balance tasks (bipodal and unipodal); and 2) Determine the relationship between all these measures in both young and older subjects.



## 2. Methods

### *Subjects*

A total of 110 females healthy volunteers (n=68 older and n=42 young), recruited by convenience, participated in the present study. The characteristics of the both groups are in mean: age  $68\pm 5$  yrs, mass  $63\pm 11$  kg, height  $1.52\pm 0.1$  m, body mass index (BMI)  $27\pm 4$  kg/m<sup>2</sup> for older subjects, while age  $21\pm 2$  yrs, mass  $60\pm 8$  kg, height  $1.64\pm 0.1$ , BMI  $22\pm 3$  kg/m<sup>2</sup> for young adults. The study was enrolled between 2012 and 2013 at the Universidade Norte do Paraná (UNOPAR), Londrina, PR. All subjects were recruited by convenience from the local community and the University for the young adults specifically.

The inclusion criteria were as follows for older subjects: (1) age more than 60 years old, physically independent, no falls in the previous year, and a score  $>18$  on the Mini-Mental State Examination<sup>29</sup>. Inclusion criteria for the young group were age between 18 and 30 years and being healthy. Enrolment in any physical activity program was prohibited for participants of both groups at the time of the study. General exclusion criteria for both groups were as follows: self-reported injuries, illnesses, musculoskeletal disorders, neuro-systemic degenerative disease, severe labyrinthitis, and chronic cardiovascular or respiratory system diseases. The subjects were informed about the study's experimental protocol and potential risks and written consent obtained before their participation. The protocol and the consent forms were previously approved by the local ethics committee (CEP:276.702).

### *Procedure*

Prior to performing all measurement (anthropometric, foot measures and balance), the subjects were familiarized with the experimental protocol and specially for assessing of two balance

tasks on a force platform. One session of approximately 2 hours was required to complete the experimental procedure. The same investigators trained (two physiotherapists) performed the procedures with all subjects at the same laboratory to ensure uniformity.

### *Foot posture measurements*

Foot (right and left side) posture was tested across four domains<sup>16,17</sup>: 1) first metatarsophalangeal joint ROM (e.g. hallux flexion and extension ROM using goniometer), 2) height navicular in cm (using pachymeter instrument, 3) length of the foot in cm (using pachymeter instrument), and 4) foot print for calculate with IMAGEJ (National Institutes of Health, MD, USA)<sup>16,17,30</sup>: width of fore foot, arch index and hallux valgus using the procedure detailed in Bega<sup>31</sup> (e.g. explained in the next section). The validity and reliability of clinical techniques likes these reported above for the measurement of static foot posture in older people has been reported previously in the literature<sup>32-34</sup>.

### *Goniometry*

For the hallux flexion and extension ROM, an analogical goniometer (CARCI) was used for the angles measures. The subjects were in orthostatic position with the limb evaluated placed on a bench (approximately at 90° of knee flexion) allowing free movements of hallux. First metatarsophalangeal joint (hallux joint) was then measured in a nonweightbearing position with a goniometer while the examiner maximally extended and flexed the hallux (Figure 1A)<sup>32</sup>. Three trials hallux ROM by side (right: R and left: L feet) were performed and the mean across trials was retained for analysis.

### *Pachymeter*

Again, the subjects placed as for goniometry measurement, the navicular height was measured in centimeters (cm) using an analogical pachymeter while the subject was fully weightbearing, and was then corrected for differences in foot size by dividing it by the length of the foot<sup>34</sup>, which was measured with the use of pachymeter (Figure 1B). For both measures (navicular height and length of the foot), three trials were performed in both the foot (R and L feet) by examiner and the mean was retained.

#### *Foot print*

The foot prints were obtained using a carbon-paper imprint material with the subject standing in a relaxed position and following a standardized condition: barefoot and arms parallel to their trunk. Afterward, the foot R and L imprint material was analyzed using a computer graphics tablet and graphics software of the IMAGEJ v.1.45 (National Institutes of Health, Bethesda MD, USA) and the parameters on foot print reference (quantity of area of feet over paper) were then calculated (Figure 1C) as previously detailed by Bega<sup>31</sup>: width of fore foot that is quotient of total length of the foot (corrected by height) divide by three; arch index on transverse plan of foot print that is calculated by the quotient of the width of fore foot divide by three (e.g. defining in high values as plan feet and low values as arched feet)<sup>17,31</sup> and finally, the physiological hallux valgus of foot print that is calculated multiplying by 2% of total length of the foot<sup>31</sup>.

#### *Postural balance tasks*

Each subject was allowed to practice the one-leg stance before testing and, since only one leg was being tested, the subjects were free to choose which leg they preferred to stand on. The participants performed two tasks on a force platform (BIOMECH400, EMG System do Brazil, Ltda., SP): (1) Bipodal Condition (BC: two legs placed on force platform) during 60-s trials<sup>35</sup>; (2) Unipodal Condition (UC: leg preferred on force platform) during 30-s trials, with a rest period of approximately 30 s between each trial in both conditions (Figure 2). The mean of three trials for

each balance condition was retained to assess: (i) the age-related differences on balance parameters and (ii) the relationship between foot posture measures and balance parameters for each condition (bipodal and unipodal). During all trials, the participants were instructed the following standardized conditions: barefoot, eyes opened and looking at a target (cross) placed on a wall at eye level 2 m away, arms at their sides or parallel to their trunk.<sup>36</sup> To prevent falls or injuries during all testing, an investigator stood close to each participant.

For all balance conditions, signs of ground reaction force from the platform measurements were collected on a sampling of 100 Hz. All force signals were filtered with a Butterworth low-pass second-order filter at 35 Hz. Signals were then converted through a stabilographic analysis that the routines were compiled with the MATLAB (The Mathworks, Natick, MA) to extract all of the parameters associated with balance movements of COP. The main parameters of balance based on the center of pressure (COP) were computed: the ellipse area (95%) of the COP (A-COP in cm<sup>2</sup>) and mean velocity (VEL in cm/s) of the COP sway in both directions of movement: Anteroposterior (A/P) and Mediolateral (M/L). For both tasks, these balance parameters were calculated for the total duration of the trial for each subject. The test-retest reliability of these main parameters of balance has been showed be excellent ( $ICC > 0.85$  and  $SEM$  varying of 0.72 to 0.90) in both young and older subjects as reported by our previous study<sup>36</sup>.

### *Statistical analysis*

The data were analyzed using descriptive statistics with measures of central tendency, mean and standard deviation. All variables were normally distributed, as verified with the Shapiro Wilk test. Student unpaired t-test was used to assess between-group (older vs young subjects) differences in anthropometric variables, foot posture measures and in two balance parameters (A-COP, VEL). Pearson's correlation coefficients were used to assess the relationship between all foot posture measures and balance parameters (A-COP, VEL) in both conditions (BC and UC).

Statistical Package for SPSS (version 15 for Windows) was used to perform all statistical analysis, with significance taken at 5% ( $P < 0.05$ ).

### 3. Results

Significant differences between-groups ( $P < 0.01$ ) were found for age, height and BMI variables, with exception for mass only. The results for foot posture measures are presented in the Tables 1 and 2. From goniometry measures, older subjects presented low ROM values of hallux than young adults, with significant differences ( $P < 0.01$ ) between-groups for all variables (Table 1).

Significant differences ( $P < 0.05$ ) between older and young subjects were found for all variables from pachymeter (navicular height and length of the foot) and foot print (width of fore foot, arch index and hallux valgus) measures (Table 2). For both sides (R and L), older presented low values than young for navicular height and length of the foot (pachymeter), and hallux valgus (foot print) variables. Contrary, high values were pointed out for width of fore foot and arch index variables in older than young (Table 2), characterizing thus the plan feet of older.

Poor balance performance of older in relation to young group was reported only for unipedal condition (UC) in all COP parameters (Table 3). At this condition (UC), COP values was significant ( $P < 0.01$ ) higher in older than young such as A-COP ( $\text{cm}^2$ ) of 9.97 for older vs 7.72 for young. Similar balance performance of COP between-groups was found in BC task.

The correlations between all foot posture measures and balance COP parameters for the two balance conditions varied, across groups, of weak to moderate ( $r$  -0.01 to -.046; Tables 4 and 5). No systemic advantage of a foot posture measure (goniometry, pachymeter, foot print) in the relationship with balance COP parameters was found across groups. Significant and negative correlations ( $r$  -0.31 to -.046  $= P < 0.01$ ) were found between the hallux ROM (flexion and extension movement) and COP parameters across groups and balance conditions (Table 4). In this case, low mobility of hallux was related to higher COP values (poor balance) in older.

*Pearson* coefficient correlations between foot posture measures (Pachymeter and foot print measures) and balance COP parameters were presented in the Table 5. The best significant and negative correlations ( $r$  -0.32 to -.041  $=P<0.01$ ) were found between the Navicular height left side (Nav.Height-L) and COP parameters for older people across two balance conditions. Smaller Navicular height was related to poor balance in older (higher COP values, Table 5). For older group again, significant and positive correlation ( $r$  .33  $=P<0.01$ ) was observed between the Arch index right and velocity COP parameter (UC-VEL A/P), suggesting that larger arch report to poor balance.

Significant and positive correlation ( $r$  .35  $=P<0.01$ ) was observed between the length of the feet right and velocity COP parameter (UC-VEL M/L) in young group only, indicating that taller foot is associated to higher COP values. Again for younger, significant and positive correlations ( $r$  .29 to .36  $=P<0.01$ ) were found between hallux valgus, in both sides, and velocity COP parameter (UC-VEL M/L).

#### **4. Discussion**

The first main of this study was to compare age-related differences on a broader range of anthropometric posture measures of foot and main balance COP parameters during two tasks (bipodal and unipodal conditions). Here, the hypothesis that older shown poor balance performance than young adults is true. Furthermore, older and young presented differences on all foot posture measures, being older with low hallux mobility and high values of the width of fore foot and transverse arch index than young adults, characterizing thus their plan feet. A second purpose here was to assess the relationship across all these measures in both young and older subjects. No systemic advantage of a foot posture measure (goniometry, pachymeter, foot print) in the relationship with balance COP parameters was found across groups, although a low mobility of

hallux was related to higher COP values (poor balance) in both the groups (young at BC while older at UC especially).

To the authors' knowledge and based on a literature search of issue<sup>10,15-17,22,26-28</sup>, the comparison of older and young adults, in the same study, from different foot posture measures and COP balance parameters at two conditions (BC and UC), in plus the correlation between all these measures have not been reported before. With regard to foot posture measures, age-related differences can be dependent of the changes from orthopedic anatomy and/or foot architectural with the increase of age<sup>1-3</sup>. Older people (without apparently deformities) present lower ROM of hallux as well as plan feet compared to young adults<sup>16,28,37</sup>, which support our findings. Second, it is well known that aging is associated with neuro-musculoskeletal alterations and decreased physiological functions, which in turn can lead to problems such as muscular weakness and lack of mobility, as well as other sensory-motor deficits and a consequent loss of balance and falls<sup>15-17,25,28,29</sup>. In the present study, the performance of the older adults was significantly ( $P < 0.01$ ) worse only at balance unipodal condition (Table 3). These results agree with previous studies compared both young and older subjects in this condition<sup>36,38</sup>, but in contrast to others<sup>35</sup>, which assessed healthy community-dwelling older adults using double-leg stance task. In the present study no difference was found at bipodal condition (Table 3), which would be explained by the time data collected up at 30 s while in previous works, the time-series was stopped at 60 or 120 s. However, as suggested by Parreira et al.<sup>38</sup>, differences between the older and young adults are observed since 10 s COP time-series. From these authors, age-related differences do not occur during the transition phase (0.1 to 5 s) of postural adjustment on a force platform but occur instead during the static phase, which begins 5 to 10 s after adopting the new posture. At this point, motor control strategies as well as real balance deficits from muscular weakness or sensory-motor impairment become more evident between groups, even at 30 s time-series. In this case, we assumed then that bipodal condition is not adequate to discriminate postural control because both populations can have performed similar short-term

postural adjustments at this condition. Furthermore, this condition is not a major challenge to our balance control system, which limits the clinical usefulness of data obtained from this approach. A one-legged stance would be a more appropriate condition for challenging and evaluating equilibrium since, in spite of being a static condition, it can be required in a number of everyday motor tasks (turning, climbing stairs, walking, dressing) when a switch from two- to one-leg standing is necessary. Furthermore, this condition has often been associated with the prediction of falls as well as fall-related injuries<sup>39</sup>.

The clinical and research relevance to evaluate foot posture measures in both older and young adults is that exist an influence of foot structures on postural balance<sup>26,27</sup>. It is suggested that the presence of non-weight bearing frontal-plane foot postures such as forefoot varus, rearfoot varus, plantar-flexed fifth ray, or ankle joint equinus result in increased compensatory foot pronation during weight bearing, which in turn cause a compensatory hypermobility of the subtalar joint and midtarsal joint and consequently can create an unstable base of support that may translate to impaired postural balance. Cobb et al.<sup>26</sup>, evaluating 32 healthy young adults (age in mean 29 yrs old) on one-leg stance platform task, showed a decreased postural stability in individuals with increased forefoot varus ( $>7^\circ$ ). The authors explained their results by decreasing of joint subtalar congruity and increasing reliance on soft tissue structures for stability of foot. Hertel et al<sup>27</sup>, also evaluating young adults (n=30, age in mean 22 yrs old), reported an increase COP sway area in individuals with pes cavus foot structures compared to those with pes rectus foot structures. The authors revealed any differences in either COP sway area or COP sway velocity between subjects with pes planus foot compared to those with pes rectus foot structures. However, both studies (Cobb<sup>26</sup> and Hertel<sup>27</sup>) used only a limited number of COP parameters and especially a time-series data computed at 5 and 10 s, respectively, during one-leg stance task. As stated before, short time-series is not enough to discriminate with accuracy the balance mechanism of postural control in two



different groups<sup>38</sup>. In fact, the experimental protocol limits thus the conclusion and generalization of their findings.

In the present study the relationship between all foot posture measures and balance COP parameters for the two balance conditions varied, across groups, of weak to moderate ( $r$  -0.01 to -.046; Tables 4 and 5) and without no systemic advantage of a measure over the other. Nevertheless, the relationship between hallux ROM and COP balance parameters is in agreement with previous studies<sup>16,28</sup>, although with experimental protocol not totally similar. Mecagni et al.<sup>28</sup>, evaluating women aged between 64 to 87 yrs old, showed an association (in mean  $r = -0.30$ ) of ankle ROM with the functional balance. Menz et al.<sup>16</sup>, evaluating 156 older women (mean age of 80 yrs old) reported a significant association ( $\beta$  Weight = -0.226 from Multiple Regression Analyses) between ankle flexibility and sway functional balance on floor. The authors pointed out also that this mobility measure and others such plantarflexor strength can explain 59% of the variance in the balance scores. Compared to our results, the best correlations with COP balance were reported in Goniometry ( $r = -0.46$  from ROM Ext-L and UC-ACOP in older) and Pachymeter ( $r = -0.41$  from Nav.height-L and BC-VELAP in older) foot measures. To date, no study has showed the relationship between a broader range of anthropometric posture measures of foot (specially hallux ROM and pachymeter and foot print) and main balance COP parameters during two tasks (bipodal and unipodal conditions) in both older and young adults, which limit the discussion of these results. In summary, our results suggested that some foot characteristics (hallux mobility, navicular height, and transverse arch index and hallux valgus) can influence the COP sway on a force platform measurement. These results have clinical and research implications on balance rehabilitation programs for older people and on prevention programs linked to musculoskeletal foot postural disorders and balance performance in young adults. Foot posture characteristics are of concern because cutaneous plantar afferent activity is often important in the regulation of postural control<sup>37</sup>. If individuals with foot postural disorder receive less afferent input from the plantar cutaneous

receptors, they may have less efficient mechanisms of control of their upright posture during single-leg stance. However, further research is needed on issue.

Finally, some limits of this study can be reported here. The overall results of this study cannot necessarily be generalized to all older individuals because our sample included only physically independent adults from a local community and women. Toe weakness and deformity or any posture foot deformities, ankle mobility and foot muscular strength evaluation were not investigated, and this could also explain the results concerning postural control. The falls risk was not assessed. Side comparison was not performed, although no significant differences in postural control measures has been reported between the right and left limbs or dominant and nondominant limbs of healthy subjects standing in single-leg stance<sup>40</sup>. The cross-sectional design of this study also restrains any speculation concerning a possible effect of cause-effect on relationship between postural balance and foot posture measures.

In conclusion, older shown poor balance performance than young adults only in unipedal balance condition. Older have low hallux mobility and high values of the width of fore foot and transverse arch index than young adults, characterizing thus their plan feet. No systemic advantage of a foot posture measure (goniometry, pachymeter, foot print) was found in the relationship with balance COP parameters across groups, although a low mobility of hallux was significantly related to higher COP values (poor balance) in both the groups (young at BC while older at UC especially).

### **Acknowledgements**

Rubens A. da Silva and Deise A. A. P. Oliveira thank to the National Foundation for the Development of Private Higher Education (FUNADESP) by grants and fellowships for him and students. All older and young volunteers for their willingness and participation in the project.

### **Conflict of Interest**

The authors claim there is no conflict of interest in this study.

## References

1. Harvey I, Frankel S, Marks R et al. Foot morbidity and exposure to chiropody: Population based study. *BMJ*. 1997; 315:1054–1055.
2. Menz HB, Lord SR. The contribution of foot problems to mobility impairment and falls in community-dwelling older people. *J Am Geriatr Soc*. 2001; 49(12):1651–1656.
3. Caselli MA, George DH. Foot deformities: biomechanical and pathomechanical changes associated with aging, part I. *Clin Podiatr Med Surg*. 2003; 20(3):487–509.
4. De Win M, Theuvenet W, Roche P, De Bie R, Van Mameren H. The paper grip test for screening on intrinsic muscle paralysis in the foot of leprosy patients. *Int. J. Leprosy Other Mycobact Dis*. 2002; 70:16–24.
5. Van Schie C, Vermigli C, Carrington A, Boulton A. Muscle weakness and foot deformities in diabetes: relationship to neuropathy and foot ulceration in Caucasian diabetic men. *Diabetes Care*. 2004; 27:1668–1673.
6. Mann R, Coughlin M. Hallux valgus: etiology, anatomy, treatment and surgical considerations. *Clin Orthop*. 1981; 157:31–41.
7. Nix S, Smith M, Vicenzino B. Prevalence of hallux abducto valgus in the general population: a systematic review. *J Sci Med Sport*. 2010; 3:21–29.
8. Lazarides S, Hildreth A, Prassanna V, Talkhani I. Association amongst angular deformities in hallux valgus and impact of the deformity in health-related quality of life. *J Foot Ankle Surg*. 2005; 11:193–196.
9. Menz H, Roddy E, Thomas E, Croft P. Impact of hallux valgus severity on general and foot-specific health-related quality of life. *Arthritis Care Res*. 2011; 63:396–404.
10. Menz H, Lord S: Gait instability in older people with hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 2005; 26:483–489.

11. Deschamps K, Birch I, Desloovere K, Matricali G. The impact of hallux valgus on foot kinematics: a cross-sectional, comparative study. *Gait Posture*. 2010; 32:102–106.
12. Cong Y, Tak-Man Cheung J, Leung A, Zhang M. Effect of heel height on in-shoe localized triaxial stresses. *J Biomech*. 2011; 44:2267–2272.
13. Nguyen U, Hillstrom H, Li W, Dufour A, Kiel D, Procter-Gray E, Hannan M. Factors associated with hallux valgus in a population-based study of older women and men: the MOBILIZE Boston Study. *Osteoarthritis Cartilage*. 2010; 18:41–46.
14. Munuera P, Dominguez G, Reina M. Bipartite hallucal sesamoid bones: relationship with hallux valgus and metatarsal index. *Skeletal Radiol*. 2007; 36:1043–1050.
15. Arinci Incel N, Genç H, Erdem H, Yorgancioglu Z. Muscle imbalance in hallux valgus: an electromyographic study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2003; 82:345–349.
16. Menz HB, Morris ME, Lord SR. Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *J. Gerontol*. 2005; 60:1546–1552.
17. Castro AP, Rebelatto JR, Aurichio TR. Relationship between the metatarsophalangeal joint angle and anthropometric measures and foot posture among older adults. *Rev Bras Fisioter*. 2009; 13(1):59-64.
18. Garrow A, Papageorgiou A, Silman A, Thomas E, Jayson M, Macfarlane G. The grading of hallux valgus: the Manchester Scale. *J Am Pod Med Assoc*. 2001; 91:74–78.
19. Menz H, Munteanu S. Radiographic validation of the Manchester scale for the classification of hallux valgus deformity. *Rheumatology*. 2005; 44:1061–1066.
20. Kilmartin TE, Wallace WA. The Significance of Pes Planus in Juvenile Hal-Lux Valgus, *J Pediatr Orthop*. 1992; 12: 556.
21. Kilmartin TE, Barrington RL, Wallace WA. The X-ray measurement of hallux valgus: an inter- and intra-observer error study, *The Foot*. 1992; 2:7-11.

22. Menz,HB. Morris, ME. Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. *Gait & Posture*. 2006; 24: 229–236.
23. Heo H, Koo Y, Yoo W. Comparison of Selective Activation of the Abductor Hallucis during Various Exercises. *J Phys Ther Sci*. 2011; 23:915–918.
24. Bargfrede M, Schwennicke A, Tumani H, Reimers C. Quantitative ultrasonography in focal neuropathies as compared to clinical and EMG findings. *Eur J Ultrasound*. 1999; 10:21–27.
25. Severinsen K, Andersen H: Evaluation of atrophy of foot muscles in diabetic neuropathy: a comparative study of nerve conduction studies and ultrasonography. *Clin Neurophys*. 2007; 118(21):72–2175.
26. Cobb SC, Tis LL, Johnson BF, Higbie EJ. The effect of forefoot varus on postural stability. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2004; 34:79–85.
27. Hertel J, Gay MR, Denegar CR. Differences in postural control during single-leg stance among healthy individuals with different foot types. *J Athlet Train*. 2002; 37:129–132.
28. Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, O’Sullivan SB. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: a correlational study. *Phys Ther*. 2000; 80:1001–1011.
29. Hughes MA, Duncan PW, Rose DK, Chandler JM, Studenski SA. The relationship of postural sway to sensorimotor function, functional performance, and disability in the elderly. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996; 77:567–572.
30. Ferreira T, Rasband W. The image j user guide: IJ 1.46r [Internet]. Maryland:National Institutes of Health; Oct. 2012 [acesso em 2013 dez.15].
31. Bega A. *Podologia Básica*. 2 ed. São Paulo: Vida & Consciência; São Paulo, 2000.
32. Hopson MM, McPoil TG, Cornwall MW. Motion of the first metatarsophalangeal joint: reliability and validity of four measurement techniques. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1995; 85:198–204.

33. Menz HB, Munteanu SE. Validity of 3 clinical techniques for the measurement of static foot posture in older people. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005; 35:479–486.
34. Menz HB, Tiedemann A, Kwan MMS, Latt MD, Lord SR. Reliability of clinical tests of foot and ankle characteristics in older people. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2003; 93:380–387.
35. Bauer C, Groger I, Rupprecht R, Gassmann KG. Intrasession reliability of force platform parameters in community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008; 89:1977–82.
36. Da Silva RA, Bilodeau M, Parreira RB, Texeira DC, Amorim CF. Age-related differences in time-limit performance and force platform-based balance measures during one-leg stance. *J Electrom Kinesiol.* 2013; 23: 634-639.
37. Maki BE, Perry SD, Norrie RG, McIlroy WE. Effect of facilitation of sensation from plantar foot-surface boundaries on postural stabilization in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1999; 54:281–M287.
38. Parreira R, Boer MC, Rabello LM, Costa V, de Oliveira Jr E, Da Silva RA. Age-related differences in centre of pressure measures during one-leg stance is time dependent. *J Appl Biomech.* 2013; 29:312-316.
39. Michikawa T, Nishiwaki Y, Takebayashi T, Toyama Y. One-leg standing test for elderly population. *J Orthop Sci.* 2009; 14:675-85.
40. Hoffman M, Schrader J, Applegate T, Kocejka D. Unilateral postural control of the functionally dominant and nondominant extremities of healthy subjects. *J Athl Train.* 1998; 33:319–322.

**Table 1.** Goniometry measures of hallux in flexion and extension

Variables	Older (n=68) Mean (SD)	Young (n=42) Mean (SD)	<i>P</i> values
ROM Flexion-R (°)	54 (7.5)	57 (7.1)	0.034*
ROM Flexion-L (°)	50 (6.5)	55 (5.8)	<0.01*
ROM Extension-R (°)	48 (8.5)	53 (8.0)	<0.01*
ROM Extension-L (°)	51 (9.9)	55 (7.8)	0.043*

ROM: Range of Motion of hallux in flexion and extension. R: Right side; L: Left side.

\* $P < 0.05$ : Significant differences between the groups (older < ROM of hallux than young).

**Table 2.** Foot posture measures from pachymeter and foot print

Variables	Older (n=68) Mean (SD)	Young (n=42) Mean (SD)	P values
<i>Pachymeter measures</i>			
Navicular height-R (cm)	7.5 (0.72)	7.7 (0.52)	0.032*
Navicular height-L (cm)	7.5 (0.73)	7.8 (0.55)	0.028*
Length feet-R (cm)	22.1 (1.11)	22.6 (1.04)	0.024*
Length feet-L (cm)	21.9 (1.14)	22.5 (1.13)	<0.01*
<i>Foot print measures</i>			
Width of fore feet-R (cm)	8.8 (0.85)	8.4 (0.47)	<0.01*
Width of fore feet-L (cm)	8.8 (0.51)	8.4 (0.46)	<0.01*
Arch index-R (cm)	3.7 (0.98)	3.3 (0.79)	0.031*
Arch index-L (cm)	3.7 (0.99)	3.2 (0.70)	<0.01*
Hallux valgus-R (cm)	0.43 (0.05)	0.44 (0.52)	0.024*
Hallux valgus-L (cm)	0.43 (0.05)	0.45 (0.22)	0.016*

Mean values and Standard Deviation (SD) in parentheses.

R: Right side; L: Left side. Pachymeter measures: Navicular height and Length of the foot; Foot print measures: Width of fore foot, Arch index and Hallux valgus.

\* $P < 0.05$ : significant differences between groups.



**Table 3.** Postural balance results from Bipodal and Unipodal conditions (BC and UC)

Variables	Older (n=68) Mean (SD)	Young (n=42) Mean (SD)	P values
<i>Bipodal condition</i>			
BC A-COP (cm <sup>2</sup> )	1.23 (0.98)	1.16 (0.62)	0.711
BC VEL A/P (cm/s)	0.71 (0.13)	0.68 (0.12)	0.362
BC VEL A/P (cm/s)	0.52 (0.10)	0.55 (0.13)	0.062
<i>Unipodal condition</i>			
UC A-COP (cm <sup>2</sup> )	9.97 (3.71)	7.72 (2.63)	<0.01*
UC VEL A/P (cm/s)	2.99(0.84)	2.27 (0.53)	<0.01*
UC VEL A/P (cm/s)	3.31(0.73)	2.47 (0.67)	<0.01*

Mean values and Standard Deviation (SD) in parentheses.

BC: Bipodal balance condition; UC: Unipodal balance condition.

A-COP: the ellipse area (95%) of the centre of pressure (COP).

VEL: mean velocity of the COP sway in both directions of movement: Anteroposterior (A/P) and Mediolateral (M/L).

\* $P < 0.05$ : significant differences between groups.

**Table 4.** Pearson coefficient correlation between Goniometry measures and balance COP parameters

Variables	Groups	Balance COP parameters					
		BC-ACOP <i>r (p value)</i>	BC-VELAP <i>r (p value)</i>	BC-VELML <i>r (p value)</i>	UC-ACOP <i>r (p value)</i>	UC-VELAP <i>r (p value)</i>	UC-VELML <i>r (p value)</i>
ROM Flx-R	Older	.13 (0.401)	.12 (0.421)	.04 (0.772)	-.38 (<.01)*	-.03 (0.841)	.08 (0.581)
	Young	.29 (0.061)	.15 (0.341)	.23 (0.132)	-.01 (0.921)	-.21 (0.861)	-.24 (0.113)
ROM Flx-L	Older	-.03 (0.842)	.13 (0.411)	.16 (0.283)	.29 (0.061)	-.20 (0.192)	-.01 (0.975)
	Young	.33 (<.01)*	.20 (0.203)	.34 (<.01)*	-.21 (0.182)	-.33 (<.01)*	-.16 (0.301)
ROM Ext-R	Older	-.06 (0.701)	.30 (0.041)*	.26 (0.081)	-.08 (0.581)	.15 (0.342)	.10 (0.512)
	Young	-.34 (<.01)*	-.16 (0.311)	-.06 (0.692)	-.20 (0.182)	-.02 (0.852)	.01 (0.902)
ROM Ext-L	Older	-.04 (0.981)	-.06 (0.692)	-.13 (0.401)	-.46 (<.01)*	-.17 (0.261)	.01 (0.902)
	Young	-.31 (<.01)*	-.18 (0.251)	-.10 (0.532)	.03 (0.812)	.03 (0.841)	.12 (0.431)

*r*: Coefficient correlation values and *P* values in parentheses. BC: Bipodal balance condition; UC: Unipodal balance condition. A-COP: the ellipse area (95%) of the centre of pressure (COP). VEL: mean velocity of the COP sway in both directions of movement: Anteroposterior (A/P) and Mediolateral (M/L). ROM: Range of Motion of hallux in Flexion (Flx) and Extension (Ext). R: Right side; L: Left side. \**P*<0.01: significant correlation between goniometry measures and balance COP parameters.

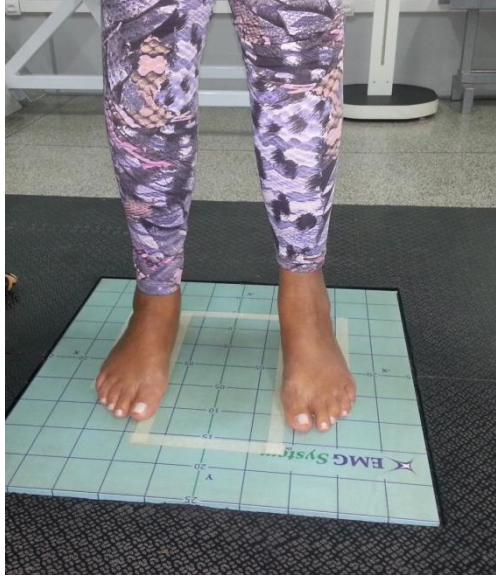
**Table 5.** Pearson coefficient correlation between foot posture measures (Pachymeter and foot print measures) and balance COP parameters

Variables	Groups	Balance COP parameters					
		BC-ACOP <i>r</i> ( <i>p</i> value)	BC-VELAP <i>r</i> ( <i>p</i> value)	BC-VELML <i>r</i> ( <i>p</i> value)	UC-ACOP <i>r</i> ( <i>p</i> value)	UC-VELAP <i>r</i> ( <i>p</i> value)	UC-VELML <i>r</i> ( <i>p</i> value)
Nav.height-R	Older	.04 (0.781)	-.27 (0.072)	-.18 (0.252)	-.18 (0.244)	-.23 (0.131)	-.23 (0.131)
	Young	-.36 (<.01)*	-.09 (0.551)	-.18 (0.242)	-.25 (0.112)	.13 (0.385)	.12 (0.421)
Nav.height-L	Older	.11 (0.462)	-.41 (<.01)*	-.28 (0.061)	-.18 (0.252)	-.32 (<.01)*	-.39 (<.01)*
	Young	-.06 (0.682)	.03 (0.844)	-.09 (0.536)	-.14 (0.352)	.05 (0.722)	.08 (0.593)
Length feet-R	Older	.06 (0.695)	-.01 (0.991)	-.16 (0.302)	.01 (0.961)	-.21 (0.192)	.07 (0.962)
	Young	-.03 (0.822)	.08 (0.582)	-.03 (0.844)	.25 (0.112)	.26 (0.092)	.35 (<.01)*
Length feet-L	Older	-.14 (0.932)	.01 (0.992)	-.21 (0.091)	.04 (0.982)	-.18 (0.232)	-.12 (0.791)
	Young	-.02 (0.851)	.10 (0.522)	-.02 (0.892)	.28 (0.072)	.25 (0.102)	.29 (0.061)
Width feet-R	Older	.23 (0.122)	.26 (0.081)	-.12 (0.442)	.12 (0.443)	.08 (0.602)	.28 (0.073)
	Young	.01 (0.98)	-.05 (0.72)	-.11 (0.471)	.08 (0.602)	.12 (0.431)	.12 (0.442)
Width feet-L	Older	.12 (0.421)	.08 (0.612)	-.07 (0.633)	.13 (0.394)	.02 (0.889)	.03 (0.812)
	Young	.02 (0.862)	-.02 (0.865)	-.02 (0.885)	.26 (0.091)	.17 (0.282)	.23 (0.143)
Arch Index-R	Older	.18 (0.231)	.16 (0.302)	-.01 (0.992)	.11 (0.482)	.33 (<.01)*	.09 (0.541)
	Young	-.14 (0.351)	.06 (0.664)	-.08 (0.582)	.10 (0.522)	.10 (0.523)	-.10 (0.502)
Arch Index-L	Older	.14 (0.371)	-.04 (0.791)	-.15 (0.321)	.23 (0.122)	.09 (0.562)	-.05 (0.722)
	Young	-.09 (0.563)	-.07 (0.722)	-.18 (0.242)	.27 (0.081)	.08 (0.592)	.09 (0.542)
Hallux valgus-R	Older	.07 (0.642)	-.02 (0.864)	-.20 (0.202)	.02 (0.892)	-.21 (0.162)	-.09 (0.923)
	Young	.07 (0.641)	.12 (0.422)	-.01 (0.952)	.27 (0.082)	.29 (0.062)	.36 (<.01)*
Hallux valgus-L	Older	-.01 (0.933)	-.04 (0.781)	-.29 (0.074)	.01 (0.903)	-.17 (0.271)	-.05 (0.732)
	Young	-.03 (0.843)	.10 (0.523)	-.02 (0.873)	.26 (0.095)	.25 (0.101)	.29 (<.01)*

*r*: Coefficient correlation values and *P* values in parentheses. BC: Bipodal balance condition; UC: Unipodal balance condition. A-COP: the ellipse area (95%) of the centre of pressure (COP). VEL: mean velocity of the COP sway in both directions of movement: Anteroposterior (A/P) and Mediolateral (M/L). R: Right side; L: Left side. Pachymeter measures: Navicular (Nav.) height and Length of the foot; Foot print measures: Width of fore foot, Arch index and Hallux valgus. \**P*<0.01: significant correlation between foot posture measures (pachymeter and foot print) and balance COP parameters.



**Figure 1.** Foot posture measures: (A) hallux ROM measures in flexion and extension, (B) pachymeter measures for Navicular height and length of feet, and (C) foot print for measures: width of fore feet, arch index and hallux valgus from transverse plan of image.

**A) Bipodal Condition (BC)****B) Unipodal Condition (UC)**

**Figure 2.** Balance task conditions: (A) Bipodal Condition (BC: two legs placed on force platform) during 60-s trials, and (B) Unipodal Condition (UC: leg preferred on force platform) during 30-s trials, with a rest period of approximately 30 s between each trial in both conditions.

## ANEXOS

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Título do Projeto: " Análise da relação entre a flexibilidade, o índice postural do pé e o equilíbrio funcional como prevenção de quedas em idosos: Um estudo comparativo de diferentes grupos de indivíduos."

Prezado(a) Senhor (a), o objetivo deste trabalho é avaliar a relação entre a flexibilidade, o índice postural do pé e o equilíbrio funcional como prevenção de quedas em idosos e também conhecer o perfil dos idosos e para isso precisamos de sua colaboração.

Necessitamos realizar entrevistas e testes caso você aceite participar, assim responder a perguntas sobre sua condição sócia demográfica, saúde e qualidade de vida. Além disto, a senhora será submetida a alguns testes de equilíbrio, amplitude de movimento e análise do pé e ficará em uma plataforma fixa de olhos abertos e de olhos fechados para equilíbrio e em posição em pé para análise das alterações de pé. Estes testes não conferem nenhum desconforto. A senhora terá tempo para descansar e caso sinta algum desconforto os testes serão imediatamente interrompidos.

Esta pesquisa não lhe trará despesas, gastos ou danos. A senhora terá livre acesso aos pesquisadores envolvidos no projeto para esclarecimento de eventuais dúvidas.

Os principais investigadores são Profa. Dra. Deise A.A. Pires Oliveira, professora da Universidade Norte do Paraná e alunos do mestrado que poderão ser encontrados no Programa de Mestrado de Ciências de Reabilitação no telefone 3371 7990.

Lembramos ainda que o senhor (a) terá acesso aos resultados da pesquisa ao final da mesma e que se por ventura durante os testes forem encontradas anormalidades o senhor (a) será notificada e encaminhada para tratamento adequado. É garantida a liberdade da retirada deste consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição. Os dados coletados serão mantidos sob sigilo e as informações obtidas

serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgada a identificação de nenhum paciente. Há o compromisso dos pesquisadores de utilizar os dados e o material coletado somente para fins científicos.

Eu, \_\_\_\_\_, após ter lido e entendido as informações e esclarecido todas as minhas dúvidas referente a este estudo, CONCORDO VOLUNTARIAMENTE, participar do mesmo.

\_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura do participante ou responsável

Eu, \_\_\_\_\_, na qualidade de entrevistador, declaro que forneci todas as informações referentes ao estudo para o participante.

## APROVAÇÃO ÉTICA

UNIVERSIDADE NORTE DO  
PARANÁ - UNOPAR



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Análise da relação entre a flexibilidade, o índice postural do pé e o equilíbrio funcional como prevenção de quedas em idosos.

**Pesquisador:** Daise Aparecida de Almeida Pires Oliveira

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 11836112.3.0000.0108

**Instituição Proponente:** Universidade Norte do Paraná - UNOPAR

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 276.702

**Data da Relatoria:** 30/04/2013

#### Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa - Análise da relação entre a flexibilidade, o índice postural do pé e o equilíbrio funcional como prevenção de quedas em idosos: Um estudo comparativo de diferentes grupos de indivíduos não apresenta impedimento ético. A proposta visa um estudo de natureza epidemiológica, transversal, de base populacional, com abordagem multidimensional de diferentes aspectos relacionados ao envelhecimento e o controle postural. Este estudo será realizado junto ao Laboratório de Avaliação Funcional e

Performance Motora Humana Universidade Norte do Paraná - UNOPAR, em Londrina - PR.

#### Objetivo da Pesquisa:

Tanto o objetivo primário como o secundário, são coerentes com a proposta, visando avaliar a relação entre a flexibilidade, o índice postural do pé e o equilíbrio funcional como prevenção de quedas em idosos a partir de 60 anos.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Não existe risco direto sobre os sujeitos, o resguardo do sigilo e confidencialidade dos mesmos está previsto no termo de consentimento livre e esclarecido.

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O estudo trabalhará com amostra de conveniência, selecionando e recrutando idosos residentes na

Endereço: Av. Paris 675

Bairro: Jardim Piza

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-7834

CEP: 88.041-140

E-mail: [pesquisa@unopar.br](mailto:pesquisa@unopar.br)



UNIVERSIDADE NORTE DO  
PARANÁ - UNOPAR



Continuação do Parecer: 276.702

comunidade de Londrina e participantes das Unidades Básicas de Saúde (UBS), com 60 anos ou mais, do sexo feminino, que concordarem em participar do estudo e assinarem um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Para o grupo controle (adultos jovens), os participantes serão recrutados de forma voluntária e por conveniência proveniente da comunidade Universitária local. - Os Idosos serão entrevistados mediante formulários estruturados contendo questões que enfocam aspectos socioeconômico, demográficos e comorbidades.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

De acordo. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido contempla os requisitos necessários.

**Recomendações:**

Nada consta.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Recomendações atendidas.

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Em reunião, após apresentação do relatório consubstanciado e análise pelos membros do CEP o protocolo foi aprovado sob o aspecto ético.

LONDRINA, 20 de Maio de 2013

---

Assinador por:  
Hélio Hiroshi Sugimoto  
(Coordenador)

Endereço: Av. Paris 675  
Bairro: Jardim Piza CEP: 86.041-140  
UF: PR Município: LONDRINA  
Telefone: (43)3371-7834 E-mail: pesquisa@unopar.br