

*“Análise dos Pés Através da
Baropodometria e da Classificação
Plantar em Escolares de
Guaratinguetá”*

LILIANA APARECIDA DE PAULA AZEVEDO

LILIANA APARECIDA DE PAULA AZEVEDO

ANÁLISE DOS PÉS ATRAVÉS DA BAROPODOMETRIA E DA
CLASSIFICAÇÃO PLANTAR EM ESCOLARES DE GUARATINGUETÁ

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica na área de Projetos.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento

Guaratinguetá

2006

A994a

Azevedo, Liliana Aparecida de Paula
Análise dos pés através da baropodometria e da
classificação plantar em escolares de Guaratinguetá / Liliana
Aparecida de Paula Azevedo . – Guaratinguetá : [s.n.], 2006
80 f. : il.

Bibliografia: f. 71-75

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2006

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento

1. Semiologia(Medicina) I. Título

CDU 616-07

**“ANÁLISE DOS PÉS ATRAVÉS DA BAROPODIOMETRIA E DA
CLASSIFICAÇÃO PLANTAR EM ESCOLARES DE GUARATINGUETÁ”**

LILIANA APARECIDA DE PAULA AZEVEDO

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

**PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: PROJETOS E MATERIAIS**

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. João Andrade de Carvalho Júnior
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. LUIZ FERNANDO COSTA NASCIMENTO
Orientador / Unesp-Feg


Prof. Dr. MAURO PEDRO PERES
Unesp-Feg


Prof. Dr. LUIS CARLOS RIBEIRO LARA
Unitau

Novembro de 2006

DADOS CURRICULARES

LILIANA APARECIDA DE PAULA AZEVEDO

NASCIMENTO	27/04/1976 - Guaratinguetá/ SP
FILIAÇÃO	Irany de Paula Azevedo Antonio Herculano Azevedo
1994/1997	Curso de Graduação em Fisioterapia Pontifícia Universidade Católica de Campinas - PUCCAMP
2004/2006	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Semiológica, nível Mestrado, na Universidade Estadual Paulista – UNESP do Campus de Guaratinguetá

Aos meus filhos Luís Felipe e Pedro Henrique
que são a luz da minha vida, minha grande e única riqueza.
À minha família, em especial a minha mãe,
que me ensinou a ser forte como ela e
a sempre buscar meus objetivos.
Os meus lindos e amados sobrinhos
Luca, Laíssa e Thainá, vocês alegam minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu orientador *Prof. Dr. Luiz Fernando Costa Nascimento*, por todos os ensinamentos dados, pela paciência necessária em vários momentos e principalmente por seu otimismo incondicional que me impulsionou durante todos esses anos e foi determinante para a conclusão dessa etapa.

Ao *Prof. Dr. José Elias Tomazini* que me auxiliou em vários momentos, sempre com muita disposição e disponibilidade para ensinar o que fosse necessário.

A todos do Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP – FEG, pelo apoio e incentivo; em especial ao técnico Walter Luiz Tupinambá, à desenhista gráfica Lúcia H. de Paula Coelho e à secretária Rosiléa Ribeiro de Matos, pela atenção, colaboração e boa vontade demonstrada todas as vezes que se fez necessário.

Aos professores *Dr. Roberto Y. Honda* e *Dr. Mauro P. Perez*, pela participação no exame de qualificação e contribuição para o aprimoramento desta dissertação.

Aos funcionários da UNAMOS coordenadora Ana Paula G. Rodrigues, enfermeiro Mário Celso Rosa e a estagiária Audrei pela colaboração e paciência.

As funcionárias da biblioteca da FEG/UNESP, em especial à Ana Maria R. Antunes e à Rosana Maria P. Maciel, pelo carinho e cooperação.

Aos colegas que sempre contribuem para o meu crescimento, em especial à amiga Elaine Cristina M. Teodoro e Felipe Fernandes Lemos.

À Ângela Maria B. Barbosa diretora da escola Prof Alcina Soares, a coordenadora Maisa Helena G. C. Macedo e as professoras de todas as classes participantes desta pesquisa que foram essenciais para confiança dos pais no estudo.

Aos pais que permitiram que seus filhos participassem desse estudo e o tornaram possível.

A minha prima Maria Cláudia P. Rocha que, sempre com grande atenção e disposição, me ajuda em tudo que peço; ao professor João R. Ultramari que me ajudou com grande disposição, apesar do seu tempo restrito.

A todos vocês e aqueles que contribuíram de forma indireta com este trabalho muito OBRIGADA.

Este trabalho contou com o apoio financeiro
da CAPES.

AZEVEDO, L.A.P. **Análise dos pés através da baropodometria e da classificação plantar em escolares de Guaratinguetá.** 2006. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2006.

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo realizar um levantamento do padrão do pé em crianças no início da segunda infância. A metodologia utilizou duas plataformas de força para detecção da distribuição das pressões plantares e da impressão plantar para mensurar o arco longitudinal medial, por conseguinte, classificar os tipos de pés. Foram comparadas as forças plantares da porção medial, lateral e as forças plantares da região anterior e posterior dos pés. Os pés, após serem classificados, foram comparados com as médias das forças plantares de cada sensor. Estes valores médios, foram comparados através do teste *t* de Student, teste de ANOVA e estimadas as correlações através do Coeficiente de Pearson com significância de alfa 5%. Participaram do estudo 57 escolares da primeira série do ensino fundamental com idade média de 7 anos e 6 meses, sem qualquer queixa ou indício de patologia ortopédica e/ou neurológica. A aquisição da atividade baropodométrica, foi coletada três vezes seguidas para cada sensor, e realizada na posição ortostática como a impressão plantar. As pressões plantares foram significativamente maiores da região medial do pé esquerdo e em ambos os retropés. A amostra apresentou prevalência de pés planos. Foi possível identificar uma boa correlação entre as forças plantares e o peso das crianças e uma boa correlação entre o total das áreas da impressão plantar com o peso da criança.

PALAVRAS-CHAVE: Forças plantares, impressão plantar, crianças, pé plano.

AZEVEDO, L.A.P. **Analysis on feet through by baropodometric and classification of footprint in student of Guaratinguetá.** 2006. 80f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2006.

ABSTRACT

The aim of this study was to obtain a survey on foot pattern of children up to 10 years old of. The method utilized two pressure platform to detect the distribution of plantar pressures and of plantar prints to measure the medial and longitudinal foot arch and to classify the foot types. The plantar pressures were compared according to medial and lateral side of foot the anterior and posterior regions of the foot were also studied. The feet were classified and were compared the mean pressure plantar of each platform sensor. These mean values were analysed by Student *t* test, Analysis of Variance (ANOVA) test and the correlations were performed by the Pearson coefficient. The significance level adopted was $\alpha = 5\%$. This study was developed with students of “Alcina Soares” Fundamental Level School, located in Guaratinguetá, São Paulo State. Fifty seven students were enrolled in this study. The average age of the participants age was 7,5 years old, they did not present any orthopedical or neurological symptom. The baropodometric activity records were collected with three times repetition to each sensor and the procedure was performed in orthostatic position. The same procedure was adopted to obtain the plantar print. The plantar pressures were higher in the posterior region of the foot and in the medial region of the feet left. The plantar pressures were higher in the flat foot in comparison to the normal foot. It was possible to identify a good correlation between total foot surface and child weight; also, the plantar footprint had a good correlation with the child weight. So, the procedure performed with mechanical sensor was capable to define the pattern of pressure plantar in students.

KEYWORDS: Baropodometric, footprint, flatfoot, plantar force.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	ANATOMIA E BIOMECÂNICA DO TORNOZELO E PÉ	15
1.2	MÉTODOS DE MEDIDA DAS FORÇAS DO CORPO HUMANO	20
1.3	CLASSIFICAÇÕES DO ARCO LONGITUDINAL MEDIAL ATRAVÉS DA IMPRESSÃO PLANTAR.....	21
1.4	DESENVOLVIMENTO E DEFORMIDADE DOS PÉS.....	26
1.4.1	Pé plano	27
1.4.1	Pé cavo	30
1.5	ALTERAÇÕES ORTOPÉDICAS DOS MEMBROS INFERIORES	31
1.6	CONTROLE POSTURAL NORMAL	35
2	OBJETIVO	38
3	METODOLOGIA	39
3.1	DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTO.....	39
3.2	DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO	41
3.3	MÉTODOS PARA A ANÁLISE DOS DADOS	47
4	RESULTADOS	51
4.1	ANÁLISE DESCRITIVA.....	51
5	DISCUSSÃO	60
6	CONCLUSÃO	70
	REFERENCIAS	71
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	76
	APÊNDICE B – CARTA DE INFORMÇÃO AO SUJEITO DA PESQUISA ..	77
	GLOSSÁRIO	78

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	– (a) Ligamentos face medial do pé-ligamento deltóide. (b) Ligamentos face lateral do pé (SPENCE, 1991).....	16
FIGURA 2	– Ossos do pé (SOBOTTA, 1993).	17
FIGURA 3	– (a) Músculos intrínsecos dos pés (b) Músculos extrínsecos dos pés (SOBOTTA, 1993).....	19
FIGURA 4	– Método de classificação do arco plantar descrito por Staheli et. al. (1987)	23
FIGURA 5	– Método de classificação do arco plantar descrito por Cavanagh e Rodgers (1987b).....	24
FIGURA 6	– (a) Foto scaneada de um pé normal (b)Foto escaneada de um pé plano (c) Foto escaneada de pé cavo.....	25
FIGURA 7	– (a) Pé plano (b) pé plano com desabamento do osso navicular.....	28
FIGURA 8	– Demonstração da disposição dos equipamentos no laboratório (TEODORO, 2006)	41
FIGURA 9	– Detalhe das vigas soldadas no sensor do pé direito (TEODORO, 2006).....	42
FIGURA 10	– Detalhe das vigas soldadas no sensor do pé direito (TEODORO, 2006).....	43
FIGURA 11	– Início da soldagem dos fios na plataforma direita (TEODORO, 2006).....	43
FIGURA 12	– Detalhe das borrachas coladas nas vigas (TEODORO, 2006)	44
FIGURA 13	– Detalhe das palmilhas coladas nas plataformas direita e esquerda	45
FIGURA 14	– Detalhes dos sinais obtidos na plataforma através do amplificador e do programa Catman.....	46
FIGURA 15	– Representação esquemática da disposição das vigas e pontos de aplicação da força peso para crianças de 7 anos.....	47

FIGURA 16	– Gráfico do somatório de todas as forças plantares com relação ao peso dos 57 escolares.....	52
FIGURA 17	– Gráfico percentual dos diferentes tipos de pés encontrados em 52 escolares de Guaratinguetá, 2006.....	55
FIGURA 18	– Impressão plantar normal de um escolar.	56
FIGURA 19	– Impressão plantar dos pés planos.....	56
FIGURA 20	– Impressão plantar de um pé misto.	57
FIGURA 21	– Impressão plantar de um pé cavo.....	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	– Parâmetros para a classificação do arco plantar (CAVANAGH; RODGERS, 1987b).	49
TABELA 2	– Parâmetros Análise descritiva das variáveis do estudo, idade (meses), peso (kg), altura (m), IMC (kg/m ²) com valores médios, desvios padrão (dp) e valores mínimos e máximo de 57 escolares de Guaratinguetá, 2005.	51
TABELA 3	– Distribuição das médias das forças plantares e o valor médio das médias em N, com os respectivos desvios padrão (dp) e nível de significância, segundo os 16 sensores do estudo de 57 escolares de Guaratinguetá, 2005.	53
TABELA 4	– Valores das médias, dos desvios padrão (dp) e do nível de significância da comparação da lateral e medial dos pés em 57 escolares de Guaratinguetá, 2005.	54
TABELA 5	– Demonstra as médias, os desvios padrão e o nível de significância em retropé e antepé direito e esquerdo de 57 escolares de Guaratinguetá, 2005.	54
TABELA 6	– Valores médios com os respectivos desvios padrão, entre parênteses, e os valores do <i>p</i> nos sensores 1E, 2E, 15E, 15D e 7E, do IMC e o somatório das forças plantares (SF) nos diferentes tipos de pés em 53 escolares de Guaratinguetá, 2006.....	58
TABELA 7	– Valores médios e os desvios padrão da área total dos diferentes tipos de pés de 53 escolares de Guaratinguetá, 2005.....	59

1 INTRODUÇÃO

Inúmeras pessoas despendem várias horas diárias na posição em pé, e surpreendentemente ainda hoje há poucas informações disponíveis sobre a função dos pés nessa posição (CAVANAGH; RODGERS, 1987a).

A distribuição de pressão na superfície plantar pode revelar informações tanto sobre a estrutura e função do pé, em condições saudáveis ou patológicas, assim como sobre o controle postural de todo o corpo (AMADIO; SACCO, 1999).

Diversos autores têm utilizado a baropodometria para avaliar problemas clínicos dos pés, identificar anormalidades, analisar os pós-operatórios verificando as mudanças na distribuição da pressão plantar e assim estimando o sucesso ou não das cirurgias. Este é um método seguro que ajuda no planejamento e na atuação do tratamento dos pés (STEBBINS et al., 2005).

Entre os sistemas hoje disponíveis comercialmente para realizar o registro da distribuição da pressão plantar, ou seja equipamentos de baropodometria podemos relacionar: *F-Scan System (Tekscan Inc)*, *EMED*, *Mikro EMED*, *Pedar (Novel GmbH)*, *Paromed (Parotec System)*, *Pedcad System*, entre outros, sendo o primeiro sistema citado, o mais divulgado no Brasil. Naturalmente, cada um destes sistemas para quantificar a distribuição da pressão plantar, baseia-se em distintos tipos de sensores, que apresentam diferentes resoluções no princípio da transdução do sinal e conseqüentemente, na confiança da medida, além de um custo elevado para a realidade brasileira (AMADIO; SACCO, 1999).

Além da distribuição da carga corporal sobre os pés é necessário realizar a classificação dos diferentes tipos de pés, através da mensuração do arco longitudinal medial com a finalidade de se obter um padrão de pés fidedigno.

Existem muitas controvérsias sobre a acessibilidade, maneira e manuseio para o estudo dos arcos plantares dos pés de crianças e adultos, especialmente com relação ao pé plano. Complicando o assunto, estão as numerosas e freqüentes medidas não padronizadas dos pés, em particular do arco longitudinal medial (GILMOUR; BURNS, 2001).

Historicamente as técnicas para classificação do arco são caras, técnicas invasivas de imagem e técnicas não invasivas que incluem fotograma dos pés, registro da sola dos pés e leitura da pressão plantar dos pés (GILMOUR; BURNS, 2001).

O registro da sola dos pés ou a análise da impressão plantar no papel é um método barato, simples e viável para estimar o arco longitudinal medial dos pés de crianças e adultos (KANATLI; YETKIN; CILA, 2001).

O crescimento humano se caracteriza por quatro fases nitidamente distintas; fase 1: crescimento intra-uterino, fase 2: primeira infância (nascimento aos 6 anos), fase 3: segunda infância (7 aos 10 anos), e fase 4: adolescência. Destas, há dois períodos de crescimento rápido o primeiro equivale à primeira infância e o segundo à adolescência (RODRIGUEZ et al., 1998). Considerando que o crescimento físico da criança, na segunda infância, mantém um ritmo lento sem grandes acelerações até o início da puberdade, idades entre 7 e 8 anos podem ser ideais para o estudo da distribuição da pressão plantar e da classificação do arco longitudinal medial dos pés.

1.1 ANATOMIA E BIOMECÂNICA DO TORNOZELO E PÉ.

A articulação do tornozelo é uma articulação sinovial em dobradiça, possui o aspecto de uma junta gíglimo, constituído pelas extremidades distais da tíbia (maléolo medial) e da fíbula (maléolo lateral) com o corpo do tálus.

A biomecânica normal do pé e tornozelo pode ser dividida dentro de componentes estático e dinâmico. As estruturas estáticas incluem os ossos, a superfície

articular congruente, ligamentos e fásia. Os componentes dinâmicos incluem a artrocinemática dos ossos tarsais e a função dos músculos (DONATELLI, 1985).

Uma cápsula fibrosa envolve completamente a articulação. A cápsula articular é fina e fraca na frente para permitir os movimentos de flexão (dorsiflexão) e extensão (flexão/plantar), mas é resistente nas laterais e reforçada por vários ligamentos colaterais, que são os principais responsáveis pela manutenção da estabilidade articular. A amplitude articular máxima do tornozelo é próxima de 90° de flexo/extensão.

Medialmente há o ligamento deltóide, um ligamento forte e triangular que fixa o maléolo medial, o navicular e o tálus. Lateralmente o ligamento colateral lateral é composto de três partes separadas, os ligamentos talofibulares anteriores e posteriores e o ligamento calcaneofibular. Estes ligamentos separados não constituem uma estrutura ligamentar tão forte quanto o ligamento deltóide, conforme evidenciado pelo fato de a maioria dos entorses de tornozelo comprometerem os ligamentos laterais (Figura 1).

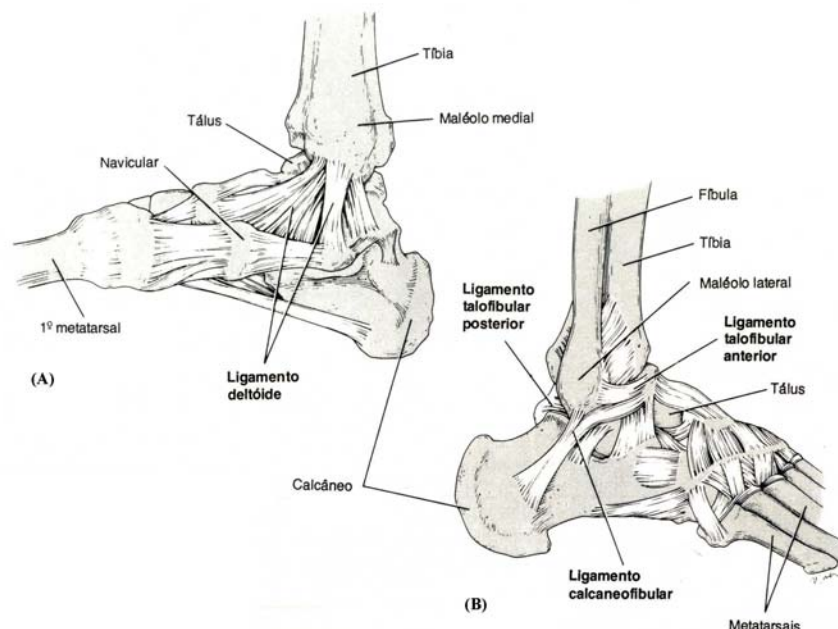


Figura 1- (A) Ligamentos da face medial do pé-ligamento deltóide (B) Ligamentos face lateral do pé (SPENCE, 1991).

O pé é um complexo sistema esquelético composto por 26 ossos de formato e dimensões diferentes; os quais podem ser classificados em 3 grupos: tarso, metatarso e falanges. Dos 26 ossos 7 são ossos tarsais, 5 metatarsais e 14 são falanges (Figura 2).

O pé pode ser dividido em três áreas: o retropé, o médiopé e o antepé. A parte posterior, retropé, é formada pelo tálus e pelo calcâneo responsável pelo contato inicial com o solo durante a marcha ou corrida; os outros 5 ossos do tarso (navicular, cubóide e os três cuneiformes) formam o médiopé, região que em padrão normal em pé não faz contato com o solo nem na corrida nem na caminhada, é a porção mais alta do arco longitudinal medial. Os metatarsos e as 14 falanges compõem o antepé, região que serve principalmente para resistir à compressão de cargas (RODRIGUEZ et al., 1998).



Figura 2- Ossos do pé (SOBOTTA, 1993).

Os ossos do pé são articulados entre si. As articulações podem ser divididas em cinco grupos: intertársicas, tarsometatársicas e intermetatársicas, metatarsofalangianas e interfalangianas. A ação combinada de várias dessas articulações permite ao pé os movimentos de adução e abdução e também o movimento do pé em torno do seu próprio eixo supinação e pronação. Na realidade, esses movimentos não ocorrem de maneira isolada e quando associados: flexão plantar, a adução e a pronação promovem o movimento de inversão, já a dorsiflexão, a abdução e a supinação promovem a eversão.

O pé normal adapta-se de modo ideal às suas funções de suporte de peso e locomoção. A borda lateral do pé é reforçada pelo osso e a borda medial é formada por um arco longitudinal que funciona como um amortecedor elástico ideal, mas pode também se tornar um sistema rígido de suporte de peso, para a propulsão do pé para frente. O peso do corpo normalmente é transmitido através do tornozelo para o corpo do tálus e depois é distribuído para o calcanhar e para as cabeças dos ossos do metatarso e suportado pelo arco longitudinal medial flexível (CORRIGAN; MAITLAND, 2000).

As articulações do pé precisam ser flexíveis para permitir essa função dos arcos e, ao mesmo tempo, permitir que o pé se adapte às irregularidades do solo. O pé precisa ser corretamente posicionado no solo e a posição que deve adotar, varia de acordo com o ângulo ou com a posição do membro inferior e com as alterações na inclinação e irregularidade do solo (CORRIGAN; MAITLAND, 2000).

Os músculos do pé são classificados como intrínsecos e extrínsecos. Os músculos intrínsecos estão localizados dentro do pé e os músculos extrínsecos, têm suas origens na região mais inferior da perna, como ilustra a Figura 3 (HENNING, 2003).

Os músculos intrínsecos têm sua função principal em ser uma fonte de força para manutenção do arco longitudinal e dar estabilidade aos ligamentos. Os músculos longos (extrínsecos) e seus tendões que passam pelo pé, têm sua função relacionadas basicamente com a locomoção e o suporte de carga. Nos ajustes de equilíbrio e de postura e em quase todos os movimentos coordenados do corpo os músculos intrínsecos e extrínsecos agem juntos, e são até certo ponto inseparáveis (RODRIGUEZ et al., 1998).

Quanto à ação, os músculos extrínsecos são divididos em inversores do pé (tibial anterior e tibial posterior); eversores do pé (fibular longo e fibular curto) e os dorsiflexores e hiperextensores dos dedos (extensor longo dos dedos, extensor longo do hálux e tibial anterior).

O pé deve desempenhar duas funções essenciais: conferir ao corpo estabilidade, enquanto se está em pé, mas também flexibilidade para assegurar a sua locomoção.

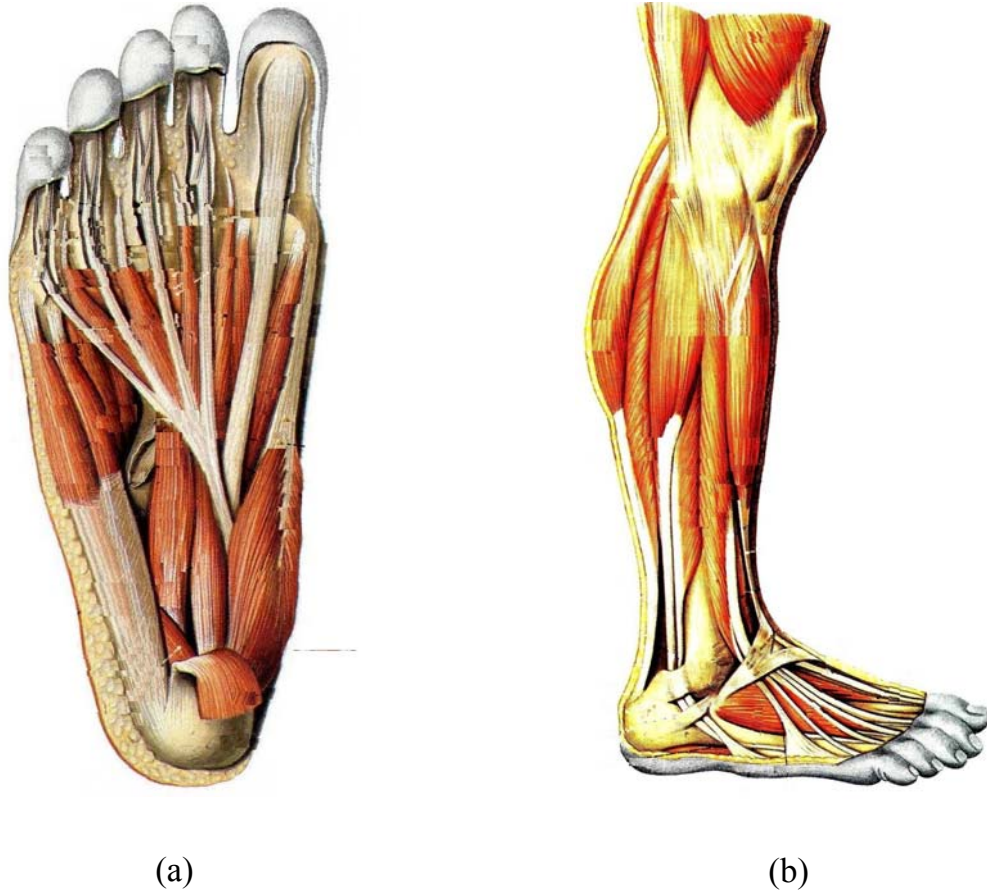


Figura 3- (a) Músculos intrínsecos dos pés (b) Músculos extrínsecos dos pés (SOBOTTA, 1993).

O efeito combinado do músculo, osso, ligamento e biomecânica normal do pé resultará na mais eficiente força de atenuação no membro inferior (DONATELLI, 1985).

Por outro lado, as deficiências anatômicas em toda a extremidade inferior podem resultar em alinhamento e padrões de movimentos anormais do pé e tornozelo; estes podem levar a estresses e sobrecarga excessivos sobre os tecidos moles e estruturas ósseas, dando origem a microtraumas cumulativos e dores músculo-esqueléticas, podendo afetar a função e levar à incapacidade (TOKARS et al., 2003).

1.2 MÉTODOS DE MEDIDA DAS FORÇAS DO CORPO HUMANO

Para entender melhor a complexidade do corpo e do movimento humano e explicar suas causas, a investigação em biomecânica torna necessária a aplicação simultânea de métodos de mensuração nas diversas áreas do conhecimento da ciência. Todo estudo biomecânico depende da determinação de grandezas mecânicas (quantitativas ou qualitativas), as quais podem ser interpretadas como propriedades do corpo humano em análise comportamental ou mesmo entendidas no processo de desenvolvimento passível de alterações (AMADIO; SACCO, 1999).

Para Denoth¹ (1986 apud AMADIO; SACCO, 1999), a alternativa encontrada para estimar as forças internas é através de modelos físicos e matemáticos, utilizando como dados de entrada, as medidas de forças externas e variáveis cinemáticas e antropométricas. Assim, a estimativa das forças internas exige a idealização do corpo humano, de maneira a tornar possível a estimativa das variáveis relevantes a partir de uma série de variáveis diretamente mensuráveis.

Segundo Amadio (1997) os métodos utilizados em biomecânica para abordar as diversas formas do movimento são: cinemetria, dinamometria, antropometria e eletromiografia.

Através da cinemetria o estudo biomecânico de Muller² (1992 apud AMADIO; SACCO, 1999) apresenta um relato sobre a natureza dos principais procedimentos de medição de pressão plantar: registro da impressão plantar, registros ópticos, acústicos, pneumáticos, hidráulicos, indutivos, piezoelétricos, capacitivos e resistivos.

Henning (2003) afirma que apenas mais recentemente, a disponibilidade de transdutores de força mais baratos e sistemas de aquisição de dados modernos

¹ DENOTH, J. **Lord on the locomotion system and modelling**. Hunam kinetics publishers, 1986. apud AMADIO, A.C.; SACCO, I.C.N. Considerações metodologias da biomecânica para a avaliação da distribuição da pressão plantar. *Jornal Multidisciplinar do Diabetes e das Patologias Associadas*. n.1, p 42-48,1999.

² MUELLER, N. **Untersuchungen zur verbesserung der mebgenuigkeit einer resistiven. Druckverteilungsmebsohle**. 1992. apud AMADIO, A.C.; SACCO, I.C.N. Considerações metodologias da biomecânica para a avaliação da distribuição da pressão plantar. *Jornal Multidisciplinar do Diabetes e das Patologias Associadas*. n.1, p 42-48,1999.

permitem a construção de vários sistemas de medida de distribuição de pressão plantar. Atualmente a tecnologia de transdutores para os dispositivos de distribuição de pressão são baseados nos princípios capacitivos, piezoelétricos e resistivos. Todos os métodos são baseados nos efeitos das propriedades elétricas dos sensores, causadas pela deformação mecânica que ocorre desse material. Entretanto, a resposta elástica da deformação do material desempenha um papel maior para a qualidade de um transdutor.

As plataformas de força que utilizam algumas dessas tecnologias medem a força de reação do solo, que são as forças exercidas abaixo da área do pé, a partir da qual os dados sobre o centro de pressão são calculados. O centro de gravidade (CG) do corpo é diferente do centro de pressão (CP); o centro de gravidade é a localização do centro da massa (CM), já o centro de pressão é a localização da reação da força vertical do solo na plataforma de força, e é igual e oposta a todas as forças que agem de cima para baixo (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003).

1.3 CLASSIFICAÇÕES DO ARCO LONGITUDINAL MEDIAL ATRAVÉS DA IMPRESSÃO PLANTAR

Staheli et al. (1987) discutem o significado da forma do arco longitudinal dos pés e citam o quanto esse assunto é controverso na literatura. O arco baixo ou pé plano tem sido visto tradicionalmente como indesejável, embora Harris e Beath³ (1948 apud STAHELLI et al., 1987), em um estudo realizado com 3500 recrutas do exército Canadense, tenham descrito os arcos plantares baixos como ‘o contorno normal de um pé forte e estável’, mais precisamente do que o resultado da fraqueza na estrutura do pé ou fraqueza dos músculos que o movimentam.

³ HARRIS, R.I.; BEATH, T. **Hypermobile flat-foot with short tendo achillis**. The Journal of Bone and Joint Surgery, Boston, v.30, p.116-140, jan. 1948 apud STAHELLI, L.T et al. The longitudinal arch. The Journal of Bone and Joint Surgery, Boston, v.69, n.3, p.426-428, mar. 1987.

Para Asher (1975) a maior contribuição da impressão plantar talvez seja a possibilidade de um acompanhamento sistemático da evolução dos diferentes tipos de pés através de uma pesquisa longitudinal, ou seja, uma pesquisa que acompanhe ao longo do tempo o crescimento e desenvolvimento da criança nas suas diferentes fases percebendo as variações normais e as possíveis evoluções patológicas.

Além da discussão sobre o significado real da forma do arco longitudinal, Gilmour e Burns (2001) atentam para as controvérsias que envolvem os parâmetros de classificação do arco longitudinal medial e as diferentes técnicas de aquisição do arco longitudinal medial que são numerosas e não apresentam padronização.

Hawes⁴ (1992 apud GILMOUR; BURNS, 2001) investigou as diferentes técnicas de impressão plantar e as comparou com a medida direta da altura do arco plantar, relatou não haver relação entre elas, concluindo que a impressão plantar não é apropriada para estimar a altura do arco longitudinal medial.

Já para Cavanah e Rogers (1987b) o exame da impressão plantar oferece a possibilidade de uma avaliação indireta sobre o arco longitudinal medial.

A impressão plantar em papel é uma técnica simples e prática para uma rotina clínica e quando combinada com a evolução clínica dos pés, é um método eficiente para documentar as configurações dos pés (STACHELI et al., 1987; KANATLI; YETKIN; CILA, 2001).

Das muitas técnicas para mensurar os achados da impressão plantar estão: classificação do ângulo do arco, classificação da impressão plantar, classificação do comprimento do arco, classificação do arco listrado, dentre outras, todas medidas complicadas (KANATLI; YETKIN; CILA, 2001).

Do levantamento bibliográfico realizado para o presente estudo, verificou-se que os métodos de classificação do arco plantar mais utilizados e citados atualmente são: a classificação plantar descrita por Staheli et al. em “The longitudinal arch” (1987) e a

⁴ HAWES, M. R. **Footprint parameters as a measure of arch height.** Foot Ankle, v. 13, n. 1, p. 22-26, 1992 apud. GILMOUR, J.C.; BURNS, Y. The measurement of the longitudinal arch in children. Foot e Ankle International. v.22, n.6, june 2001.

descrita por Cavanagh e Rodgers em “The arch index: a useful measure from footprints” (1987b).

Kanatli, Yetkin e Cila (2001) optaram pelo método descrito por Staheli et al. (1987) por acharem simples e reproduzível, já Gilmour e Burns (2001) optaram pelo método descrito por Cavanagh e Rodgers (1987b) por entenderem que é uma técnica segura, com medidas objetivas e claramente definidas.

A pesquisa realizada por Staheli et al. (1987) estudou 441 sujeitos normais de um ano de idade a até mais setenta anos de idade, os quais, foram divididos em grupos. Esses sujeitos não apresentavam qualquer histórico clínico ortopédico. Esse estudo se propôs a definir um padrão da média normal do arco longitudinal medial dos pés, e para mensurá-lo eram medidas a largura do apoio da região do arco plantar (A) e a largura da área do calcâneo (B) (Figura 4). O cálculo desse método é feito dividindo a largura do arco pela largura do calcâneo.

$$\frac{A}{B}$$



Figura 4- Método de classificação do arco plantar descrito por Staheli et al., (1987).

A pesquisa realizada por Cavanagh e Rogers (1987b) avaliou 107 sujeitos de ambos os sexos com idade média de 30 anos, sem queixas de dores nos pés, a impressão plantar foi obtida na posição em pé e determinou assim os parâmetros de classificação dos arcos plantares.

O estudo propôs uma técnica mais elaborada onde um eixo longitudinal foi desenhado do centro do calcanhar até o centro do segundo dedo, correspondendo a linha k e j; em seguida duas linhas perpendiculares foram desenhadas, uma na base do calcanhar e a outra na base da região anterior do pé, excluindo-se os dedos, que também não são considerados nessa técnica. A distância entre essas linhas é representada por L, que foi dividida em três partes iguais, representadas pelas áreas A, B e C (Figura 5).

Essa técnica foi testada previamente através das impressões plantares de 10 sujeitos na posição em pé, na caminhada e na corrida em dois dias consecutivos, as impressões plantares obtidas foram distribuídas entre alguns examinadores, apresentando alta correlação de concordância entre os valores obtidos por eles, demonstrando ser uma técnica de medida segura.

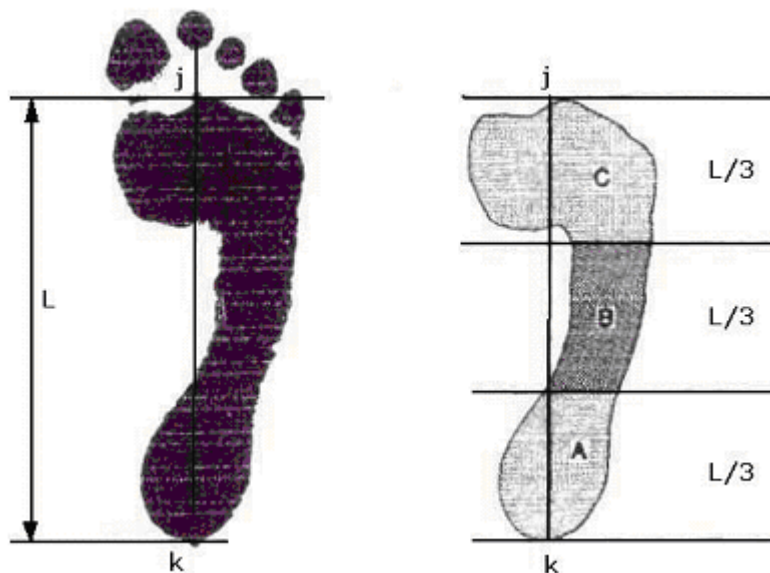


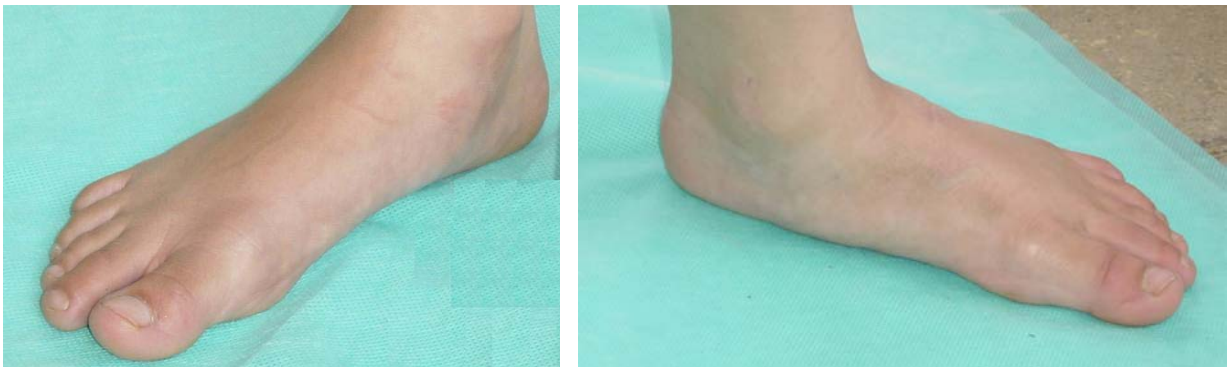
Figura 5- Método de classificação do arco plantar descrito por Cavanagh e Rodgers, (1987b).

O cálculo para determinação da classificação do arco plantar é demonstrado na equação (1) abaixo:

$$\frac{B}{(A + B + C)} \quad (1)$$

onde: A representa a área da região posterior do pé (retropé), B a área da região medial do pé (mediopé) e C a área da região anterior do pé (antepé).

Os indivíduos podem ser classificados de acordo com a altura do arco plantar, nos seguintes tipos de pés: normal, cavo ou com o arco medial alto, plano ou com arco medial diminuído, segundo os diferentes parâmetros existentes conforme ilustra a Figura 6.



(a)

(b)



(c)

Figura 6- (a) Foto escaneada de um pé normal (b) Foto escaneada de um pé plano (c) Foto escaneada de pé cavo.

1.4 DESENVOLVIMENTO E DEFORMIDADES DOS PÉS

Para Churgay (1993), nas crianças, os membros inferiores têm uma variação extremamente ampla do normal, incluindo pés calcâneo-valgos, metatarsos aduzidos, e pés planos. Segundo Gore e Spencer (2004), o exame dos pés é um componente essencial para compreender a evolução do recém-nascido; a detecção precoce de um problema nos pés pode determinar o sucesso e a aprovação de um tratamento ortopédico proposto, quando necessário.

A articulação do tornozelo deve ter mobilidade em seus planos de movimento com boa flexibilidade. A rigidez, as assimetrias e a falta de mobilidade devem ser cuidadosamente observadas.

Para Staheli et al. (1987), e outros autores a configuração do arco plantar é determinada pela idade e pela genética, embora se esclareça que nenhum trabalho tenha sido realizado com uma amostra suficientemente larga em tamanho e ampla na idade para estabelecer um padrão de variação dos valores normais. Isto vem sendo confirmado atualmente por Gilmour e Burns (2001).

Até quatro anos de idade, o pé da criança tem um grau maior de mobilidade que o pé do adulto, devido à maior elasticidade ligamentar. Este fato, aliado ao alargamento da base de sustentação da criança que facilita a queda do calcâneo em valgo e ao músculo tibial posterior, que é fraco até esse momento, fica com a sua força ainda mais diminuída pelo desvio sofrido por sua inserção, o calcâneo, sua função de sustentar o arco desaparece. Esses fatores são fisiológicos e, portanto, o pé plano postural também é fisiológico nessa idade (BRUSCHINI, 1998).

Logo no início da marcha, a criança mantém os pés afastados e pronados; desta forma, a superfície plantar está em contato com o solo, denotando uma frouxidão ligamentar característica da idade. À medida que a criança cresce, melhora o seu equilíbrio e diminui a frouxidão ligamentar, o arco longitudinal medial começa a se

formar, de modo que, na idade escolar (segunda infância) e adolescência, tenhamos um formato de pé próximo ao do adulto (RODRIGUEZ et al.,1998).

Na verdade, o arco longitudinal medial já existe desde o nascimento, mas pelos motivos já citados, ele desaparece no início da marcha até os três anos de idade, devendo se formar definitivamente a partir dos quatro anos (BRUSCHINI, 1998).

1.4.1 PÉS PLANOS

Segundo Rose, Welton e Marshal (1985), o termo pé plano é comumente usado tanto para descrever uma mistura de variações anatômicas normais como para um pequeno núcleo de condições patológicas. Trata-se de um termo pouco preciso para discernir entre um pé com baixo arco plantar medial normal e um pé com desestrutura osteoligamentar e muscular significativa.

Para Barry e Scranton⁵ (1983 apud CHURGAY, 1993) e Sass e Hassan (2003) o pé plano é extremamente comum na infância.

O tecido adiposo existente normalmente na borda medial dos pés das crianças favorece ainda mais esse fato e o desenvolvimento do arco longitudinal medial só ocorre intensamente a partir dos três ou quatro anos de idade, isso dificulta ainda mais o diagnóstico diferencial do pé plano.

Segundo Wenger e Leach⁶ (1986 apud. CHURGAY, 1993) e Lin et al (2001) o fator etiológico mais comum no pé plano é a frouxidão ligamentar, que foi comprovado ceder na região do mediopé quando, o sujeito está em pé, sustentando o peso corporal. Na frouxidão ligamentar importante, as crianças têm associado uma

⁵ BARRY, R. J.; SCRANTON, P. E. **Flat feet in children**. Clinical Orthopaedics Rel Res, v. 181, p. 68-75, 1983 apud CHURGAY, C. A. Diagnosis and treatment of pediatric foot deformities. American Family Physican. v. 47. n.4, p.883, march, 1993.

⁶ WENGER, D. R.; LEACH, J. **Foot deformities in infants and children**. Pediatrics Clinical North American, v. 33, p. 1411-27, 1986. apud CHURGAY, C. A. Diagnosis and treatment of pediatric foot deformities. American Family Physican. v. 47. n.4, p.883, march, 1993.

hiperextensão dos dedos, cotovelo, e joelhos assim como histórico familiar de pés planos e frouxidão ligamentar. A Figura 7 mostra duas variações de pés planos.

O pé plano flexível ou pé plano postural é aquele que mantém um baixo arco plantar quando a criança está em pé sustentando o próprio peso corporal, mas forma um bom arco medial quando é solicitado à ela, a extensão dos dedos dos pés ou quando um dos pés é suspenso em um apoio unipodal. O calcâneo rola para posição varo (desvio medial) e a força e resistência do tornozelo e músculos dos pés são assegurados formando o arco plantar (Wenger; Leach⁷,1986 apud CHURGAY, 1993).



Figura 7- (a) Pé plano (b) Pé plano com desabamento ósseo.

Pé plano postural ou como vulgarmente é chamado “pé chato”, é uma deformidade que provoca um enorme desperdício de energia e quase sempre leva a outras alterações posturais ascendentes (BRUSCHINI, 1998). Pode ser secundário a algumas outras patologias como a coaptação do calcâneo, distrofia muscular, paralisia cerebral, dentre outros (CHURGAY, 1993).

Os apoios dos pés no chão condicionam toda a estática (postura). Não há boa estática sem bons apoios, sejam as deformidades dos pés causa ou conseqüência da estática deficiente (BIENFAIT, 1993). Essa afirmação traz o conceito de globalidade do corpo humano que considera o sistema músculo-aponeurótico como um elemento

⁷ WENGER, D. R.; LEACH, J. **Foot deformities in infants and children**. Pediatrics Clinical North American, v. 33, p. 1411-27, 1986. apud CHURGAY, C. A. Diagnosis and treatment of pediatric foot deformities. American Family Physican. v. 47. n.4, p.883, march, 1993.

elástico que transmite, coordena e distribui as tensões pelo esqueleto passivamente móvel; esse sistema é ainda o elemento motor que realiza essas tensões (contrações musculares).

Trata-se de uma interrelação complexa que possibilita inúmeros padrões posturais diferentes, quase que individualmente. Como exemplo, será descrito um dos mecanismos biomecânico da retração do sóleo. Quando a tíbia é mantida em rotação externa pela retração do sóleo, essa rotação relaxa o tibial posterior que recupera embaixo a tensão que perde em cima, deixando o pé partir em valgo, o navicular em rotação externa e o cubóide em rotação interna, ou seja, permite o desabamento do arco plantar. A rotação tibial externa é a responsável pela maioria dos pés valgos e dos pés planos flexíveis (BIENFAIT, 1993).

Lin et al (2001), concluiu, em seu estudo, que o pé plano flexível não deve ser visto somente como um problema estático de tornozelo de um pé complexo mas, também como uma anormalidade da dinâmica funcional dos membros inferiores. Comenta também, que ainda não está claro se o pé plano flexível pode evoluir ou não para um pé plano rígido doloroso.

O pé plano rígido doloroso é raro e é comumente atribuído a traumas, infecção oculta, malformação óssea, coalisão tarsal, tumores ósseos, osteocondrose de tálus e navicular e outras disfunções (SASS; HASSAN, 2003).

Segundo Staheli et al. (1987), o pé plano rígido ou estruturado usualmente, mostra certo enrijecimento e freqüentemente causa desabilidade motora e em muitos casos requerem tratamento cirúrgico.

Os exames de Rx não são obtidos regularmente para o diagnóstico dos pés planos flexíveis, mas são freqüentemente utilizados no exame dos pés rígidos dolorosos como referencial da evolução e da conduta a ser adotada pelo ortopedista.

O tratamento do pé plano flexível é controverso. No passado eram corrigidos modificando os calçados com palmilhas ortopédicas corretivas para estimularem a

formação dos arcos. Em 1980, Staheli e Giffin⁸ (1980, apud CHURGAY, 1993), divulgaram uma pesquisa e comprovaram pela primeira vez que a correção nos sapatos não era recomendada, pela maioria dos pediatras e cirurgiões ortopedistas pediátricos para as deformidades dos membros inferiores.

Em 1989, Wenger e Leach⁹ (1989 apud CHURGAY, 1993), em um estudo com 129 crianças com pés planos posturais, confirmaram que os tratamentos propostos com a correção nos sapatos não apresentaram qualquer benefício.

Entretanto, Aharoson et al¹⁰ (1992 apud LIN et al, 2001), perceberam em sua pesquisa, que corrigindo o valgismo do calcâneo através de uma palmilha com uma cunha na porção medial do calcâneo, ela restaurou o arco longitudinal e normalizou a distribuição da pressão plantar com as crianças na posição em pé.

Algumas recomendações são feitas na tentativa de se amenizar as alterações do pé plano flexível: a prática regular de esportes sem impacto e o uso de calçados (tênis de preferência) bem apertados. Calçados especiais somente para as crianças que gastam rapidamente a sola para evitar deformações irregulares nos sapatos que podem ser gastos em poucas semanas (CHURGAY, 1993).

1.4.2 PÉ CAVO

O pé cavo é a deformidade que apresenta um aumento do arco longitudinal medial. Esse aumento quando muito acentuado faz a parte média do pé perder totalmente o contato com o solo, transformando o arco em um verdadeiro túnel. O pé só apresenta apoio em antepé e retropé (Figura 6-c).

⁸ STABELLI, L. T.; GRIFFIN, L. **Corrective shoes for children: a survey of current practice.** Pediatrics, v. 65, 13-7, 1980 apud CHURGAY, C. A. Diagnosis and treatment of pediatric foot deformities. American Family Physician. v. 47. n.4, p.883, march, 1993.

⁹ Ibid, p. 32.

¹⁰ AHARONSON, Z. et al. **Foot-ground pressure pattern of flexible flatfoot in children, with and without correction of calcaneovalgus.** Clinical Orthopaedics, v. 278, p. 177-82, 1992. apud LIN, C. H. et al. Development of a quantitative assessment system for correlation analysis of footprint parameters to postural control in children. Physiological Measurement. v.27, p.119-130, 2006.

É uma patologia que tem seu início por volta dos quatro ou cinco anos de idade, aumentando sua incidência com o avançar dos anos até próximo da puberdade, exatamente o inverso do que ocorre com o pé plano.

Sua etiologia está dividida em três grupos de acordo com as estruturas afetadas: origem neurológica, com predominância do fator paralítico como os pés cavos poliomiélicos ou com predominância do fator espástico como os da espinha bífida; de origem secundária a alterações osteoarticulares, como o pé cavo congênito, por seqüela de traumatismo; de origem secundária a retrações de partes moles, pé cavo por cicatrizes retráteis na planta do pé ou por lesão vascular.

São causados e mantidos por desequilíbrios das musculaturas que atuam nos pés, tanto por músculos intrínsecos dos pés como os lumbricais e interósseos quanto por músculos extrínsecos dos pés como tibial posterior, fibulares e tríceps sural. As estruturas estáticas os ossos, a superfície articular congruente, ligamentos e fáscia reforçam a deformidade mantendo seu posicionamento independente da ação muscular.

O tratamento do pé cavo está indicado para os casos sintomáticos e com grande deformidade, de acordo com a idade do paciente e a gravidade da alteração. Nas crianças o tratamento deve ser clínico, que consiste em deambular descalço em superfícies duras e lisas, subir de frente e descer de costas aclives, exercícios passivos feitos pelos pais, para promover o alongamento dos músculos e de fáscia plantar. Nos adolescentes, além de utilizar os métodos citados, é associado o uso de palmilhas às medidas antiálgicas, como fisioterapia e medicação antiinflamatória.

1.5 ALTERAÇÕES ORTOPÉDICAS DOS MEMBROS INFERIORES

Os defeitos torcionais da marcha, os desvios angulares dos joelhos e da tibia, o pé plano, o pé cavo, o joanete e outras afecções correlatas são determinados por um

fator hereditário e por múltiplos fatores ambientais, tais como posição intra-uterina, hábitos de dormir, de sentar e de brincar, obesidade e distúrbios de comportamento, uso de calçados e práticas de esportes ou de danças.

O ângulo que o pé faz com a linha média do corpo, gira em torno de 15° , ou seja, os pés formam entre si um ângulo de aproximadamente 30° durante a marcha normal (BRUSCHINI, 1998).

A “marcha de periquito” (padrão dos pés para dentro) é causada por três tipos de deformidades: metatarso aduzido, torção interna tibial e aumento da anteversão femural. A torção interna tibial afeta igualmente meninos e meninas e é freqüentemente assimétrica afetando mais o lado esquerdo que o direito.

Acredita-se estar associado à posição intrauterina, à posição de dormir em prono e sentar-se sobre os pés, resultando em marcha com as patelas para frente e pés com desvios internos (voltados para dentro). Em 90 por cento dos casos, as torções internas da tibia são gradualmente resolvidas, são vista no início da aquisição da marcha e vai se corrigindo naturalmente com o crescimento da criança até os oito anos de idade.

Evitar dormir em prono e sentar-se sobre os pés, favorece a resolução da torção. Tratamento com splint noturno e correção nos sapatos são desnecessários e não são efetivos. A persistência desse padrão é causada freqüentemente pela anteversão femural e é quase sempre simétrica (SASS; HASSAN, 2003).

A anteversão femural é uma posição normal do fêmur que apresenta uma rotação medial ao longo do seu próprio eixo, ao nascimento. O aumento dessa anteversão freqüentemente tem histórico familiar, é bilateral e afeta mais meninas que meninos, resultando em patelas convergentes e pés para dentro e marcha desastrada. A criança pode estar sujeita a tropeços pelo cruzamento dos pés e apresenta forte tendência a sentar em “W” (quadril entre os pés que estão para trás).

O exame físico revela aumento da rotação interna de quadril acima dos 90° e diminuição da rotação externa. O aumento da anteversão femural é usualmente diagnosticado depois dos três anos de idade, entre os quatro e seis anos; a resolução

espontânea ocorre em mais de 80 por cento dos casos na segunda infância. O tratamento não operatório é ineficiente, esse quadro pode levar a outras complicações e as cirurgias são freqüentemente indicadas (SASS; HASSAN, 2003).

A “marcha de Carlitos” (padrão dos pés para fora) é causada pela retroversão do fêmur. A retroversão femural é comumente vista no início da infância e é causada pela rotação externa e contratura do quadril secundário a posição intrauterina, é mais comum em crianças obesas podendo ser bi ou unilateral. Neste caso, acomete mais o lado direito que o esquerdo. Começa a aparecer na fase pré marcha e os pés chegam a desviar quase 90° para fora. Ao exame físico apresenta aumento da rotação externa de quadril em torno de 90° e diminuição da rotação interna.

A melhora deve ocorrer no primeiro ano de marcha, a persistência deve ser acompanhada de perto por um ortopedista, pois seu prognóstico está ligado a osteoartrose, aumento do risco de fratura por stress e desalinhamento da cabeça do fêmur da sua epífise. Somente o tratamento cirúrgico corrige esta alteração (SASS; HASSAN, 2003).

A torção externa da tíbia é usualmente vista entre os quatro e sete anos de idade, é freqüentemente unilateral e mais comum do lado direito. A tíbia roda lateralmente com o crescimento, fazendo com que a torção externa da tíbia piore. O tratamento não operatório é ineficiente, mas a cirurgia (osteotomia) é complicada, a indicação está reservada para deformidades severas acima de 40° com instabilidade patelofemural e dor (SASS; HASSAN, 2003).

Os desvios angulares dos joelhos e das tíbias são: joelhos varos, joelhos valgos e tíbias varas. O joelho varo, é normal no recém-nascido e corrige-se espontaneamente nos primeiros dois anos de vida. Trata-se de um arqueamento para fora, dos joelhos e envolve o alinhamento do fêmur e da tíbia. Vários autores ressaltam que essa deformidade é maior entre os 14 e 36 meses de vida, contudo devem-se afastar outros fatores decorrentes de patologias osteoarticulares de natureza genética ou sistêmica (BRUSCHINI, 1998).

O joelho varo fisiológico deve ser diferenciado das deformidades conseqüentes à infecção, ao trauma, aos desequilíbrios musculares existentes na paralisia cerebral, às diversas formas de raquitismo, às condrodisplasias metafisária e principalmente da tibia vara de Blount.

Outro fator é a obesidade infantil, o peso atuando sobre a região comprometida é a principal causa de progressão do varismo tibial, que pode variar de 10° a 60°. Os tratamentos dessa afecção são; o uso de órteses noturnas complementadas por palmilhas em calçados apropriados; o tratamento cirúrgico fica reservado aos casos mais graves (BRUSCHINI, 1998).

O desenvolvimento do alinhamento dos joelhos que ao nascimento é varo, a partir dos dois anos de idade o joelho varo fisiológico vai se realinhando passando a um valgismo fisiológico. Em torno dos três anos de idade o valgismo dos joelhos se encontra por volta dos 10°. Após os sete anos de idade, somente 2% das crianças apresentam um valgismo significativo.

O limite da normalidade do valgo é de 10° ou mais de 10 cm de distância intermaleolar. Acima desses limites na criança com mais de sete anos, deformidade unilateral, deformidade progressiva, criança com sobrepeso corporal e assimetrias do alinhamento dos membros sugerem um acompanhamento mais intenso.

A criança com valgismo fisiológico normal tem um comportamento físico normal. Nos casos mais acentuados a criança se queixa de cansaço nas pernas e principalmente na corrida, bate um joelho no outro. Os pés se encontram mais afastados que o normal para manter o equilíbrio do corpo e percebe-se também, o aumento da pronação dos pés.

Há uma variedade enorme de causas que desencadeiam o valgismo anormal da criança como a fratura da metáfise proximal da tibia sem desvio, displasia fibrosa, hemofilia, raquitismo, insuficiência renal crônica, osteogênese imperfeita, tumores ósseos, amiotrofias como espinha bífida oculta, artrite reumatóide e outras patologias.

1.6 CONTROLE POSTURAL NORMAL

Nos seres humanos a habilidade para manter o equilíbrio na posição vertical, depende da interação da organização sensorial e da coordenação motora, ou seja, do sistema neurológico e biomecânico (sistema musculoesquelético) (Wrisley et al¹¹, 2004 apud LIN et al., 2006).

O controle postural envolve o controle da posição do corpo no espaço, para o objetivo duplo de estabilidade e orientação. A orientação postural é definida como a capacidade de manter a relação entre os segmentos do corpo e entre o corpo e o ambiente, para uma determinada tarefa (Horak; Macpherson¹² 1996 apud SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003).

A estabilidade postural é a capacidade de manter o corpo em equilíbrio. Um corpo está em equilíbrio quando se encontra em repouso (equilíbrio estático) ou em movimento (equilíbrio dinâmico). A estabilidade postural, ou equilíbrio são definidos como a capacidade de manter o centro de massa projetado dentro dos limites da base de apoio, denominados de limites da estabilidade. Os limites da estabilidade não são fixos e mudam de acordo com a tarefa, a biomecânica individual e os diversos aspectos do ambiente.

O controle da postura vertical imóvel tem demandas restritas de estabilidade postural. A postura vertical imóvel é caracterizada por pequenas inclinações posturais espontâneas (KENDALL, 1995).

Diversos fatores contribuem para nossa estabilidade nesta situação. Primeiro, o alinhamento do corpo pode minimizar os efeitos das forças gravitacionais que tendem

¹¹ WRISLEY, D. M. et al **The effect of foot position on the modified clinical test of sensory interaction and balance.** Arch. Phys. Med. Rehabil., v. 6, p. 335-8, 2004. apud LIN, C. H. et al. Development of a quantitative assessment system for correlation analysis of footprint parameters to postural control in children. Physiological Measurement. v.27, p.119-130, 2006.

¹² HORAK, F. B.; MACPHERSON J. M. **Postural orientation and equilibrium.** Phys. Ther., v. 69, p. 255-60, 1996. apud SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.H. Controle Postural. In: ___. **Controle Motor: teoria e aplicações práticas.** São Paulo: Manole, 2ªed. 2003.

a nos deslocar do nosso centro. Em segundo lugar, o tônus muscular evita que o corpo entre em colapso em resposta à ação da força da gravidade.

Três fatores principais contribuem para com o tônus muscular básico durante a postura vertical, a rigidez intrínseca dos próprios músculos, o tônus muscular básico que existe normalmente por causa das ações neurais, assim como o tônus postural e a ativação dos músculos antigravitacionais durante a postura imóvel (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003).

Não apenas os músculos do tronco estão tonicamente ativos para manter o corpo em uma posição ereta como durante a posição vertical imóvel. Uma vez que o centro de massa se desloca para fora da estreita amplitude da base de apoio, mais esforço muscular é exigido para recuperar a posição estável. Nessa situação, estratégias de compensação são usadas para voltar o centro de gravidade a uma posição estável, dentro da base de sustentação.

Uma suposição tradicional, em relação às medidas do centro de pressão (CP), era que a eficácia do sistema do controle postural para a conservação do equilíbrio estava diretamente associada à amplitude de deslocamento do CP. Se de um lado, os movimentos de amplitude reduzida do CP refletem um controle bom do equilíbrio, por outro lado os deslocamentos amplos do CP refletem um controle ruim do equilíbrio. Esse conceito foi apoiado por inúmeros estudos, mas essa regra tem diversas exceções e este conceito vem sendo questionado atualmente (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003).

No processo de orientação vertical, utilizamos referências sensoriais, incluindo a gravidade (sistema vestibular), da superfície de apoio (sistema somatossensitivo) e da relação do nosso corpo com os objetos existentes no ambiente e do próprio ambiente (sistema visual).

O controle postural para a estabilidade e orientação requer uma integração complexa entre os sistemas musculoesquelético e nervoso. Os componentes musculoesqueléticos incluem elementos como amplitude de movimento das

articulações, flexibilidade da coluna, propriedades musculares (capacidade de gerar força, elasticidade) e relações biomecânicas entre segmentos corpóreos unidos. Os componentes neurais essenciais para o controle postural, envolvem processos motores, incluindo sinergia da resposta muscular, processos sensoriais, abrangendo os sistemas visual, vestibular e somatossensitivo, e processos de integração de nível superior, essenciais para mapear a sensação para a ação e garantir os aspectos de antecipação e adaptação do controle motor (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003).

As informações oriundas do sistema vestibular também são fontes poderosas de dados para o controle postural. O sistema vestibular fornece informações sobre a posição e os movimentos cefálicos em relação às forças da gravidade e da inércia, oferecendo uma estrutura de referência gravitacionária para o controle motor. O sistema vestibular possui dois tipos de receptores, que sentem diferentes aspectos da posição e movimentação cefálica; os canais semicirculares percebem a aceleração da cabeça, são particularmente sensíveis, aos movimentos rápidos, como escorregões e tropeços, os canais otólitos sinalizam a posição e a aceleração lineares e respondem aos movimentos cefálicos lentos.

Há muito se sabe que a ativação das informações cutâneas da sola dos pés causam uma reação de posicionamento, que resulta na extensão automática do pé na direção da superfície de apoio aumentando assim o tônus postural dos músculos. As informações somatossensitivas do pescoço, ativadas por alterações na orientação cefálica, também podem influenciar a distribuição do tônus postural no tronco e nos membros. Esses foram denominados reflexos tônicos do pescoço.

As informações dos sistemas visual e vestibular também influenciam o tônus postural. As informações vestibulares, ativadas por uma alteração na orientação cefálica, modificam a distribuição do tônus postural no pescoço e nos membros, denominada reflexos vestibulo-colico e vestibulo-espinhal (SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003).

2 OBJETIVOS

- Essa pesquisa tem por objetivo perceber se há um padrão de pé definido no início da segunda infância.
- Realizar um levantamento da distribuição das forças plantares em escolares.
- Mensurar o arco longitudinal medial e assim classificar os tipos de pés.
- Correlacionar a distribuição das forças plantares com os tipos de pés.

3 METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Trata-se de um estudo transversal, envolvendo alunos da rede pública municipal da 1ª série do ensino fundamental da cidade de Guaratinguetá. Esse estudo foi realizado com os alunos da Escola Municipal de Ensino Fundamental Prof. Alcina Soares Novaes, rua Princesa Isabel nº 1030, bairro Coab – Bandeirates, escolhida dentre outras escola pela proximidade com a Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, onde foi realizada parte da aquisição de dados.

A Escola Prof. Alcina Soares Novaes atende aos alunos de 1ª a 8ª série do ensino fundamental, contando com cerca de 800 alunos/ano nos três períodos diários.

A cidade de Guaratinguetá se localiza a 174 Km da cidade de São Paulo, sendo uma importante cidade do Vale do Paraíba região, possui uma área territorial em torno de 750 Km² com pouco mais de 110.000 habitantes. Sua economia é em grande parte voltada para agricultura e pecuária.

Foram incluídas crianças de ambos os sexos da 1ª série do ensino fundamental. Os pais ou responsáveis pelos alunos concordaram, através do Termo Livre e Esclarecido e da Carta de Informação ao Sujeito da Pesquisa, que seus filhos participassem deste estudo (Apêndices A e B).

Foram excluídas crianças com problemas ortopédicos e/ou neurológicos e que tivessem sido submetidas a cirurgias ortopédicas, sendo estes os únicos critérios de exclusão desta pesquisa.

As crianças foram encaminhadas em grupos de 10 alunos por vez, em veículo do próprio *campus* da UNESP de Guaratinguetá, sempre acompanhadas de uma

funcionária contratada da escola com a qual eles tinham proximidade, e que colaborava com os procedimentos do estudo.

Estando no *campus* da FEG as crianças foram levadas até a Unidade de Assistência Médica, Odontológica e Social (UNAMOS) onde foram pesadas e medidas quanto à altura por um profissional da própria unidade, em uma balança antropométrica da marca Welmy, com precisão de 100 gramas para o peso e 0,5 cm para altura. Os pesos foram obtidos em kg e as alturas em metros.

Finalizando esta etapa, as crianças foram acompanhadas ao Laboratório do Departamento de Mecânica no mesmo *campus*. Os equipamentos para a aquisição dos dados da baropodometria foram colocados em uma sala de aula ampla, segura (sem outros equipamentos) e organizada para permitir outras atividades para as crianças enquanto elas se revezavam no processo de aquisição de dados.

Antes de iniciar os testes, os dados de calibração correspondentes a cada sensor eram adicionados. O escolar permanecia à frente das plataformas, posicionando os pés sobre elas. Iniciada a coleta, ele levantava-se e permanecia sobre as plataformas durante 20 segundos e em seguida sentava-se novamente. Para cada quatro sensores as medidas da força plantar foram realizadas três vezes seguidas para todas as crianças, sendo o equipamento zerado todas as vezes antes de se iniciar a próxima medida (Figura 8).

Finalizada a coleta da atividade baropodométrica dos escolares, eles foram submetidos à realização da coleta das suas impressões plantares para a classificação de seus arcos plantares. Essa etapa foi realizada na própria escola por não haver necessidade de se utilizar qualquer equipamento específico do laboratório do Departamento de Mecânica.



Figura 8- Demonstração da disposição dos equipamentos no laboratório (TEODORO, 2006).

Para a coleta das impressões plantares, os pés das crianças foram pintados com auxílio de um rolo pequeno embebido com tinta guache de cor verde bandeira dissolvida em água. Foi solicitado a eles, que ficassem em pé sobre uma folha de papel sulfite, cor branca, tamanho A3 e que permanecessem alguns segundos sobre ela e em seguida se sentassem; a folha foi retirada com cuidado do contato com os pés e a impressão plantar obtida.

3.2 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

Para o procedimento experimental foram utilizadas duas plataformas de força uma para o pé direito, outra para o pé esquerdo. Essas plataformas foram desenvolvidas através de um projeto de pesquisa específico desenvolvido no próprio Departamento de Mecânica da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG) –

UNESP para a dissertação de mestrado de Teodoro (2006), no qual foram observadas boa funcionalidade, facilidade operacional e boa precisão do sensor construído.

Essas plataformas são constituídas por duas armações metálicas de aço com 25 cm de largura por 35 cm de comprimento, uma representando o pé direito e a outra o esquerdo. Cada armação possui 16 vigas prismáticas, onde a extremidade livre de cada viga corresponde a um ponto específico do pé (Figura 9).



Figura 9- Detalhe das vigas soldadas no sensor do pé direito (TEODORO, 2006).

Em cada viga foram colados sensores, dois extensômetros elétricos de resistência (*strain gages*) da marca Kyowa KFG-3-120-C1-11, com fator $k = 2,10$, um próximo à extremidade fixa superior da viga e outro próximo à extremidade fixa inferior, os quais através de um circuito de meia-ponte de Wheatstone, foram utilizados para a medição da força atuante na extremidade da viga (Figura 10).

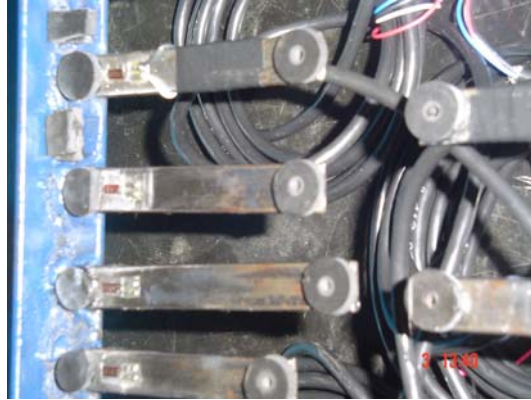


Figura 10- Detalhe dos extensômetros colados nas vigas (TEODORO, 2006).

Portanto, cada plataforma constituiu de um total de 32 extensômetros previamente colados. Nas terminações de cada extensômetro foram soldados dois fios de pequeno diâmetro. Esses fios foram fixados a um conector DB 15, sendo assim, totalizaram-se 16 conectores, um para cada viga (Figura 11).



Figura 11- Início da soldagem dos fios na plataforma direita (TEODORO, 2006).

A extremidade livre de cada viga apresentava um pequeno orifício, onde foram coladas borrachas, sob a forma de discos circulares. Essas borrachas representavam exatamente o local de aplicação da força peso, na medida que os sujeitos pisavam.

As superfícies das vigas, após soldadas nos quadros metálicos foram niveladas através da colagem de borrachas ao redor de todo o quadro metálico, de modo a obter um nivelamento das extremidades das vigas componentes (Figura 12).



Figura 12- Detalhe das borrachas coladas nas vigas (TEODORO, 2006).

Dos 16 sensores existentes em cada plataforma projetada para os pés de um adulto tamanho 37, foram utilizados para este estudo oito sensores de cada plataforma, devido unicamente ao tamanho menor dos pés das crianças (média nº 31) que foram o público alvo desse estudo.

Sobre as plataformas de força foram acopladas superfícies de borracha, nas quais foram recortadas duas palmilhas tamanho 31; foram coladas sobre elas papel sulfite de cor branca com o objetivo de orientar o sujeito quanto ao local correto para pisar, como ilustra a Figura 13.

As intensidades dos sinais elétricos obtidos em mV/V, provenientes dos extensômetros fixados nas vigas, são proporcionais às deformações ocorridas nas mesmas e portanto às cargas aplicadas às suas extremidades.

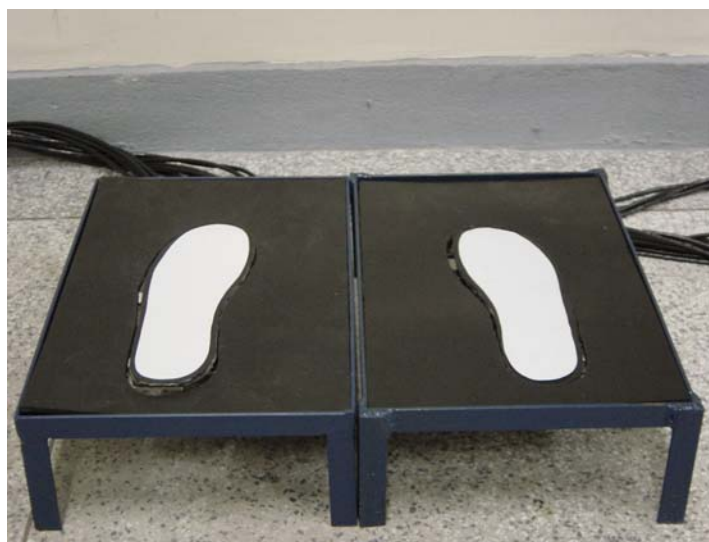


Figura 13- Detalhe das palmilhas coladas nas plataformas direita e esquerda.

Através de uma ponte amplificadora de tensão modelo Spider 8 (HBM, Darmstadt, Alemanha) os sinais elétricos provenientes dos extensômetros (mV/V), foram previamente amplificados e enviados para o microcomputador. Através de um programa conveniente Catman (Microsoft^{MR} versão 3.1, release 3, 1997-2000), onde foram coletados, armazenados e manipulados adequadamente. Através desse programa foi possível efetuar uma calibração automática. O sinal proveniente da ponte montada com os extensômetros em mV/V era automaticamente “transformado” em sinal de força em [N] através da aplicação de pesos nas extremidades de cada viga componente do sensor.

Esta calibração foi introduzida no programa Catman e qualquer outra carga aplicada sobre o sensor automaticamente era convertida em força (N), em vez de sinal elétrico (mV/V) (TEODORO, 2006).

A frequência de aquisição dos dados utilizada foi de 50 Hz, essa frequência foi definida por ser uma medida coletada na posição estática. Os trabalhos dinâmicos, ou seja, com movimentação do corpo a frequência de aquisição de dados normalmente utilizada é 100Hz. Esta frequência foi também utilizada por se compreender que as crianças apresentem maior inquietude para permanecerem paradas ou estáticas sobre as plataformas e apresentarem maior frequência de oscilação de equilíbrio corporal (HATZITAKI et al., 2002).

A coleta da atividade barométrica ou seja, o contato da face plantar da criança com a plataforma de força foi realizada em quatro fases, devido à ponte amplificadora possuir quatro canais. Quatro conectores eram acoplados por vez, do total de 16 sensores utilizados neste trabalho para ambos os pés (Figura 14).

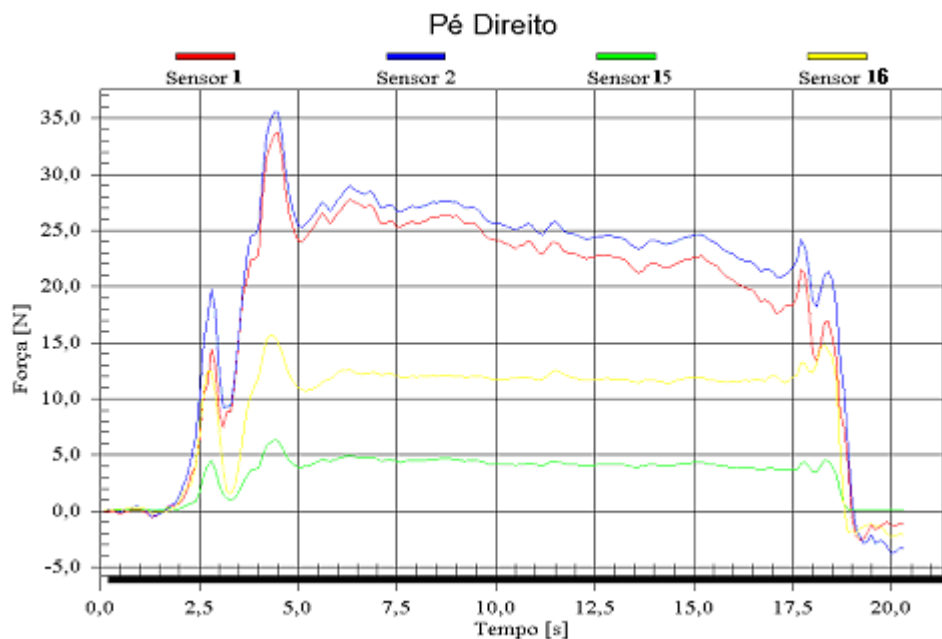


Figura 14- Detalhes dos sinais obtidos na plataforma através do amplificador e do programa Catman.

As medidas foram coletadas dos sensores 1, 2, 15, 16 e depois 7, 8, 13, 14 de cada pé. Esses sensores foram selecionados após ser verificado, a melhor combinação da posição dos sensores com a face plantar da criança de sete anos de idade. A

plataforma foi invertida (do calcâneo para os dedos) com relação à disposição original dos pontos de aplicação da força peso da plataforma projetada para adultos, possibilitando assim, a melhor disposição possível para os escolares. Como mostra a Figura 19.

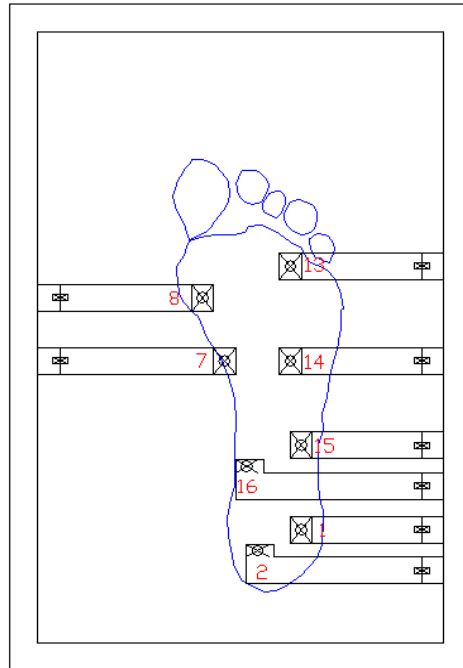


Figura 15- Representação esquemática da disposição das vigas e pontos de aplicação da força peso para crianças de 7 anos.

3.3 MÉTODOS PARA A ANÁLISE DOS DADOS

Foi realizada uma análise descritiva da amostra verificando o número total de participantes, a divisão entre os sexos masculino e feminino e seus percentuais. A idade, o peso, altura e o índice de massa corporal (IMC) representado pelo peso dividido pela altura elevada ao quadrado ($\text{Peso}/\text{Altura}^2$) foram obtidos e os valores mínimos, máximos, médios e os desvios padrão de cada um desses parâmetros.

De acordo com o Índice de Cole (2000), no qual o IMC é relacionado com a idade e o sexo da criança no qual, foi definido o percentil 25-sobrepeso, adotado para a idade de sete anos e meio de 18,2 para os meninos e 18 para as meninas, sendo o percentil 30-obesidade para a mesma idade de 21,1 para meninos e 21 para meninas. Foram utilizados neste trabalho os IMC/idade de sobrepeso e obesidade e relacionado com a classificação dos arcos plantares.

Após a realização do procedimento experimental, efetuou-se a transferência de dados da baropodometria do programa de aquisição Catman, para tratamento e análise dos sinais no programa Microsoft Excel.

Os dados foram analisados através do Microsoft Excel, onde foi realizada uma média dos valores obtidos para cada uma das três medidas realizadas em cada sensor. Dessas médias da força plantar foi selecionado um intervalo de tempo de 5 segundos, tempo em que às crianças estiveram estáveis sobre a plataforma de força. O intervalo de tempo selecionado correspondeu do 12º ao 17º segundos da média das três medidas. Desse intervalo foi estimado uma média, que foi o valor utilizado para a análise e comparação de dados.

Foram ainda comparadas às médias das forças plantares de cada sensor entre os sexos.

Foram estimadas as forças plantares médias de todos os sensores e então comparados os valores de cada sensor ao seu correspondente simétrico do outro pé, sensor 1D com 1E e assim sucessivamente.

Para analisar em qual região do pé os sujeitos apresentaram maior ou menor força, cada plataforma foi dividida em duas partes. Primeiro no plano sagital em lateral ou medial e depois no plano frontal em antepé e retropé.

Os sensores 1, 13, 14, 15 corresponderam à região lateral do pé e os sensores 2, 7, 8, 16 representavam a região medial do pé. Com o somatório desses sensores obtiveram-se as forças aplicadas nas duas laterais. Foram então estimadas as médias, os desvios padrão e comparadas tanto os pés direito e esquerdo e entre si.

No plano frontal, dividida a força plantar de acordo com o padrão anatômico em antepé e retropé. As médias do antepé foram estimadas com o somatório dos valores dos sensores 7, 8, 14, 13. O retropé correspondeu ao somatório dos valores dos sensores 1, 2, 16, 15. Foram comparados as médias e os desvios padrões entre direita e esquerda, e antepé com retropé.

Foi relacionado o somatório das forças plantares de todos os sensores com o peso da criança através da Correlação de Pearson, utilizando-se o programa Microcal Origin 6.0^{MR}.

O estudo da classificação dos arcos plantares incluiu 53 escolares. As impressões plantares foram classificadas segundo o método de classificação descrito por Cavanagh e Rodgers (1987b) e já expostos no presente estudo.

Assim, nas impressões plantares de todos os escolares foram realizados traçados geométricos dividindo-as em três partes. Em seguida, elas foram escaneadas através de um scanner da marca HP Scanjet 5P e transferidas para o software AutoCAD 2004. Através dele, foram calculadas as áreas A, B e C dos pés. A partir dos resultados dessas áreas, os arcos plantares foram classificados, tendo como parâmetros os valores demonstrados na Tabela 1. O cálculo para determinação da classificação do arco plantar e do tipo de pé é expresso pela equação (1):

Tabela 1- Parâmetros para a classificação do arco plantar (CAVANAGH; RODGERS, 1987b).

Tipo de pé	Coefficiente
Cavo	$\leq 0,21$
Normal	0,22 a 0,25
Plano	$\geq 0,26$

Após a classificação dos arcos plantares e confirmação dos diferentes tipos de pés encontrados na amostra, foram comparadas as forças plantares médias de todos os

16 sensores com os diferentes tipos de pés, buscando verificar a prevalência de maior ou menor força plantar média em alguns dos sensores em um ou outro tipo de pé. Essa comparação foi realizada através do Teste de ANOVA, utilizando-se o programa Epi-Info 6.04 (DEAN et al., 1994) e quando o valor de p se mostrou muito próximo do limite de significância adotado foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Esse teste foi também realizado para os parâmetros antropométricos da amostra peso, altura, idade, sexo e IMC/idade, com os diferentes tipos de pés.

A área total dos pés foi estimada e comparada com os diferentes tipos de pés. Foi depois, correlacionada com o peso das crianças através da Correlação de Pearson para se obter uma regressão univariada entre elas.

Para todos os valores agrupados e comparados através dos testes t de Student, ANOVA e Kruskal-Wallis a significância estatística adotada neste estudo foi alfa = 5% ($p < 0,05$).

Quando o nível de significância não foi atingido foi inserido nas tabelas da sessão resultado a sigla NS – não significativo.

Os programas utilizados para a realização das análises e dos testes demonstrados no capítulo resultados foram Microsoft Excel, Epi-Info 6.04 (DEAN et al., 1994), Microcal Origin 6.0^{MR}.

4 RESULTADOS

ANÁLISE DESCRITIVA

Detalhes individuais dos sujeitos da pesquisa estão disponíveis como o autor deste trabalho.

Foram incluídos, 57 escolares da 1ª série do Ensino Fundamental, sendo 30 meninas (52,6%) e 27 meninos (47,4%) e quando comparados através do teste *t* de Student as médias das forças plantares de cada sensor entre os sexos não apresentaram diferença estatística significativa.

A idade mínima foi de 6 anos e 11 meses a idade máxima de 9 anos e 1 mês e a idade média de 7 anos e 6 meses (91,5 meses). Apresentaram peso médio 26,23 kg, altura média 1,26 m e índice de massa corporal (IMC) médio de 16,31 kg/m² (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise descritiva das variáveis do estudo, idade (meses), peso (kg), altura (m), IMC (kg/m²) com valores médios, desvios padrão (dp) e valores mínimos e máximo de 57 escolares de Guaratinguetá, 2005.

	<i>Média</i>	<i>dp</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Idade(meses)	91,51	4,68	83	109
Peso(kg)	26,23	5,11	18,80	41,50
Altura(m)	1,26	0,05	1,17	1,36
IMC(kg/m ²)	16,31	2,26	12,43	25,73

O IMC neste estudo variou de 12,43 (kg/m²) mínimo e 25,73 (kg/m²) máximo. De acordo com o Índice de Cole (2000), 11 escolares apresentaram peso acima do

esperado para a idade, sendo que oito (14,04%) foram considerados com sobrepeso e três escolares (5,26%) foram considerados com obesidade.

O gráfico demonstrado na Figura 16 apresenta a correlação encontrada na amostra entre o somatório de todas as forças plantares em N e o peso da criança em kg. A relação foi expressa pela fórmula $F = -2,82 + 8,39(\text{Peso})$ apresentando alta correlação entre eles com $r = 0,92$ e $p < 0,001$.

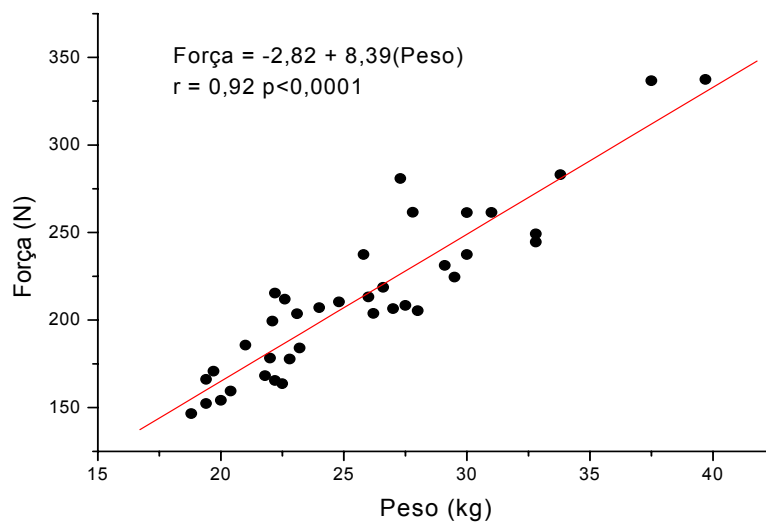


Figura 16 – Gráfico do somatório de todas forças plantares com relação ao peso dos 57 escolares de Guaratinguetá, 2005.

A Tabela 3 mostra a comparação dos sensores simétricos de cada pé, ou seja, o sensor 1 do pé direito com o sensor 1 do pé esquerdo e assim sucessivamente, comparação realizada através do teste *t* de Student. Apresentando diferença estatística significativa com maior força plantar no pé esquerdo os sensores 2 e 8 e maior força plantar no pé direito os sensores 7, 14 e 16, não significante foram os valores da comparação das médias dos sensores 1, 13 e 15. Pode se observar ainda, a média das forças plantares de todos os sensores do pé esquerdo e direito, demonstrando que em geral as crianças colocaram maior força no lado esquerdo do corpo ($p = 0,03$).

Tabela 3 – Distribuição das médias das forças plantares e o valor médio das médias em N, com os respectivos desvios padrão (dp) e nível de significância, segundo os 16 sensores do estudo de 57 escolares de Guaratinguetá, 2005.

<i>Sensores</i>	<i>Média</i>	<i>dp</i>	<i>P</i>
1D ^{(57)*}	17,70	7,58	NS
1E ⁽⁵⁷⁾	19,52	8,77	
2D ⁽⁵⁷⁾	19,01	8,82	< 0,001
2E ⁽⁵⁷⁾	33,03	10,85	
7D ⁽⁵⁷⁾	8,47	3,36	< 0,001
7E ⁽⁵⁷⁾	6,10	4,08	
8D ⁽⁵⁷⁾	6,02	4,85	< 0,001
8E ⁽⁵⁷⁾	12,82	5,80	
13D ⁽⁵⁷⁾	13,13	5,28	NS
13E ⁽⁵⁷⁾	14,32	5,34	
14D ⁽⁵⁷⁾	15,95	5,13	0,002
14E ⁽⁵⁷⁾	13,02	5,07	
15D ⁽⁴³⁾	7,70	6,42	NS
15E ⁽⁵⁷⁾	7,22	4,70	
16D ⁽⁵⁷⁾	12,32	8,46	< 0,001
16E ⁽⁵⁷⁾	6,16	6,60	
Média D	12,68	7,86	0,03
Média E	14,02	10,75	

*número de crianças avaliadas.

Os valores obtidos pela comparação das médias dos pés após dividi-los em lateral e medial (Tabela 4). Apresentam as diferenças estatísticas significativas, a força plantar lateral direita quando comparada à força plantar medial direita ($p < 0,001$) e a força plantar medial esquerda quando comparada à força plantar medial direita ($p = 0,003$). Demonstrando que os escolares apresentam maior força plantar na porção medial do pé esquerda ($p = 0,003$).

Tabela 4 – Valores das médias, dos desvios padrão (dp) e do nível de significância da comparação da lateral e medial dos pés em 57 escolares de Guaratinguetá, 2005.

	<i>Média</i>	<i>dp</i>	<i>p</i>
Lateral Direita	13,97	7,11	< 0,001
Medial Direita	11,45	8,34	
Lateral Esquerda	13,51	7,55	NS
Medial Esquerda	14,52	13,20	
Lateral Direta	13,97	7,11	NS
Lateral Esquerda	13,51	7,55	
Medial Direita	11,45	8,34	0,003
Medial Esquerda	14,52	13,20	

Foi proposta uma divisão dos sensores segundo as regiões anatômicas dos pés em retropé e antepé e as médias foram comparadas entre si. Na Tabela 5 pode-se perceber maior força plantar em retropé direito que em antepé direito ($p < 0,001$), maior força plantar em retropé esquerdo que em antepé esquerdo ($p < 0,001$) e quando comparadas às médias nos retropés e nos antepés direito e esquerdo não apresentaram diferenças estatísticas significativas.

Tabela 5 – Valores médios, os desvios padrão e o nível de significância em retropé e antepé direito e esquerdo de 57 escolares de Guaratinguetá, 2005.

	<i>Média</i>	<i>dp</i>	<i>p</i>
Retropé Direito	14,57	9,02	< 0,001
Antepé Direito	10,89	6,09	
Retropé Esquerdo	16,48	13,55	< 0,001
Antepé Esquerdo	11,56	5,75	
Retropé Direito	14,57	9,02	NS
Retropé Esquerdo	16,48	13,55	
Antepé Direito	10,89	6,09	NS
Antepé Esquerdo	11,56	5,75	

O estudo dos arcos plantares, através das impressões plantares em papel, utilizou o método de classificação proposto por Cavanagh e Rodgers (1987b). Esse estudo mostrou maior número de pés planos com cerca de 24 escolares que representam 45,28% da amostra com este tipo de pé; 15 escolares apresentaram pés mistos, ou seja, um dos pés era normal e outro pé era plano com variação regular do lado esquerdo e direito do corpo e em apenas um caso foi encontrado um pé cavo o outro normal representando no total 28,30% da amostra. Dez escolares apresentaram pés normais correspondendo a 18,87% da amostra e quatro crianças cerca de 7,55% da amostra apresentaram pés cavos (Figura 17).

Dos oito escolares com sobrepeso seis apresentam pés planos e dois pés mistos, dos três casos de obesidade todos apresentaram pés planos.

As outras variáveis como peso, altura, idade e sexo não apresentaram relação com a classificação plantar.

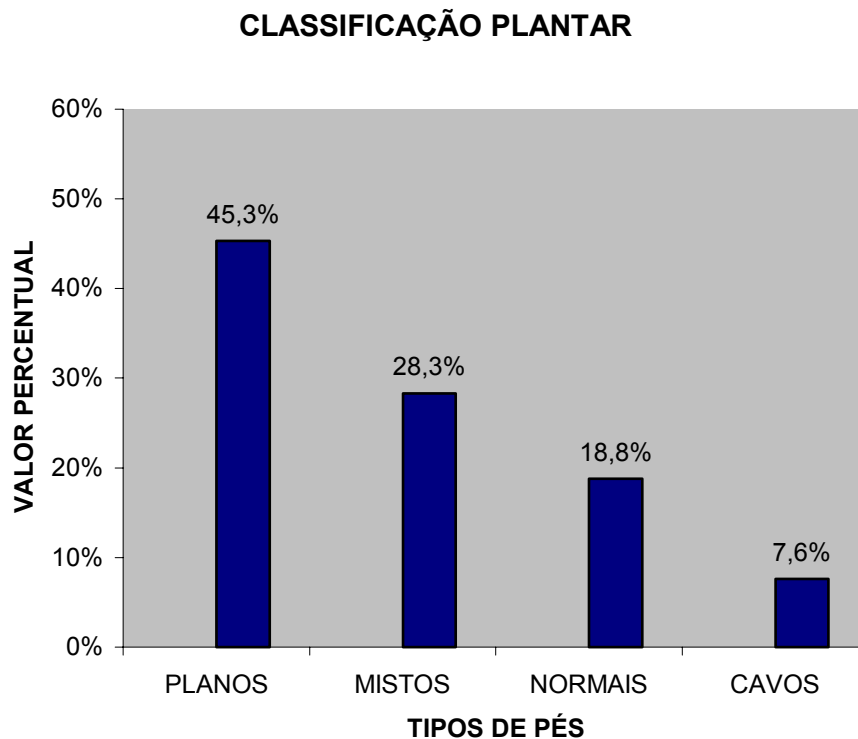


Figura 17 – Gráfico percentual dos diferentes tipos de pés encontrados em 52 escolares de Guaratinguetá, 2006.

A Figura 18 mostra a impressão plantar escaneada de um escolar classificada como normal. A Figura 19 mostra a impressão plantar de um escolar classificada como pés planos.



Figura 18- Impressão plantar normal de um escolar.



Figura 19- Impressão plantar dos pés planos.

A Figura 20 demonstra a impressão plantar de um escolar no qual, o pé direito é normal e o pé esquerdo é plano. Estes casos em que os pés apresentaram-se diferentes são os denominados pés mistos.



Figura 20- Impressão plantar de um pé misto.

A Figura 21 mostra a impressão plantar escaneada de um escolar classificada como pé cavo.



Figura 21- Impressão plantar de um pé cavo.

Com relação à comparação das médias das forças plantares de todos os 16 sensores com os diferentes tipos de pés, os sensores de número 1, 7 e 15 do lado esquerdo e 15 do lado direito mostraram ter diferença estatística significativa com seus valores médios maiores nos pés planos quando comparados com os valores médios dos pés cavos (Tabela 6). O sensor 2 do lado esquerdo foi o único que apresentou maior força plantar nos pés cavos quando comparados aos outros tipos de pés. Todos os outros onze sensores não apresentaram diferença estatística significativa.

É possível observar também a comparação do somatório das forças plantares e do IMC com os diferentes tipos de pés, mostrando haver diferença estatística significativa entre os valores do somatório das forças dos pés planos em relação aos valores dos pés cavos e mistos. O IMC com os diferentes tipos de pés mostrou nos pés planos ser superior aos valores do IMC nos outros tipos de pés, e apresenta diferença estatística significativa ao valor médio do IMC nos pés cavo.

As comparações dessas médias foram realizadas através do Teste de ANOVA e quando o valor de p se aproximou muito do limite de significância adotado neste estudo foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Tabela 6 – Valores médios com os respectivos desvios padrão, entre parênteses, e os valores do p nos sensores 1E, 2E, 15E, 15D e 7E, do IMC e o somatório das forças plantares (SF) nos diferentes tipos de pés em 53 escolares de Guaratinguetá, 2006.

	<i>Pés Planos</i>	<i>Pés Mistos</i>	<i>Pés Normais</i>	<i>Pés Cavos</i>	<i>p</i>
1E	22,30 (10,14)	13,70 (6,20)	19,36 (6,12)	12,60 (7,73)	0,025
2E	35,33 (13,21)	24,70 (6,94)	33,74 (8,52)	38,65 (5,20)	0,048
15E	10 (4,60)	5,52 (2,85)	6,54 (4,11)	0,80 (0,85)	< 0,001
15D	9,83 (5,63)	5,20 (1,87)	7,33 (6,11)	1,25 (1,89)	0,009
7E	7,90 (5,02)	5,28 (1,87)	4,52 (2,32)	2,94 (1,10)	0,015
IMC	17,01 (2,65)	15,07 (1,79)	15,98 (1,67)	14,52 (0,87)	0,046
SF	227,08 (46,09)	184,50 (32,92)	211,33 (33,64)	182,50 (27,45)	0,022

Foi obtida através da regressão linear das variáveis área total dos pés na impressão do papel (cm²) e peso da criança em (kg) a fórmula $\text{Área} = 0,33 \times (\text{Peso}) + 7,8$ estimado que a área dos pés tem dependência linear com o peso em uma correlação de $r = 0,64$ com $p < 0,001$.

A Tabela 7 mostra a comparação dos valores médios do total das áreas plantares com os diferentes tipos de pés com alta significância estatística entre eles de $p < 0,0001$.

Tabela 7 – Valores médios e os desvios padrão da área total dos diferentes tipos de pés de 53 escolares de Guaratinguetá, 2005.

	<i>Média</i>	<i>dp</i>
Pés Planos	17,92	2,03
Pés Mistos	14,33	1,66
Pés Normais	16,30	2,11
Pés Cavos	13,31	1,43

5 DISCUSSÃO

Esse estudo foi realizado com crianças, no início da fase escolar, de ambos os sexos, sem quaisquer anormalidades motora, física ou cognitiva. A pesquisa se propôs a estudar a distribuição da pressão plantar e a estimar o arco longitudinal medial para classificar os pés e assim pode traçar um perfil do padrão de pé desses escolares, motivado principalmente, por não ter sido encontrados estudos com essas características, desenvolvido com escolares ou crianças brasileiras. Trata-se portanto, de um estudo inédito no Brasil.

As médias das medidas antropométricas coletadas são superiores às médias encontradas por Rodriguez et al (1998), em estudo realizado com crianças brasileiras, com o objetivo de mensurar os aspectos antropométricos do pé na segunda infância, que mediu também as medidas antropométricas gerais: peso (kg), altura (m) e idade (meses). Isso pode estar relacionado com o processo de aumento progressivo das medidas antropométrica de crianças e adolescentes que vem ocorrendo no Brasil nas últimas décadas.

O percentual de obesidade e sobrepeso encontrado em nosso estudo foi 19,3% segundo o Índice de Cole (2000) determinado em uma pesquisa internacional realizada em seis diferentes países, incluindo o Brasil, com quase 200 mil crianças. Este estudo definiu os valores do IMC/idade para o percentil 25 considerado sobrepeso e para o percentil 30 considerado obesidade em ambos os sexos de 2 a 18 anos de idade.

Dos 11 casos com peso acima do esperado para a idade, nove escolares apresentaram pés planos, cerca de 82% dos escolares com percentil corporal alto que representam 37,5% de todos os casos de pés planos encontrados no nosso estudo; os outros dois escolares apresentaram pés mistos, ou seja, um dos pés também era plano. E todos os casos de obesidade apresentaram pés planos.

Esses dados corroboram os achados de Bordin et al (2001), que estudaram a obesidade e o sobrepeso durante o desenvolvimento infantil e os relacionaram com dismorfismo dos pés.

Classificaram os pés planos em três graus distintos: leve, moderado e severo, e fizeram o mesmo com pés cavos. O percentual de obesidade encontrado no estudo foi de 27,3%, descrito pelos próprios autores como acima da média da literatura. O estudo encontrou alto índice de correlação entre obesidade, sobrepeso e os pés planos com $p < 0,001$.

Este estudo não considerou as subdivisões dos pés planos nos diferentes graus existentes de 1 a 5, por não ter estudado população com problemas ortopédicos e por não julgar relevante essa informação para o estudo apresentado.

A obesidade e o sobrepeso podem ser fator etiológico ou predispor a criança a desenvolver o pé plano pelo excesso de carga sobre os pés, embora seja afirmado por Bordin et al (2001), há necessidade de mais estudos transversais com amostras maiores e também estudos longitudinais para se confirmar essa estimativa.

Além desta sobrecarga, o acúmulo de gordura na borda medial dos pés, característico da infância, tem provavelmente, seu volume aumentado nas crianças com sobrepeso e obesidade, favorecendo o aumento da imagem da borda medial na impressão plantar obtida.

A distribuição da pressão plantar foi realizada através da utilização de um equipamento de baropodometria, composto de duas plataformas de força, já existentes no laboratório de mecânica da FEG e construídas para adultos. Elas foram adaptadas para crianças de sete anos de idade, apresentando boa aplicabilidade e eficiência, sendo demonstrado pela alta correlação encontrada entre o somatório das forças plantares e o peso, estimando que cerca de 84% da força plantar foi determinada pelo peso corporal dessas crianças.

O valor percentual do somatório das forças plantares ótimo, seria próximo de 98%, representando a influência da força de ação da gravidade sobre a massa corporal

(grandeza real que neste caso foi citada como peso por ser mais usual). Mas as perdas que causaram esta diferença são esperadas em qualquer processo experimental e podem estar relacionadas a ruídos de fundo (*noise*) no processo de aquisição de dados, perdas numéricas na manipulação dos dados, pequenas cargas em vigas que não foram consideradas neste estudo dentre outras variáveis possíveis.

Concordando com o ocorrido neste estudo, para Amadio e Sacco (1999), invariavelmente, no desenvolvimento de um processo de medição, incorremos em erros metodológicos que necessitam ser controlados mas, padronizar os procedimentos de medida em biomecânica torna-se uma tarefa difícil, pois o processo de coleta, armazenamento e digitação de dados depende muito dos avanços e das mudanças que têm ocorrido na tecnologia, o que impede que sejam traçadas técnicas definitivas nessa linha de pesquisa.

Os valores das forças plantares obtidos neste trabalho foram utilizados para detectar a distribuição da carga corporal nos pés destas crianças com importante contribuição para o levantamento do padrão dos pés.

Stebbins et al. (2005), em sua pesquisa, obtiveram a imagem digital dos pés através de uma plataforma de força piezoresistiva com resolução espacial de 5mm e propuseram uma divisão dessa imagem da distribuição da pressão plantar em cinco regiões distintas: retropé medial, retropé lateral, mediopé, antepé medial e antepé lateral. Os sensores selecionados, no presente estudo, buscaram obter as forças plantares destas mesmas regiões dos pés.

Os sensores que mostraram maior força plantar, quando comparados ao seu contralateral, estavam localizados, seguindo a divisão proposta por Stebbins et al. (2005), em retropé medial e antepé medial do pé esquerdo e em retropé medial e mediopé do pé direito.

Rose; Welton e Marshall (1985), através da avaliação da impressão plantar coletada na posição estática e dinâmica, afirmam que a área de maior pressão foi

detectada abaixo do primeiro metatarso (antepé medial) e do lado medial do calcâneo, o que foi encontrado também neste estudo.

Shokes¹³ (1978 apud AMADIO; SACCO, 1999) afirma ainda que, a força registrada sob a cabeça do primeiro metatarso é de aproximadamente 30% do peso corporal, enquanto que na segunda cabeça os valores caem para 10%.

Já Liu et al. (2005), em pesquisa realizada com 66 crianças saudáveis com variação de idade de 6 a 16 anos, afirmaram que a pressão abaixo do primeiro metatarso pode chegar a 54% na análise dinâmica da pressão plantar na fase de apoio da marcha e até 64% na posição estática.

Cavanagh e Rodgers (1987a) em estudo realizado com 107 adultos de ambos os sexos, com idades que variaram de 30 a 40 anos, utilizou um equipamento de baropodometria de alta precisão, e encontrou o maior pico de pressão plantar na porção medial do calcâneo, como confirmado no presente estudo.

Os dados estimados neste trabalho, no que se refere à divisão dos pés em medial e lateral, apresentaram maior intensidade de força na porção medial do lado esquerdo. Cavanagh e Rodgers (1987a), supõem que essas diferenças possam refletir grandes assimetrias posturais.

Entretanto, não parece que essa suposição se aplique a este estudo pela significativa diferença estatística encontrada entre as porções mediais dos pés direito e esquerdo. É improvável, que a maioria das crianças apresentassem grandes alterações posturais que as levassem a colocar maior carga do lado esquerdo do corpo, embora não tenha sido realizada uma avaliação postural nestas crianças, por não ser esse o objetivo deste trabalho.

O fato de ter sido encontrada maior intensidade de forças do lado medial esquerdo, talvez possa estar associado ao posicionamento das crianças durante a

¹³ SHOKES, A. **Force acting on the metatarsal during normal walking.** *Journal of Anat.*, v. 129, p. 579-590, 1979 apud AMADIO, A.C.; SACCO, I.C.N. Considerações metodológicas da biomecânica para a avaliação da distribuição da pressão plantar. *Jornal Multidisciplinar do Diabetes e das Patologias Associadas.* n.1, p 42-48, 1999.

aquisição dos dados baropodométricos. As plataformas de força foram colocadas à esquerda do microcomputador, no qual era possível visualizar os gráficos de força continuamente durante os vinte segundos em que os escolares permaneciam em pé sobre as plataformas. Com interesse em perceber os seus próprios gráficos, as crianças rodaram a cabeça para o lado direito em direção ao monitor. Surpreendentemente, acredita-se agora, que este movimento tenha interferido neste resultado acima descrito, através dos mecanismos de controle postural.

Para Allum e Pfaltz¹⁴ (1985 apud SHUMWAY-COOK; WOOLLACOTT, 2003) as respostas à rotação causam a desestabilização postural, e a reconquista do equilíbrio envolve a necessidade de ativar músculos do lado oposto do movimento realizado. Foi formulada por eles a hipótese de que essas respostas são ativadas em reação às informações visuais e vestibulares (movimentos de cabeça), justificando assim, a maior intensidade de forças do lado esquerdo do corpo.

Os valores estimados na divisão dos pés em retropé e antepé mostraram maior força plantar em ambos os retropés, quando comparados com os antepés e não mostraram significância estatística quando comparados entre si.

Betts et al¹⁵ (1990 apud CAVANAGH; ROGEDS, 1987a) apresentaram dados da relação do pico de pressão, mensurados de 29 crianças normais na posição em pé e estimaram que a pressão no calcanhar é 1,94 vezes maior que a pressão em antepé, neste pesquisa a relação encontrada foi de aproximadamente 1,4 vezes.

Já Cavanagh e Rodgers (1987a) em seu trabalho com adultos, afirmam que o pico de pressão no retropé é cerca de 2,6 vezes maior que em antepé. Dados de Stebbins et al (2005), Rose, Welton e Marshall (1985), e de Arcan e Brull¹⁶ (1976

¹⁴ ALLUM, J. H. J.; PFALTZ, C. R. **Visual and vestibular contributions to pitch stabilization in the ankle muscles of normals and patients with bilateral peripheral vestibular deficits.** Exp. Brain. Res., v. 94, p. 82-94, 1985 apud SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.H. Controle Postural. In: _____. Controle Motor: teoria e aplicações práticas. São Paulo: Manole, 2ªed. 2003.

¹⁵ BETTS, R. P. et. al. **Static and dynamic foot-pressure measurements in clinical orthopedics.** Med. Bil. Eng. Compu., v. 18, p. 684-684, 1980 apud CAVANAGH, P.R.; RODGERS, M.M. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. Foot and Ankle International, Baltimore, v.7,n.5, p 262-276, apr 1987.

¹⁶ ARCAN, M.; BRULL, M. A. **Mechanical parameters describing the standing posture, base don the ground pressure pattem.** In Biomecharics , v. V-B, p. 415-25, 1976 apud CAVANAGH, P.R.; RODGERS,

apud CAVANAGH; ROGEDS, 1987a), também revelam haver maior pressão em retropé que nas outras áreas dos pés. O resultado obtido no presente estudo ratifica todas estas pesquisas anteriores.

Isso está relacionado principalmente ao fato de a projeção da linha do centro de gravidade (CG) no solo, no plano sagital, passar pela articulação do tornozelo, portanto na porção posterior dos pés de um corpo equilibrado ou bem compensado.

Segundo Kanatli; Yetkin e Cila (2001), a análise da impressão plantar ainda é a maneira mais usada por vários autores para mensurar o arco longitudinal medial e assim classificar os diferentes tipos de pés, embora, existam ainda algumas controvérsias sobre o uso dessa técnica.

Rose; Welton e Marshall (1985), em estudo realizado com 20 crianças pré-escolares (1,9 a 4,3 anos), mais de 200 crianças em fase escolar (5 a 12 anos) e em 100 adultos (16 a 65 anos), demonstram diversas possibilidades para avaliação dos pés o posterior classificação dos mesmos.

Afirmaram que o mais indicado seria a associação de vários testes como: comprimento do tendão do calcâneo, impressão plantar em diferentes pressões (superfícies mole, dura, borracha e outras) e sucessivo cálculo do índice valgo (fórmula proposta por eles neste mesmo artigo), inspeção das calosidades dos pés, fotografias, posição da patela e dos dedos no plano sagital dentre outros. Eles destacam, com ênfase, a importância do teste de extensão passiva que deve ter dois efeitos: a elevação do arco plantar e a rotação lateral da tíbia.

Para estes autores, os testes descritos são os mais indicados para se obter uma classificação plantar mais precisa e completa, levando em consideração vários aspectos que interferem na formação do arco longitudinal medial.

Para Lin et al (2006), se compararmos as técnicas diretas de medidas antropométricas dos pés, os métodos de radiografia dos pés e o método indireto da

imagem da impressão plantar todos para mensurar a altura do arco longitudinal medial, o último apresenta vantagens por prover assim como os outros, informações sobre o arco plantar e suas anormalidade, e ser uma técnica barata, facilmente disponível e livre de radiação.

Gilmour e Burns (2001), realizaram um estudo com 272 crianças, com idade entre 5 anos e 6 meses a 11 anos. Elas foram separadas em três diferentes grupos de acordo com a idade, grupo um de 5 anos e 6 meses a 7 anos, grupo dois de 7 anos e 6 meses a 8 anos e 11 meses, grupo três de 9 anos a 11 anos. Este estudo tentou perceber se a idade, o sexo, a dominância límbica e o peso corporal influenciam na altura do arco medial.

O objetivo principal foi comparar duas técnicas de medida do arco medial: uma medida direta através da medição da altura vertical do navicular ao solo e outra através da impressão plantar em papel, mensurando o arco através do índice do arco proposto por Cavanagh e Rodgers (1987b). Consideraram o método do Índice do Arco mais seguro que a medida direta do navicular, embora se tenha notado pouca mudança dos valores obtidos com os diferentes grupos de idade. Para Gilmour e Burns (2001), o Índice do Arco é mais influenciado pelo sexo e pelo peso corporal do que pela idade.

Afirmaram ainda, que devido ao crescimento, na infância há uma larga variação das dimensões e formas dos pés; isso torna muito difícil estabelecer o que é normal e padronizar os limites de normalidade do arco plantar nas crianças.

Portanto, parece haver algumas questões que precisam ser elucidadas, a melhor técnica para estimar o arco longitudinal medial, a melhor maneira de realizar a impressão plantar, a técnica para mensurar a imagem obtida e os parâmetros de referência para normalidade ou não dos pés das crianças.

Isso reforça a importância desta pesquisa, por se tratar de uma população jamais estudada no aspecto baropodométrico, as crianças brasileiras.

Lin et al (2001), em estudo realizado para tentar elucidar os fatores de correlação e a importância clínica do pé plano flexível, avaliou 377 crianças de ambos os sexos

em idade pré-escolar de 2 a 6 anos. As crianças foram agrupadas de acordo com as idades, os pés foram classificados e separados de acordo com a mensuração do arco plantar em normal/leve, moderado e severo. Eles perceberam uma diminuição percentual progressiva do grau do pé plano com o aumento da idade das crianças. Relacionaram este fato com a evolução do desenvolvimento geral da criança (altura, peso, frouxidão ligamentar, o joelho valgo) e também a realização ou não da atividade física.

A significância clínica do pé plano é uma grande preocupação para os pais e nunca deve ser subestimado. Além disso, o pé plano não deve ser visto somente como um problema estático do tornozelo de um pé complexo, mas também, como uma anormalidade da dinâmica funcional dos membros inferiores (LIN et al, 2001).

Os dados deste estudo, no que se refere à mensuração do arco plantar e assim a classificação dos tipos de pés, tornaram possível observar a prevalência de pés planos correspondendo a 45% da amostra, seguidos pelos pés mistos quase 30%, e pelos pés normais quase 20% da amostra com alguns poucos pés cavos. A prevalência dos pés planos, está provavelmente associada ao desenvolvimento infantil já discutido e elucidado neste trabalho. Assim, são esperados valores superiores de pé plano mais nas crianças que em adultos.

Com relação à constatação de pés mistos, já era um dado esperado por ser amplamente divulgado na literatura e confirmado por Gilmour e Burns (2001), Cavanagh e Rogers (1987b), Rose; Welton e Marshall (1985), a existência dessas assimetrias plantares em adultos e crianças. Embora não apresentem significância clínica importante e não seja citado na literatura, qualquer consequência direta desse padrão dos pés, podem estar associados a alterações posturais subseqüentes como escolioses e outras alterações posturais.

No estudo desenvolvido por Bordin et al (2001), foram avaliadas 243 crianças de 8 a 10 anos de idade. Destas, 116 crianças foram classificadas com pés normais, 87 crianças com pés cavos e apenas 40 com pés planos. Os autores descreveram que o registro da área de contato da sola do pé foi realizado através da temperatura corporal

mas, não esclarecem o método de mensuração utilizado nem seus parâmetros de classificação.

Além de estar, talvez, associado ao método de classificação utilizado, o fato de ser encontrado maior número de pés normais, pode estar relacionado também ao fato de ser uma amostra com crianças de maior idade, pois a incidência de pés planos diminui com o passar dos anos como foi comprovado por Lin et al (2001) em artigo acima discutido. A maior idade das crianças justificaria ainda, o maior número de pés cavos, por este disforfismo plantar aumentar sua incidência com o avançar dos anos até próximo da puberdade, exatamente o inverso do que ocorre com o pé plano.

Quando comparados todos os dezesseis sensores com os diferentes tipos de pés, dois sensores localizados na porção lateral do retopé esquerdo, um sensor localizado na porção lateral do retopé direito e um sensor localizado na porção medial do antepé esquerdo, apresentaram maior força plantar nos pés planos que nos outros pés. Teoricamente, com o desabamento do arco plantar determinante dos pés planos, era esperado, maior força plantar nos sensores localizados na região medial e não nos sensores laterais como foi verificado neste estudo. Não foi encontrada na literatura explicação para este dado.

Um sensor localizado na porção medial do retopé esquerdo apresentou maior força plantar nos pés cavos que nos outros pés. Provavelmente, o pé cavo distribua maior carga em retopé que em antepé na posição estática pela predisposição causada pela projeção do centro de gravidade, já discutida neste trabalho. Quanto, ao fato de ter sido encontrado apenas no sensor do lado esquerdo, isso deve estar associado à rotação de cabeça realizada pelas crianças durante a aquisição dos dados, também já discutida neste trabalho.

A comparação do IMC com os diferentes tipos de pés confirmou os dados da análise realizada de todas as crianças com sobrepeso e obesidade com os pés planos através dos valores percentuais. Apesar do IMC de todas as crianças com pés planos não ter ultrapassado o percentil 25 de sobrepeso, foi o maior quando comparados aos outros pés com diferença estatística significativa, demonstrando que a carga corporal

provavelmente interfira no alinhamento do arco medial, como descrito Bordin et al (2001).

Na comparação do somatório das forças plantares com os diferentes tipos de pés, o valor mais alto no total das forças plantares foi verificado nos pés planos. Isto está relacionado com o IMC, uma vez que este somatório da força plantar tem alta correlação com o peso como foi comprovado através da correlação de Pearson e demonstrado pelo gráfico Força X Peso na seção resultados deste trabalho. Pode ainda, estar relacionado ao fato de o pé plano apresentar maior área plantar podendo assim, ter tido maior contato da planta dos pés com alguns dos sensores.

Quando comparadas às médias das forças plantares de todos os sensores e a classificação dos pés com sexos masculino e feminino não foram encontradas relação entre elas. Portanto, para este estudo, o sexo das crianças não foi determinante nem para as forças plantares nem para os diferentes tipos de pés.

Quanto à alta correlação encontrada entre o valor total da área plantar e o peso corporal da criança, além da relação acima descrita, o ganho do peso corporal pode predispor ao desabamento do arco plantar e, na impressão plantar, apresentar maior área de contato, há também uma outra associação: quanto mais cresce a criança maior é o seu peso corporal e maior é o tamanho dos seus pés, portanto maior é a sua área de contato plantar.

Esse achado é de grande valia, pois foi possível comprovar, através da regressão linear, que a área plantar e o peso são dependentes entre si, embora pareça evidente, não foi encontrado, na literatura, nenhum outro estudo que comprove essa dependência.

6 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, podemos concluir que:

- A frequência de pé nesta amostra foi: pé plano, com maior força plantar na face medial e em retropé de ambos os pés.
- As forças plantares foram mais intensas na face medial dos pés esquerdo. Foi possível observar ainda maior força plantar em retropé que em antepé, sendo iguais tanto para o pé esquerdo quanto para o pé direito.
- Esses escolares apresentaram uma prevalência maior de pés planos embora, tenham sido encontrados também pés normais, mistos e cavos.
- Foi possível correlacionar as forças plantares com os tipos de pés, com maior força plantar os sensores da face lateral do pé plano para ambos os pés, sendo mais intensa a esquerda.

REFERÊNCIAS

AMADIO, A.C. Considerações metodológicas da biomecânica para análise do movimento humano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMECÂNICA 7., 1997, Campinas. **Anais...**Campinas: SBB, 1997. p.11-15.

AMADIO, A.C.; SACCO, I.C.N. Considerações metodologias da biomecânica para a avaliação da distribuição da pressão plantar. **Jornal Multidisciplinar do Diabetes e das Patologias Associadas**. n.1, p 42-48,1999.

ASHER, S. **Variações de postura na criança**. São Paulo: Manole, 1976.

BIENFAIT, M. Fisiologia da estática e suas perturbações. In___ **Os desequilíbrios estáticos**. São Paulo: Summus, 1993, p.24-56.

BOJADSEN, T.W.A. et al. Avaliação postural em crianças pré-escolares. **Revista brasileira de postura e movimento**. v.2, n.2, 56-61, 1998

BORDIN, D. et al. Flat and cavus foot, indexes of obesity overweight in a population of primary-school children. **Minerva Pediátrica**, v.53,n.1, p. 7-13, feb 2001.

BRUSCHINI, S. Parte 2- Vícios Posturais e Afecções Correlatas. In___ **Ortopedia Pediátrica**. São Paulo- 2ªed: Atheneu, 1998.

CARR, J.; SHEPHERD, R. **Ciência do Movimento**. São Paulo: Manole, 2ªed. 2003.

CAVANAGH, P.R.; RODGERS, M.M. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. **Foot and Ankle International**, Baltimore, v.7,n.5, p 262-276, apr 1987.

CAVANAGH, P.R.; RODGERS, M.M. The arch index: a useful measure from footprints. **Journal of Biomechanics**, New York, v.20, n.5, p.547-551, may 1987.

CHURGAY, C. A. Diagnosis and treatment of pediatric foot deformities. **American Family Physican**. v. 47. n.4, p.883-887, march 1993.

COLE, T.J. et al. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. **British Medical Journal**, v.320, n.6, 1240 may, 2000.

CORRIGAN, B.; MAITLAND, G.D. Pé. In:____. **Ortopedia e reumatologia, diagnóstico e tratamento**. São Paulo: Premier, 2000.

DAVITT, J.S. et al. Plantar pressure and radiographic changes after distal calcaneal lengthening in children and adolescents. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, New York, v.21, n.1, p.70-75, feb. 2001.

DEAN, A.G. et al. **Epi Info**. Version 6. Atlanta: Centers of disease control and prevention, 1994. A Word processing database and statistics program for epidemiology on microcomputers. Disponível em <<http://www.fsp.usp.br>>. Acesso em 11 nov. 2005.

DONATELLI, R. Normal biomechanics of the foot and ankle. **The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, Baltimore, v.7, n.3, p.91-95, nov. 1985.

GILMOUR, J.C.; BURNS, Y. The measurement of the longitudinal arch in children. **Foot e Ankle International**. v.22, n.6, p. 493- 498, june 2001.

GORE, A. I.; SPENCER, J. P. The newborn foot. **American Academy Physician**. v.69, n.4, p.865, feb. 2004

HAMMER, L.D. et al. Standardized percentile curves of body-mass index for children and adolescents. **Journal Arch Disfuncion Child.** v. 145. march 1991.

HATZITAKI, V. et al. Perceptual-motor contributions to static and dynamic balance control in children. **Journal of Motor Behaviour.** v.34, n.2, p.161-170, june 2002.

HENNING, E.M. The evolution and biomechanics of the human foot – applied research for footwear. **Revista Brasileira de Biomecânica**, São Paulo, v.4, supl.1, p.7-14, apr. 2003.

HUANG, C. et al. Biomechanical evaluation of longitudinal arch stability. . **Foot and Ankle.** v. 14, n.6, p.353-357, july 1993.

KANATLI, U.; YETKIN, H.; CILA, E. Foot and radiographic analysis of the feet. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, New York, v. 22, n,2, p.225-228, march 2001.

KAYE, R.A., JAHSS M.H. Foot fellows review. **Foot and Ankle.** v.11, n.4, feb 1991.

KENDALL, F.P. **Músculos Provas e Funções.** São Paulo: Manole, 1ªed. 1995.

LIN, C. H. et al. Development of a quantitative assessment system for correlation analysis pf footprint parameters to postural control in children. **Physiological Measurement.** v.27, p.119-130, 2006.

LIN, C. J. et al. Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, New York, v.21, n.3, p.378-382, june 2001.

LIU, X. C. et. al. Dynamic plantar pressure measurement for the normal subject: free-mapping model for the analysis of pediatric foot deformities. **Journal of Pediatric Orthopaedics**, New York, v.25. n. 1, p. 103-106, feb. 2005.

PALASTANGA, N.; FIELD, D.; SOAMES, R. **Anatomia e Movimento Humano**. São Paulo: Manole, 3ª edição, 2000.

RODRIGUEZ, M.D. et al. Aspectos antropométricos do pé humano: procedimentos de mensuração e relação com o crescimento na segunda infância. **Revista Brasileira de Postura e Movimento**. v.2, n.1, p.15-27, 1998.

ROSE, G.K., WELTON, E.A., MARSHALL, T. The diagnosis of foot in the child. **The Journal of Bone and Joint Surgery**. v.67-B, n.1, p.71-78, jan. 1985.

SASS, P.; HASSAN, G. Lower extremity abnormalities in children. **American Family Physician**. v. 68, n.3, p.461, august 2003.

SHEPERD, R.B. **Fisioterapia em Pediatria**. Santos: Livraria Santos, 3ªed.1996.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.H. Controle Postural. In: _____.**Controle Motor:teoria e aplicações práticas**. São Paulo: Manole, 2ªed. 2003.

SOBOTTA, J. Tórax, abdome, pelve, membros inferiores. In: _____.**Atlas de Anatomia Humana**. v. 2, Rio de Janeiro: Guanabara, 19ª ed. 1993.

SPENCE, A.P. Articulações. In: _____. **Anatomia humana básica**. São Paulo: Manole, 1991. p.157-185.

STAHELI, L.T.; CHEW, D.E.; CORBETT, M. The longitudinal arch. **The Journal of Bone and Joint Surgery**, Boston, v.69, n.3, p.426-428, mar. 1987.

STEBBINS, J. A. et. al., Assessment of sub-division of plantar pressure measurement in children. **Gait and Posture**, v. 22, p. 372-376, 2005.

TEODORO, E. C. M., **Um sensor para o estudo da distribuição das forças plantares em sujeitos com hálux valgo e sua possível correlação com pés planos.** 2006. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica – Projetos e Materiais) Faculdade de Engenharia de Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, 2006.

TOKARS, E. et al. A influência do arco plantar na postura e no conforto dos calçados ocupacionais. **Fisioterapia Brasil**, Rio de Janeiro, v.4, n.3, p.157-162, maio-jun. 2003.

APÊNDICE A

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pelo presente instrumento, que atende às exigências legais, o(a) senhor(a) _____, RG: _____, CPF: _____, idade: _____ responsável pelo aluno, após a leitura da CARTA DE INFORMAÇÃO DA PESQUISA (ANEXO I), ciente dos procedimentos aos quais será submetido seu dependente, não restando quaisquer dúvidas a respeito do lido e explicado, firma seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO de concordância voluntária em participar do estudo proposto.

Fica claro que o representante legal do aluno pode, a qualquer momento, retirar seu CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO e deixar de participar do estudo alvo da pesquisa e fica ciente que todos os dados coletados tornam-se informações para o estudo, podendo esses dados, serem fonte de divulgação científica.

Esse termo foi impresso e assinado em 2 (duas) vias, ficando uma via com o responsável pelo sujeito da pesquisa e outra com o pesquisador.

Guaratinguetá, _____ de _____ de 2005 .

Assinatura do responsável.

APÊNDICE B

CARTA DE INFORMAÇÃO AO SUJEITO DA PESQUISA

A presente pesquisa tem por objetivo estimar e avaliar a pressão plantar em escolares. A coleta de dados para o presente estudo será feita através da manutenção da postura em pé sobre uma plataforma de apoio, não sendo utilizado quaisquer métodos invasivos. Será garantido sigilo absoluto sobre o nome do aluno submetido ao estudo, bem como dos seus dados pessoais. O aluno ou seu responsável tem o direito de pedir mais esclarecimentos durante o decorrer da pesquisa. A divulgação do estudo terá finalidade científica, esperando contribuir para um maior conhecimento do tema estudado. Aos alunos participantes da pesquisa cabe o direito de desistir do estudo a qualquer momento, sem prejuízo algum.

Os dados coletados serão utilizados na dissertação de mestrado da pesquisadora Liliana Aparecida de Paula Azevedo, pertencente a Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG)-UNESP.

Liliana A. de Paula Azevedo

pesquisadora responsável

Dr. Luiz Fernando C. Nascimento

Orientador

GLOSSÁRIO

Abdução. Quando uma parte do corpo, tal como um membro é movimentado para longe da linha média do corpo.

Adução. É o oposto da abdução, envolve o movimento de uma parte do corpo em direção à linha mediana do corpo, voltando à posição anatômica.

Antepé. Corresponde a parte anterior do pé.

Arco longitudinal lateral. Estende-se desde a cabeça do quinto metatarso até as tuberosidades posteriores do calcâneo.

Arco plantar ou Arco longitudinal medial. Abaulamento normalmente apresentado no dorso medial do pé, que se estende desde o primeiro metatarso até o calcâneo.

Arco transverso. Estende-se desde a cabeça do primeiro metatarso até a cabeça do quinto metatarso.

Articulações sinoviais. São caracterizadas por serem livremente móveis; o seu movimento é limitado somente por ligamentos, músculos, tendões ou ossos adjacentes. Outra característica, é a presença de um líquido preenchendo a cavidade articular.

Cápsula articular. É uma membrana dupla que envolve a articulação.

Complexo articular. É o nome dado a um conjunto de articulações.

Dorsiflexão. É a aproximação da região dos dedos em direção ao tornozelo, freqüentemente considerada como uma extensão do pé.

Equilíbrio anti-gravitacional. Equilíbrio mantido contra a força gravitacional.

Estudo Transversal. Estudo realizado em apenas uma fase de aquisição dos dados, estudo não comparativo.

Estudo Longitudinal. Estudo de uma mesma amostra ao longo de tempo, estudo seqüencial.

Eversão. Torção do pé de tal modo que a planta fique voltada para fora, com sua margem externa elevada.

Extensômetros ou strain-gages. São resistores elétricos compostos de uma finíssima camada de material condutor, depositado sobre um composto isolante. Este é então colado sobre a estrutura, em teste.

Faceta. Uma superfície articular quase achatada, lisa.

Fáscia. Membrana fibrosa que envolve órgãos e músculos.

Flexão plantar. Tração do calcanhar para cima, conseqüentemente abaixando a região dos dedos do pé.

Geno valgo. Joelhos em “X”, ou seja, joelhos que se tocam estando os pés separados.

Geno varo. “Pernas arqueadas”, ou seja, curvamento das pernas para fora.

Gínglimo. Nas articulações do tipo gínglimo, as superfícies articulares têm uma tal forma que os únicos movimentos possíveis são a flexão e a extensão.

Hemicorpo. Apenas um lado do corpo ou direito ou esquerdo.

Impressão plantar. Compreende a zona de contato do pé com o plano horizontal.

Inversão. Torção do pé de tal modo que a planta fique voltada para dentro, com sua margem interna elevada.

Linha média. Linha imaginária que divide o corpo em dois hemicorpos, direito e esquerdo.

Mediopé. Corresponde a parte média do pé.

Pé cavo. Nome dado ao pé com arco plantar medial elevado.

Pé plano. Nome dado ao pé com arco plantar medial diminuído ou ausente.

Pelve. Junção de um par de ossos do coxal ou pélvico, é constituída pela fusão de três ossos embrionários: ílio, ísquio e púbis.

Plano sagital. É uma secção longitudinal que divide o corpo ou qualquer de suas partes em porções direita e esquerda.

Plano transverso. Divisão do corpo ou qualquer de suas partes em porções superior e inferior.

Pronação. Nome dado ao pé quando este gira de tal forma que a planta se orienta no sentido interno.

Retropé. Corresponde à parte posterior do pé.

Rotação. O movimento de um osso ao redor de um eixo central, sem nenhum deslocamento desse eixo.

Sinovite. Inflamação da membrana sinovial; um excesso de fluido sinovial normal de uma articulação ou bainha tendínea.

Superfície plantar. Região constituída pela sola do pé.

Supinação. Nome dado ao pé quando este gira de tal forma que a planta se orienta no sentido externo.