

 **Universidade do Porto**

Faculdade de Ciências do
Desporto e de Educação Física

ANÁLISE DINAMOMÉTRICA DA MARCHA DE INDIVÍDUOS COM NEUROPATIA DIABÉTICA

Relações com o nível de actividade física habitual

**Luís Manuel
Mendes de Oliveira**

Março 2003

Universidade do Porto

Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física

**ANÁLISE DINAMOMÉTRICA DA MARCHA DE INDIVÍDUOS COM
NEUROPATIA DIABÉTICA: Relações com o nível de actividade
física habitual.**

Luís Manuel Mendes de Oliveira

PORTO

2003

**ANÁLISE DINAMOMÉTRICA DA MARCHA DE INDIVÍDUOS COM
NEUROPATIA DIABÉTICA: Relações com o nível de actividade
física habitual.**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e
Educação Física, da Universidade do Porto, como requisito
para a obtenção do grau de Mestre em Ciências do
Desporto na especialidade de Actividade Física Adaptada.

Luís Manuel Mendes de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Vilas Boas

Agradecimentos

Os meus agradecimentos dirigem-se a todos aqueles que contribuíram directa ou indirectamente, para realização deste trabalho.

O meu muito obrigado:

Ao Professor Doutor João Paulo Vilas Boas, pela sua orientação, incentivo, apoio, dedicação e competência.

Ao Professor Doutor Urbano Marques, pelo seu incentivo, apoio e compreensão.

Ao laboratório de Biomecânica da FCDEF, pelo apoio prestado durante os procedimentos experimentais para este estudo, nomeadamente ao Eng. Pedro Gonçalves.

A todos os outros elementos do laboratório, pela sua colaboração, nomeadamente ao Dr. Filipe Conceição, Dr^a Filipa Sousa, ao Dr. Alberto Graziano e Dr. João Carvalho.

Ao Professor Doutor Alberto Amadio do Laboratório de Biomecânica da Universidade de São Paulo, pela sua colaboração no desenvolvimento deste projecto.

Ao Professor Doutor José Luís Medina, da Faculdade de Medicina do Porto, director do serviço de endocrinologia do hospital de São João no Porto, pela sua disponibilidade para colaborar neste projecto e promover o meu acesso à consulta de endocrinologia, que permitiu a recolha de dados para realização deste projecto.

Ao Professor Doutor Jorge Mota, pela sua colaboração, disponibilizando o questionário IPAQ, para a recolha de informação relativamente à prática da actividade física e apoio na sua interpretação.

Ao Dr. Luís Marques da consulta de Endocrinologia do Hospital de São João no Porto, pela sua colaboração, na identificação e encaminhamento dos sujeitos da amostra para o laboratório de biomecânica, para a recolha de dados.

A todos os indivíduos que participaram neste trabalho, por se deslocarem ao laboratório de Biomecânica da FCDEF, pela paciência e cooperação reveladas durante o estudo experimental.

Aos colegas mestrandos, nesta área: Nuno Carvalho e Tiago Lopes, pela ajuda, camaradagem e amizade que disponibilizaram sempre que foi necessário, durante toda a realização deste projecto.

À Associação Protectora dos Diabéticos de Portugal (APDP), pela sua colaboração e disponibilidade, no envio de artigos, relacionados com este trabalho.

A todos os amigos e familiares, de quem obtive todo o apoio e incentivo, desde o primeiro momento.

Um agradecimento muito especial à minha esposa, que sempre me apoiou e incentivou nos momentos mais críticos, no desenvolvimento deste trabalho. Aos meus filhos Luís e Mafalda, que aguardam mais disponibilidade, para acompanhar o seu desenvolvimento.

Índice geral

1. Introdução.	1
2. Revisão da Literatura.	6
2.1. Actividade Física e Saúde.	6
2.2. A Diabetes Mellitus.	15
2.2.1. Complicações da diabetes.	17
2.2.2. Neuropatia diabética (NPD).	18
2.2.3. Pé diabético.	20
2.3. A importância da Actividade Física.	25
2.4. Actividade Física e Diabetes.	31
2.4.1. Actividade Física e Diabetes Tipo I.	33
2.4.2. Actividade Física e Diabetes Tipo II	36
2.4.3. Os Riscos e Benefícios da Actividade Física na Diabetes.	38
2.5. Locomoção Humana – A Marcha	40
2.5.1. Evolução dos estudos da marcha	40
2.5.2. A marcha.	42
2.5.3. Ciclo da Marcha	43
2.5.3.1. Movimentos do membro inferior de apoio.	48
2.5.3.2. Movimentos do membro inferior de balanço.	49
2.5.3.3. Movimentos da bacia.	49
2.5.3.4 . Movimentos do tronco.	50
2.5.3.5. Movimentos dos membros superiores.	53
2.6. Marcha Patológica.	53
2.7. Distribuição da Pressão Plantar.	55
3. Objectivos e hipóteses.	68
3.1. Colocação do problema.	68
3.2. Objectivos.	69
3.3. Hipóteses de estudo.	69
4. Material e Métodos.	71

4.1. Variáveis dinâmicas.	71
4.2. Amostra.	72
4.3. Protocolo experimental.	73
4.3.1. Procedimentos iniciais.	73
4.3.2. Procedimentos.	74
4.3.2.1. Condições de realização do protocolo experimental.	74
4.3.2.2. Procedimentos para o registo de dados.	77
4.3.2.3. Procedimentos de medida.	77
4.4. Procedimentos estatísticos.	86
4.5. Limitações do estudo.	86
4.5.1. Disponibilidade e selecção da amostra.	86
4.5.2. Tratamento de dados.	86
5. Apresentação e discussão dos resultados.	87
5.1. Questionário IPAQ.	87
5.2. Análise da dinâmica da marcha.	89
5.2.1. Forças de reacção do solo vertical (F_z) e horizontal (F_y).	89
5.2.1.2. Análise dos sujeitos em função da actividade física	96
5.2.2. Distribuição das forças de reacção do solo na superfície plantar.	98
5.2.2.1. Análise da relação da distribuição das forças de reacção do solo na superfície plantar, com a actividade física habitual.	112
6. Conclusões.	121
7. Bibliografia.	125
8. Anexos	138

Índice de Figuras

Figura 1. Relação entre a actividade física, aptidão física, saúde e genótipo (Adaptado de Bouchard, 1990).	10
Figura 2. Ciclo da marcha (Adaptada de Huang e Glass, 1999).	45
Figura 3. Oscilação em torno do eixo horizontal (Adaptada de Plas et al, 1983).	50
Figura 4. Rotação da bacia em relação ao eixo vertical (Adaptada de Plas et al, 1983).	50
Figura 5. Esquematização dos movimentos verticais (A), transversais (B) e de torção do tronco na marcha (Adaptada de Vander, 1966).	51
Figura 6. Rotação oposta da cintura pélvica e escapular (Adaptada de Plas et al, 1983).	52
Figura 7. Pista da avaliação da marcha de Ducroquet (Adaptado de Lapiérre, 1968).	53
Figura 8. Decomposição das forças de reacção do solo, durante o apoio (Adaptada de Plas et al, 1983).	62
Figura 9. Curva de F_z (Adaptada de Plas et al., 1983).	63
Figura 10. Curva F_y (Adaptada de Plas et al., 1983).	63

Figura 11 . Curva Fx (Adaptada de Plas et al, 1983).	64
Figura 12. Morfologia das curvaturas patológicas (Adaptada de Perry e al. 1972)	66
Figura 13. Etapa metodológica para a reconstrução 3D (Adaptada de Amadio 1996).	78
Figura 14. 1) referencial; 2) plataforma; 3) díodo emissor de luz acoplado no campo visual da objectiva.	79
Figura 15. Estrado com a plataforma de forças.	80
Figura 16. Mesa com amplificador, placa de conversão A/D e computador com o programa ACK III versão Windows 95.	80
Figura 17. Registos das forças de reacção do solo no ACK.	81
Figura 18. Sistema de componentes do PEDAR.	82
Figura 19. Medição da distribuição da pressão plantar 2D e 3D, através das palmilhas transdutoras de pressão.	82
Figura 20. A - Codificação das palmilhas do sistema PEDAR. B - Relação com as áreas de acordo com Sacco (1997).	84
Figura 21. Placa electrónica de sincronização dos sistemas.	80
Figura 22. Sincronização do sistema experimental.	85

- Figura 23. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no retropé direito dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio inicial. 99
- Figura 24. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no médiopé direito dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio médio. 99
- Figura 25. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no antepé direito dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio final. 100
- Figura 26. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no retropé esquerdo, dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio inicial. 100
- Figura 27. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no médiopé esquerdo, dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio médio. 101
- Figura 28. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no antepé esquerdo, dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio médio. 101
- Figura 29. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no retropé direito dos sujeitos do sexo masculino, na fase inicial do apoio. 102
- Figura 30. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no médiopé direito dos sujeitos do sexo masculino, na

fase inicial do apoio.	103
Figura 31. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no antepé direito dos sujeitos do sexo masculino, na fase final do apoio.	103
Figura 32. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no retopé esquerdo dos sujeitos do sexo masculino, na fase inicial do apoio.	104
Figura 33. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no médiopé esquerdo dos sujeitos do sexo masculino, na fase de apoio médio.	104
Figura 34. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no antepé esquerdo dos sujeitos do sexo masculino, na fase final do apoio.	105
Figura 35. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no pé direito dos sujeitos do sexo feminino, no retopé (R), médiopé(M) e antepé (A), nas fases de AI, AM e AF.	109
Figura 36. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar(N/cm^2), no pé esquerdo dos sujeitos do sexo feminino, nas fases de AI, AM e AF.	110
Figura 37. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar(N/cm^2), nas zonas do retopé (R), médiopé (M) e antepé (A), no pé direito dos sujeitos do sexo masculino,	

nas fases AI, AM e AF. 111

Figura 38. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no pé esquerdo nas zonas do retropé (R), médiopé (M) e antepé (A), dos sujeitos do sexo masculino, nas fases AI, AM e AF. 111

Figura 39. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), nas zonas do retropé (R), médiopé (M) e antepé (A), no pé direito dos sujeitos >AF, nas fases AI, AM e AF. 114

Figura 40. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), nas zonas do retropé (R), médiopé (M) e antepé (A), no pé direito dos sujeitos <AF, nas fases AI, AM e AF. 115

Figura 41. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), nas zonas do retropé (R), médiopé (M) e antepé (A), no pé esquerdo dos sujeitos >AF, nas fases AI, AM e AF. 116

Figura 42. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), nas zonas do retropé (R), médiopé (M) e antepé (A), no pé esquerdo dos sujeitos <AF, nas fases AI, AM e AF. 116

Figura 43. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no retropé direito dos sujeitos <AF e dos sujeitos de > AF, na fase de apoio inicial. 117

Figura 43. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no antepé direito dos sujeitos <AF e dos sujeitos de > AF, na fase de apoio final. 118

Figura 43. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no retropé esquerdo dos sujeitos <AF e dos sujeitos de > AF, na fase de apoio inicial. 119

Figura 43. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no antepé esquerdo dos sujeitos <AF e dos sujeitos de > AF, na fase de apoio inicial. 119

Índice de Quadros

Quadro 1. Componentes da actividade física adaptada (adaptado de AAHPER, 1973).	14
Quadro 2. Factores de risco de ulceração do pé em diabéticos (Adaptado de Vannereau e Richard, 1995).	22
Quadro 3. Graus de gravidade da lesão do pé diabético.	24
Quadro 4. Procedimentos para a redução dos riscos da gravidade da lesão ou ulceração do pé.	25
Quadro 5. Caracterização da amostra, em função da idade, peso e altura.	72
Quadro 6. Energia dispendida estimada em função da A.F.	76
Quadro 7. Caracterização da actividade física.	88
Quadro 8. Valores da energia dispendida, estimada em função da actividade física e do tempo de repouso dos dos sujeitos.	88
Quadro 9. Valores médios e desvios padrão das força F_z (N) , das força F_z em função do peso corporal (%PC) e dos tempos (s) em ocorreram os referidos eventos dos sujeitos femininos e masculinos.	93
Quadro 10. Resultados da componente horizontal (F_y) das forças (N), de reacção do solo (FRS), da força F_y em função do peso corporal (%PC) e dos tempos (s) em ocorreram os referidos eventos dos sujeitos	

femininos e masculinos. 95

Quadro 11. Valores médios e desvios padrão das forças (N) verticais (F_z) de reacção do solo, das força F_z em função do peso corporal (%PC) e dos tempos (s) em ocorreram os referidos eventos dos sujeitos A (menos actividade física) e sujeitos do grupo B (mais actividade física). 97

Quadro 12. Valores médios e desvios padrão (DP) das forças horizontais (F_y) de reacção do solo, das força F_y em função do peso corporal (%PC) e dos tempos (s) em ocorreram os referidos eventos dos sujeitos A (menos actividade física) e sujeitos do grupo B (mais actividade física). 97

Quadro 13. Percentagem da distribuição das forças de reacção do solo, na superfície plantar (% N/cm^2), no retropé, médiopé e antepé nas fases de apoio inicial (AI), apoio médio (AM) e apoio final (AF), para o pé esquerdo e direito. 108

Quadro 14. Valores médios e desvios padrão (\pm), das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2) no retropé, médiopé e antepé para os sujeitos femininos e masculinos, nas fases de apoio inicial, apoio médio e apoio final. 112

Quadro 15. Valores médios e desvios padrão das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2) no retropé, médiopé e antepé dos sujeitos, em função da menor (<AF) ou maior (>AF) actividade física (AF) habitual, nas fases de apoio inicial, apoio médio e apoio final. 113

Quadro 16. Valores médios e desvios padrão (\pm), dos sujeitos que apresentam maior actividade física (>AF) e dos sujeitos que apresentam

menor actividade física (<AF), das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), das áreas correspondentes ao hálux, metatarso medial, metatarso lateral e calcanhar.

Abreviaturas e símbolos

ACK - Software Acqknowledge.

10m/DiaC - Dias da semana que caminha pelo menos 10 minutos.

Faz AFM - Faz actividade física moderada.

Faz AFV - Faz actividade física vigorosa.

FRS - Forças de reacção do solo.

F_x - Componente transversal ou médio lateral da FRS.

F_y - Componente horizontal ou antero posterior da FRS.

F_y máx - Força horizontal máxima, que corresponde à fase de propulsão do movimento.

F_y mm - Força horizontal mínima, corresponde à fase de desaceleração do movimento.

F_ymáxPC - F_y máx em função do peso corporal.

F_ymmPC - F_ymm em função do peso corporal.

F_z - Componente vertical da FRS.

F_z1 - Primeiro pico da força vertical, corresponde à força passiva.

F_z1PC - F_z1 em função do peso corporal.

F_z2PC - F_z2 em função do peso corporal. **F_z 2** - Segundo pico da força vertical, corresponde à força activa.

F_z mm - Menor valor alcançado pela força vertical, entre o primeiro e o segundo pico da força.

F_zmmPC - F_zmm em função do peso corporal.

Δ t apoio - Tempo decorrido desde o início do apoio até ao final.

tAFMDia - Tempo que costuma fazer actividade física moderada por dia.

tAFVDia - Tempo que costuma fazer actividade física vigorosa por dia.

Tipo passo - Tipo de passada que utiliza (vigorosa, moderada ou lenta).

tCm/Dia - Tempo que costuma caminhar por dia.

tSt/DiaSm - Tempo que costuma estar sentado num dia da semana.

tSt/DiaFS - Tempo que costuma estar sentado num dia de fim de semana.

$\Delta t Fy \max$ - Tempo decorrido entre o início do apoio e $Fy \max$.

$\Delta t Fy \text{ mm}$ - Tempo decorrido entre o início do apoio e $Ex \text{ mm}$.

$\Delta t Fz 1$ - Tempo decorrido entre o início do apoio e $Fy 1$.

$\Delta t Fz 2$ - Tempo decorrido entre o início do apoio e $Fy 2$.

$\Delta t Fz \text{ mm}$ - Tempo decorrido entre o início do apoio e $Fz \text{ mm}$.

TC1 - Taxa de crescimento da força $Fz1$, calculada através da razão de $PCFz1$ pelo tempo necessário para a atingir, normalizado ao Δt apoio.

TC2 - Taxa de crescimento da força $Fz2$, calculada através da razão de $PCFz2$ pelo intervalo de tempo necessário para a atingir, normalizado ao Δt apoio.

Resumo

O objectivo deste estudo consistiu em determinar as repercussões biomecânicas, na marcha de indivíduos com neuropatia diabética.

Seguidamente, estudámos uma amostra constituída por doze sujeitos, sete do sexo feminino e cinco do sexo masculino. Caracterizámos o seu nível habitual de actividade física através da utilização de um questionário (IPAQ).

Para este estudo experimental foi utilizada uma plataforma de forças Bertec e o sistema PEDAR da Novel, composto por palmilhas transdutoras de pressão plantar, com o objectivo de analisarmos as forças de reacção do solo e a sua distribuição na superfície plantar.

Dos resultados obtidos no estudo da marcha dos indivíduos com neuropatia diabética, verificámos a existência de diferenças significativas nas variáveis analisadas, que nos permitiu concluir que existem repercussões biomecânicas, da neuropatia diabética, na marcha.

Na caracterização da actividade física dos sujeitos, observámos que os sujeitos do sexo masculino apresentaram um maior índice de actividade física habitual, comparativamente com os sujeitos do sexo feminino.

Verificou-se que os sujeitos com mais actividade física habitual, apresentaram diferenças significativas, nas áreas que correspondem ao hálux, metatarso medial e calcanhar, comparativamente com os sujeitos com menos actividade física.

Abstract

The objective of this study consisted of determining the biomechanics repercussions, in the gait of subjects with diabetic neuropathy.

We studied a sample constituted by twelve subjects, seven of the feminine sex and five of the masculine sex. Characterized its habitual level of physical activity through the use of a questionnaire (IPAQ).

For this experimental study a BERTEC platform of forces and the system PEDAR of Novel, composed by insoles pressure plant transducers, were used with the objective of analyze the forces of reaction of the soil and its distribution in the surface plant.

Of the results obtained in the study of the gait of subjects with diabetic neuropathy, we verify the existence of significant alterations of the analyzed variables; we concluded that there are biomechanics repercussions in gait of subjects with diabetic neuropathy.

We observe that the subject of the masculine sex presented a larger index of physical activity comparatively with the subject of the feminine sex.

We also found significant alterations in the group that presents larger index of physical activity, in the areas of hállux, medial metatarsus and heel, comparatively with the subjects that presented smaller index of physical activity.

Résumé

L'objectif de cette étude a consisté en déterminer les répercussions biomécaniques, de la marche des individus avec neuropathie diabétique.

Nous avons étudié un échantillon constitué par douze sujets, sept du sexe féminin et cinq du sexe masculin. Caractérisé son niveau habituel d'activité physique à travers l'usage d'un questionnaire (IPAQ).

Pour cette étude expérimentale a été utilisée, une plateforme de forces BERTEC et le système PEDAR, a composé par les semelles transductrices de la pression plantaire, avec l'objectif d'analyser les forces de réaction du sol et sa distribution de la surface plantaire.

Des résultats obtenus dans l'étude de la marche des individus avec neuropathies diabétique, nous avons vérifié l'existence de modifications considérables des variables analysées, qui répercussions biomécaniques, de la marche des individus avec neuropathies diabétique.

Nous avons observer que les sujets du sexe masculin ont présenté un plus grand index d'activité physique comparativement avec les sujets du sexe féminin.

Les sujets, qui présente plus grand index d'activité physique, ont de modifications considérables dans l'hélix, métatarse intermédiaire et talon, comparativement avec les sujets qui ont présenté plus petit index d'activité physique.

1. Introdução.

Na sociedade actual, a industrialização e a mecanização das tarefas destinadas ao ser humano, têm induzido uma modificação dos padrões de vida, registando-se com frequência uma inactividade das populações, a qual cria, frequentemente, modificações fisiológicas e psicológicas negativas (Nilsson 1988).

A modificação dos padrões de vida, coloca-nos perante um certo número de factores de risco, a alimentação desregrada, o sedentarismo e o stress, que se repercutem na morbidade e mortalidade. O sedentarismo é encarado por alguns autores, como um factor de risco independente dos factores de risco convencionais, uma vez que a falta de actividade, frequente no modo de vida moderno, conduz ao aparecimento de patologias metabólicas, como a diabetes (Leal, 1991; Costa, 1991).

Os hábitos alimentares e de sedentarismo prevalentes nos países mais desenvolvidos têm vindo a generalizar-se em Portugal, fazendo temer que, à medida que nos vão atingindo, a situação se venha a agravar. O facto de a educação da população, não ter ainda, em muitos aspectos, acompanhado o relativo progresso económico, torna a situação ainda mais preocupante (Côrrea, 2000).

As doenças mais comuns provocadas pela ausência de actividade física, são as doenças crónico-degenerativas como as cardiovasculares, do aparelho locomotor, do aparelho respiratório, do sistema nervoso, a obesidade e a diabetes (Nunes, 2000).

O aumento da esperança de vida, conseguido através do desenvolvimento em geral e do progresso das ciências da saúde, em particular, deu origem a uma maior prevalência de doenças crónicas. A diabetes é uma destas doenças e uma das maiores causas de morbidade e de mortalidade (Ferreira, 2000).

O número de pessoas portadoras da diabetes está a aumentar significativamente em todo o mundo. Em 1985, estimava-se que 30 milhões de indivíduos eram diabéticos, em 1995 este número aumentou para 135 milhões e as previsões apontam o valor de 300 milhões de pessoas para o ano de 2025 (Nogueira, 2000).

Estima-se, que em Portugal, existam meio milhão de diabéticos e que em 2010 existam cerca de um milhão de diabéticos (Corrêa, 2000).

Nas últimas décadas, tem sido atribuída uma importância crescente à actividade física. A actividade física é uma condição essencial ao desenvolvimento benéfico do ser humano, englobando áreas fundamentais como a das Ciências do Desporto e Saúde.

A investigação em Ciências do Desporto tem revelado que a actividade física regular, benefícios para as funções biológicas do organismo. Por este motivo, tem sido alvo de preocupação na vida quotidiana das pessoas. A sua contribuição para a melhoria do estado de saúde das pessoas, a sensação de bem-estar e melhoria da qualidade de vida, promoveu o crescimento da actividade física com fins terapêuticos, de prevenção, de controlo e reabilitação de diversas doenças crónicas, nomeadamente as associadas aos transtornos metabólicos como a Diabetes Mellitus.

A actividade física , na sua vertente reabilitação deve ser realizada de forma controlada e adequada a cada indivíduo, uma vez que os riscos associados à sua prática regular podem superar os benefícios. Os benefícios da actividade física sobre a saúde, devem ser vistos numa abordagem multifactorial e não como relações unívocas do tipo uma só causa um só efeito (Barata, 1997).

A acção preventiva da actividade física é mais eficaz que a sua componente curativa. Um estilo de vida saudável, tem indiscutivelmente, uma acção preventiva sobre um conjunto de doenças cardiovasculares e metabólicas. Se considerarmos apenas as doenças metabólicas, como a diabetes, a actividade física pode não ser suficiente, no programa de reabilitação, para promover o

regresso da doença à normalidade. Em síntese, podemos dizer que a actividade física é uma componente fundamental da terapêutica ou reabilitação de muitas doenças que dela beneficiam, mas é ainda muito mais importante na prevenção das doenças (Barata, 1997).

A diabetes é uma doença que afecta hoje em dia uma grande percentagem da população. Num estado mais evoluído da doença, os indivíduos começam a revelar problemas de alteração da sensibilidade proprioceptiva superficial e profunda, com atingimento dos reflexos tendinosos e da marcha. Esta situação conduz a uma lesão ou ulceração do pé, que pode evoluir, para uma gangrena com conseqüente mutilação do membro inferior afectado.

A biomecânica vem dar grande um grande contributo para a resolução e determinação de factores de risco, que podem resultar da sobrecarga do corpo humano, devido a forças externas ao corpo humano.

A análise da marcha fornece dados precisos para o estabelecimento de metas terapêuticas e se os dados forem mensuráveis pode-se avaliar o progresso do paciente e conseqüentemente verificar a eficácia dos programas de reabilitação (Bonamigo et al, 2001).

Os indivíduos com deficiências metabólicas como a diabetes mellitus, apresentam uma predisposição para desenvolver uma neuropatia como o pé diabético. Este risco pode ser anulado com um diagnóstico precoce através da detecção dos pontos de maior pressão plantar (Ávila et al, 2001).

Segundo Sacco (1997) e Sacco & Amadio (2000) a quantificação de variáveis biomecânicas em diabéticos com neuropatia, durante o movimento tem demonstrado ser uma importante ferramenta de diagnóstico, prevenção e controle da reabilitação de indivíduos portadores de pés diabéticos.

No presente estudo serão investigadas as características dinâmicas da marcha de indivíduos diabéticos com neuropatia. O conhecimento das características dinâmicas, permitirá através da análise distribuição da pressão na superfície

plantar do pé de indivíduos com diabetes na marcha, identificar as zonas de risco, que conduzem à ulceração do pé dos indivíduos com diabetes.

Um problema especial no doente diabético é o desenvolvimento de úlceras nos pés e nos membros inferiores. As úlceras parecem ser primariamente devidas à distribuição anormal da pressão plantar, secundária à neuropatia diabética, agravando-se o problema quando existem deformações nos pés (Foster, 1995).

A biomecânica vem dar grande um grande contributo para a resolução e determinação de factores de risco, que podem resultar da sobrecarga do corpo humano, devido a forças externas ao corpo humano (Amadio, 1999).

A análise da marcha fornece dados precisos para o estabelecimento de metas terapêuticas e se os dados forem mensuráveis pode-se avaliar o progresso do paciente e conseqüentemente verificar a eficácia dos programas de reabilitação (Bonamigo et al, 2001).

Os indivíduos com deficiências metabólicas como a diabetes mellitus, apresentam uma predisposição para desenvolver uma neuropatia como o pé diabético. Este risco pode ser anulado com um diagnóstico precoce através da detecção dos pontos de maior pressão plantar (Ávila et al, 2001).

Nos estudos realizados com diabéticos, a medição dinâmica da força de reacção e pressão da distribuição plantar, tem demonstrado ser um extraordinário meio para a prevenção, diagnóstico e tratamento dos indivíduos com neuropatia diabética, portadores de pé diabético. (Amadio, 1999).

Segundo Cavannagh (1978), o sistema de análise da distribuição da pressão plantar, permite a exacta localização dos picos de pressão, cuja determinação permite uma individualizada e especializada intervenção ortopédica, que permite a sua redução na superfície plantar.

A investigação das forças de reacção do solo na fase de apoio dos movimentos de locomoção, assim como a distribuição da pressão plantar, segundo os

diversos autores, é o procedimento mais adequado para a identificação dos indivíduos com risco evolutivo da neuropatia diabética.

Para a realização deste estudo procedeu-se inicialmente a uma revisão da literatura, na qual se procurou desenvolver o conhecimento, sobre a importância da actividade física, actividade física e saúde, a diabetes, actividade física e diabetes, consequências da diabetes e locomoção humana.

Com base na revisão da literatura, definimos os seguintes objectivos para a realização deste trabalho: conhecer os níveis de actividade física habitual; analisar as forças de reacção do solo durante a marcha; comparar as forças de reacção do solo; avaliar a distribuição da pressão plantar, nas regiões do retopé, médiopé e antepé durante a marcha.

De seguida, procurámos sistematizar e sincronizar os procedimentos biomecânicos, para a análise dinamométrica da marcha de sujeitos com neuropatia diabética, através dos valores relativos das forças de reacção do solo, ponto de aplicação destas forças e pressões ocorridas durante a fase de contacto do pé com o solo. São dadas a conhecer as metodologias, assim como os materiais a que recorreremos para as concretizar.

Dos resultados obtidos, formularam-se as conclusões mais relevantes, dos estudos da análise dinamométrica da marcha.

Apresentamos, no final, um capítulo dedicado à referenciação bibliográfica e, uma secção com anexos.

2. Revisão da Literatura.

2.1. Actividade Física e Saúde.

Desde a revolução industrial, a tecnologia tem avançado numa velocidade assombrosa. Daquela época aos dias de hoje, houve uma notável transformação, de uma sociedade rural, trabalhadora e fisicamente activa, em uma população de ansiosos e aborrecidos habitantes das cidades e subúrbios com pouca ou nenhuma oportunidade para desenvolver actividade física (Pollock et al, 1986).

A industrialização e a mecanização das tarefas destinadas ao ser humano, têm induzido uma modificação dos padrões de vida, registando-se com frequência uma hipoactividade das populações, a qual cria, frequentemente, modificações fisiológicas e psicológicas negativas (Nilsson, 1988 cit. In Mota, 1991).

A tecnologia moderna reduziu as exigências físicas das actividades quotidianas, de tal forma que a maior parte das tarefas que requeriam uma hora, podem realizar-se em poucos segundos, carregando num botão ou marcando um número. Como consequência, as pessoas dispõem de mais tempo livre para dedicar a outras actividades, na maioria sedentárias (Heyward, 1996).

Este avanço da tecnologia, permitiu viver com uma vida de relativo conforto. Máquinas manuais foram substituídas por máquinas automáticas, as escadas substituídas por elevadores e escadas rolantes, os trajectos a pé para as compras na mercearia da esquina, visitar um familiar e para o emprego foram substituídos por trajectos realizados em veículos motorizados. A vida do ponto vista da actividade física tornou-se mais fácil (Macleod et al, 1987).

Segundo Grande (1991) a relação do ser humano com o meio externo, com o meio interno e com o meio íntimo, condiciona o comportamento fisiológico que define a saúde e cuja alteração se traduz pela doença. Os problemas que o meio externo levanta ao homem moderno dizem respeito às modificações

resultantes do desenvolvimento do consumo, traduzidas nas diversas formas de poluição secundária e do esgotamento dos recursos naturais.

No ser humano convergem os efeitos dos factores que caracterizam o ecossistema terrestre. Por isso, as doenças orgânicas que atingem os meios interno e íntimo são a tradução da resposta a esses estímulos, numa base genética que lhes confere especialidade (Grande, 1991).

A vida actual coloca-nos perante um certo número de factores de risco, a alimentação desregrada, o sedentarismo e o stress, que se repercutem na morbilidade e mortalidade. O sedentarismo é encarado por alguns autores, como um factor de risco independente dos factores de risco convencionais, uma vez que a falta de actividade, frequente no modo de vida moderno, conduz ao aparecimento de patologias metabólicas, como a diabetes (Leal, 1991; Costa, 1991).

O urbanismo proporciona numerosas alterações no comportamento humano que afectam o risco de aparecimento de doenças. As cidades caracterizam-se por uma existência de níveis elevados de fumo de tabaco, por traumatismos e mortes causadas pelo trânsito automóvel e a obesidade da população adulta. A maior incidência de obesidade ilustra os aspectos do modo de vida urbano.

Nas cidades os indivíduos, têm um acesso mais fácil a alimentos elaborados e mais energéticos, unidos a uma diminuição da actividade física. Deste modo a vida urbana comporta um desequilíbrio energético que conduz à obesidade, a qual aumenta notavelmente o risco de hipertensão e diabetes tipo II (Mcmichael, 2001).

Os hábitos alimentares e de sedentarismo prevalentes nos países mais desenvolvidos têm vindo a generalizar-se em Portugal, fazendo temer que, à medida que nos vão atingindo, a situação se venha a agravar. O facto de a educação da população, não ter ainda, em muitos aspectos, acompanhado o relativo progresso económico, torna a situação ainda mais preocupante (Côrrea, 2000).

O desejo da manutenção de saúde só aflora nas situações de doença, a actividade física está fora dos planos, o bem estar é entendido de modo pervertido, associado à inactividade física e mental (Moreno, 1991).

Actualmente as doenças mais comuns são as provocadas pela ausência de actividade física. As mais comuns são as chamadas crónico-degenerativas como as cardiovasculares, do aparelho locomotor, do aparelho respiratório, do sistema nervoso, a obesidade e a diabetes (Nunes, 2000).

Segundo Hipócrates (cit. In Pérez, 1996), no que diz respeito à importância da actividade física e da saúde, considerava que: *“ todas as partes do corpo que têm uma função, se são utilizadas com moderação e se exercitam com trabalho para que estão preparadas, conservam-se de saúde, bem desenvolvidas e envelhecem lentamente, mas se não se usam, deixam preguiçar, se convertem em doenças, defeitos no seu crescimento e envelhecem antes do tempo”*.

O aumento da esperança de vida, conseguido através do desenvolvimento em geral e do progresso das ciências da saúde, em particular, deu origem a uma maior prevalência de doenças crónicas. A diabetes é uma destas doenças e uma das maiores causas de morbilidade e de mortalidade (Ferreira, 2000).

É difícil dissociar os conceitos de saúde e condição física com aspectos fundamentais no bem estar do indivíduo. A saúde considera-se como um todo que se pretende atingir, sendo a condição física uma das variáveis mais significativas da qualidade de vida das pessoas, proporcionando ajustamentos e defesas em relação a um meio endógeno e exógeno em constante mudança (Pereira, 1997).

O conceito de condição física pressupõe a obtenção de um estado de adaptação a um estímulo e uma tolerância à fadiga específica daí resultante, que permita a realização de um determinada tarefa estandardizada, sem perdas significativas de eficiência muscular, que segundo Pereira (1997), deve ser encarada nas suas múltiplas vertentes, das quais podemos destacar, a que

se relaciona com a existência em geral, a que se relaciona com a actividade laboral e a que está relacionada com as actividades de lazer.

Existe uma relação dinâmica entre actividade física, saúde e aptidão física. Os factores de saúde estão relacionados com a aptidão cardiovascular, força muscular, resistência e flexibilidade (Biddle e Mutrie, 1991 cit. In Mota, 1997). Uma vez que a actividade física varia consoante a intensidade seja ligeira, moderada ou vigorosa, também varia o nível de aptidão dos indivíduos.

A aptidão física depende das práticas habituais da actividade física e segundo Bouchard et al. (1990, cit in Mota, 1997) principalmente dos atributos individuais, ou seja, da hereditariedade (Figura 1).

A actividade física ganhou em quantidade de praticantes e perdeu a sua conotação social negativa em que era desaconselhada por estar associada à ideia de doença, no tempo em que houve grande proliferação da tuberculose, que predominava nos extractos sociais mais desfavorecidos, que forneciam maior número de praticantes (Barata, 1997).

A prática de actividades físicas é valorizada, em termos sociais, de sucesso profissional quando se integram no padrão de vida dos indivíduos e pelos potenciais benefícios para a saúde, que segundo Barata (1997), devem ser vistos numa abordagem multifactorial e não como relações unívocas do tipo uma só causa um só efeito.

A actividade física alcançou nos últimos anos uma valorização social e cultural, na qual se destacam as promessas de saúde e bem-estar e as suas funções de recuperação do stress do dia a dia e a compensação das insuficiências de movimento na sociedade técnica em que vivemos (Bento, 1991).

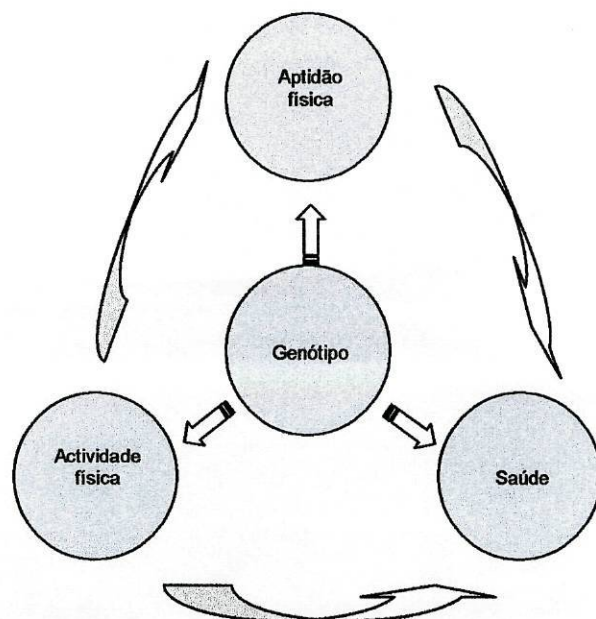


Figura 1. Relação entre a actividade física, aptidão física, saúde e genótipo (adaptado de Bouchard, 1990).

A crença nas virtudes e na promessa de saúde através da actividade física é tão grande, na actual conjuntura da proliferação das doenças da civilização, que pessoas anteriormente marcadas por uma abstinência em relação à actividade física, se voltam cada vez mais para as actividades físicas formais e informais, em locais onde o exercício constitui a base de um novo mercado de trabalho.

A saúde é uma consequência de uma relação flexível entre o indivíduo e o seu envolvimento, que se traduz por um equilíbrio dinâmico entre as exigências do envolvimento e as possibilidades da pessoa (Beckers et al, 1986).

Neste sentido, os programas regulares de actividade física, devem objectivar um estado de condição física que permita o cumprimento das tarefas quotidianas com um mínimo de fadiga e um máximo de eficácia, não podendo de forma alguma utilizarem-se procedimentos que comprometam, a médio ou longo prazo, o bem estar de um indivíduo (Pereira, 1997).

Na relação do corpo com a sua motricidade e no processo de permuta com o envolvimento, podem surgir perturbações, nas quais a redução e afectação das potencialidades corporais evidenciam cargas e situações perturbadoras da saúde (Bento, 1991).

Os benefícios da actividade física e dos programas de condição física para a saúde individual e pública são amplos. Através da análise dos custos e benefícios destes programas, Shephard (1990) verificou que a sua promoção é economicamente favorável e que os ganhos se manifestam por uma alteração no estilo e sentido de vida pessoal, por uma diminuição da procura de serviços médicos, um aumento da qualidade e quantidade da produção, um decréscimo de absentismo no trabalho e mudanças de profissão e redução dos acidentes e doenças do trabalho.

A prescrição da actividade física, na sua visão tradicional, preconizava de acordo com a ACSM (1991) a actividade desenvolvida entre os 20 e 60 minutos de duração, com utilização dos grandes grupos musculares, realizada regularmente 3 a 5 dias por semana, com uma intensidade de 60 a 90% do consumo máximo de oxigénio (VO₂ Máx.), com o objectivo de provocar estímulos adequados a adaptações de carácter crónico, especialmente para a melhoria da aptidão cardiovascular.

Recentemente foram introduzidas novas recomendações, onde de acordo com Pate e col. (1995) são enfatizados os benefícios das actividades físicas de intensidade moderada, relacionadas com a saúde e que a acumulação de actividade física em períodos curtos e intermitentes, os quais são considerados como um conteúdo suficientemente significativo, para uma influência positiva no contexto da saúde relacionada com a actividade física.

A relação entre a actividade física e a saúde tem um significado particular, no qual a sociedade se vê confrontada com um espectro alargado de doenças, as ditas da civilização (Mota, 1997).

As percepções da actividade física também variam de indivíduo para indivíduo e segundo Kenyon (1968) os seus diferentes entendimentos e percepções, podem ser caracterizadas por associações, como a experiência social, a saúde e fitness, a procura do risco, expressão estética, catarse e experiência ascética.

Os efeitos benéficos, quer sejam preventivos ou terapêuticos da actividade física, sobre algumas patologias ou diminuição dos factores de risco para a saúde, notificam um dos principais objectivos da interacção entre a saúde e a actividade física (Pate e col. 1995).

Um estilo de vida activo não implica a necessidade de um programa de actividade física vigoroso, pelo contrário, pequenas formas de exercitação que possibilitam uma mudança nos hábitos de vida sedentários, dos indivíduos podem ser um contributo eficaz na redução dos factores de risco de patologias crónicas e favorecer o aumento da qualidade de vida (Sallis et al., 1986).

Os benefícios que o incremento da actividade física representa para a saúde, é limitado até um certo nível a partir do qual se dá uma inversão na sua relação, ou seja, pode também não trazer efeitos benéficos e a partir dessa situação constituir um factor de risco (Mota, 1997). Estas situações de risco ocorrem segundo Nunes (1999) principalmente com crianças, adolescentes e idosos, que pela sua respectiva imaturidade evolutiva, comportamentos de risco e fragilidade orgânica, são o alvo preferencial para a ocorrência de lesões.

A acção preventiva da actividade física é mais eficaz que a sua componente curativa. Um estilo de vida saudável tem indiscutivelmente uma acção preventiva sobre um conjunto de doenças cardiovasculares e metabólicas, mas se for introduzido apenas o aparecimento das doenças como a diabetes, a actividade física pode não ser suficiente, no programa de reabilitação, para promover o regresso da doença à normalidade. Em síntese podemos dizer que a actividade física é uma componente fundamental da terapêutica ou reabilitação e de muitas doenças que dela beneficiam, mas é ainda muito mais importante na prevenção das doenças (Barata, 1997).

Na relação entre a actividade física e a saúde, podemos identificar três grandes perspectivas, como sejam ,a perspectiva de reabilitação, a perspectiva de prevenção e uma perspectiva orientada para um estilo de vida saudável ou bem estar.

Na perspectiva da reabilitação a actividade física tem como finalidade permitir aos indivíduos portadores de uma deficiência ou incapacidade, um desenvolvimento físico, mental, emocional e social, de acordo com o seu potencial, através de um programa específico de actividades (Arnheim et al., 1977).

Esta perspectiva da actividade física, pode ser caracterizada por diversas componentes (AAHPER, 1973), como a correctiva, terapêutica, reabilitação, adaptada, desenvolvimental e especial. Cada componente da actividade física, tem um objectivo, uma acção específica a realizar, um tipo de problemas sobre o qual incide e tipos de actividades utilizadas, conforme podemos verificar no quadro 1.

Na perspectiva de prevenção, a actividade física é importante na prevenção primária, prevenção secundária e prevenção terciária. Na prevenção primária para impedir que os factores de risco provoquem alterações no organismo, que conduzam a uma patologia. A actividade física como prevenção primária devia começar no início da escolaridade e continuar durante todo o ciclo de vida de um indivíduo, visa segundo Nunes (1999) a manutenção da saúde dos indivíduos.

Na prevenção secundária, após o surgimento do problema, evitar que este se agrave, implicando consequências mais graves para a saúde, através da modificação do comportamento dos indivíduos que já apresentaram o comportamento-problema, mas em que as situações patológicas ainda não são perceptíveis, como por exemplo o sedentarismo e a diabetes (Fontaine et al., 1998).

Quadro 1. Componentes da actividade física adaptada (adaptado de AAHPER, 1973)

Componente	Acção realizada	Tipo de problemas	Tipo de actividades utilizadas
Correctiva	Tratar	Posturais e ortopédicos	Programa de exercícios individuais Actividades específicas individuais
Terapêutica	Prescrever	Actividade motora	Actividades específicas individuais
Reabilitação	Modificar Melhorar	Funções e estrutura	Exercícios específicos Actividades motoras
Adaptada	Modificar Melhorar	Limitações Dificuldades Deficiências	Jogos e desportos Actividades diversificadas
Desenvolvimental	Aumentar tolerância Prevenção Melhorar	Fracos e doentes Baixos níveis de desenvolvimento e performance motora	Actividades individuais progressivas
Especial	Resposta a necessidades e capacidades específicas	Populações especiais	Actividades terapêuticas, reeducativas e adaptadas

Para os indivíduos que já sofreram manifestações patológicas, a prevenção terciária visa modificar o comportamento problema, com o fim de prevenir ou de atrasar a sua evolução, como por exemplo, nas doenças cardiovasculares e diabetes.

Na perspectiva orientada para um estilo de vida saudável ou bem estar, a saúde e qualidade de vida são cada vez mais uma preocupação social e comunitária. A qualidade de vida é segundo a OMS (1993) uma percepção individual da posição dos indivíduos na vida, no contexto da sua cultura e do

seu sistema de valores relativa aos seus objectivos, aos seus êxitos, aos seus padrões. Este conceito integra de forma complexa a saúde física da pessoa, o seu nível de independência, as suas relações sociais, as suas crenças pessoais e as suas relações com os acontecimentos do meio ambiente.

Nesta perspectiva é importante, que a actividade física seja uma componente, que permita ao indivíduo, equilibrar e conciliar os aspectos da vida moderna, nomeadamente, da sua relação com a inactividade que as novas tecnologias lhe proporcionam, a alimentação e a sua necessidade de movimento.

2.2. A Diabetes Mellitus.

A Diabetes Mellitus é uma doença crónica caracterizada pelo aumento dos níveis de glicose no sangue, devido à diminuição ou ausência de produção de insulina (Foster, 1995), ou uma utilização inadequada da insulina pelas células alvo (Wilmore e Costill, 1998). A diabetes pode ser classificada, em:

- 1) *Diabetes do tipo I*, também chamada de diabetes juvenil, porque embora possa aparecer em qualquer altura da vida, surge em geral em crianças ou adultos jovens, antes dos 40 anos de idade. Este tipo de diabetes designada por Diabetes Mellitus Insulino Dependente (DMID) (Foster, 1995), tem um início súbito durante a infância ou na adolescência (Wilmore e Costill, 1998), conduz a uma insuficiência quase total de insulina que exige tratamento perpétuo com insulina, hormona indispensável à vida (Foster, 1995);
- 2) *Diabetes Tipo II*, também chamada diabetes do adulto, pode surgir na grande maioria depois dos 40 anos de idade (Foster, 1995). Ao contrário da tipo I, o início da doença é gradual e as causas são mais difíceis de estabelecer. Caracteriza-se frequentemente por uma secreção insuficiente ou deteriorada de insulina, acção deteriorada da insulina nos tecidos do corpo que respondem à mesma, incluindo os músculos e produção excessiva de glicose desde o fígado (Wilmore e Costill, 1998). Neste caso a terapêutica essencial, centra-se no combate aos erros alimentares,

normalização de peso, programa de exercício físico e luta contra o sedentarismo e stress (Foster, 1995);

- 3) *Diabetes Gestacional*, que pode surgir durante a gravidez, mas frequentemente desaparece após o seu término. Exige tratamento especial e vigilância após o parto (Florence e Yager, 1999; Scott e Peters, 2000). Afecta cerca de 4 % das mulheres grávidas. A diabetes gestacional não controlada, pode causar vários problemas, como macrossomia, hipoglicemia, hipocalcemia e/ou hiperbilirubinemia fetal (Scott e Peters, 2000).

O número de pessoas portadoras da diabetes está a aumentar significativamente em todo o mundo. Em 1985, estimava-se que 30 milhões de indivíduos eram diabéticos, em 1995 este número disparou para 135 milhões e as previsões apontam o valor de 300 milhões de pessoas para o ano de 2025 (Nogueira, 2000).

Estima-se que em Portugal existam meio milhão de diabéticos e que em 2010 existam cerca de um milhão de diabéticos (Corrêa, 2000).

Com a previsão do acréscimo da prevalência da diabetes, os custos associados a esta patologia continuarão a aumentar, tendo implicações quer na vida dos indivíduos, quer nos sistemas de saúde, nos governos e na sociedade (Nogueira, 2000).

Os novos critérios de diagnóstico, podem vir também a contribuir para o aumento do número de diabéticos, porque baixam os valores da glicemia plasmática em jejum de 140 mg/dl para 126 mg/dl. Os valores referidos aumentam já o risco de microangiopatia e a prevalência da macroangiopatia, começa a elevar-se a partir dos valores ainda mais baixos, entre 110 e 126 mg/dl, classificados hoje como de alteração ou anomalia da glicemia em jejum, embora ainda não sejam diagnósticos de diabetes (Corrêa, 2000).

A obesidade tem um papel importante no desenvolvimento da diabetes tipo II, Com a obesidade, as células beta do pâncreas com frequência respondem

menos à estimulação de maiores concentrações de glicose no sangue. As células objectivo do corpo, incluindo os músculos, com frequência experimentam uma redução no número ou activação dos seus receptores de insulina, pelo que a insulina no sangue é menos efectiva no transporte da glicose para o interior das células (Wilmore e Costill, 1998).

Na diabetes tipo II, a progressão da doença é causada por numerosos eventos metabólicos que ocorrem durante um período de anos. Controlando estes eventos, a progressão da doença pode ser retardada ou estabilizada. O prevalence nas pessoas de idades compreendidas entre os 45 e 64 anos é de cerca de 7% , mas a proporção aumenta significativamente a partir dos 65 anos (Florence e Yeager, 1999).

Os indivíduos com diabetes tipo II apresentam um risco agravado de doença coronária, doença vascular periférica e tem uma maior probabilidade para desenvolver dislipidemia, hipertensão e obesidade (Florence e Yeager, 1999).

2.2.1. Complicações da diabetes.

As pessoas com diabetes têm um índice de mortalidade relativamente elevado. A diabetes impõem a uma pessoa um maior risco de falecer, devido ao desenvolvimento de uma série de complicações tardias do organismo. Aproximadamente 40% dos indivíduos com DM, têm complicações tardias da sua doença. Estas complicações evoluem de uma forma silenciosa e muitas vezes, já estão há algum tempo instaladas quando se detectam (APDP, 2000).

As complicações da diabetes são causadas principalmente por lesões dos vasos sanguíneos. As complicações da diabetes podem ser classificadas em:

- a) Complicações microvasculares (lesões dos pequenos vasos sanguíneos) – retinopatia, nefropatia e neuropatia;
- b) Complicações macrovasculares (lesões dos grandes vasos sanguíneos) – macroangiopatia (doença coronária, cerebral e dos membros inferiores) e Hipertensão arterial;
- c) Complicações neuro, macro e microvasculares – pé diabético;

d) Outras complicações – disfunção sexual e infecções (APDP, 2000).

Nos últimos anos, segundo Wilmore e Costill (1998) estabeleceu-se uma importante relação entre as doenças das artérias coronárias, hipertensão, obesidade e diabetes tipo II. A hiper-insulina e a resistência à insulina parecem ser o elo que relaciona estes transtornos, possivelmente pelo facto da estimulação do sistema nervoso simpático ser mediado pela insulina (níveis mais elevados de insulina ocasionam níveis maiores de actividade simpática).

A doença cardiovascular é a principal causa de morbidade e mortalidade nas pessoas diabéticas. O risco de morte é de 2 a 3 vezes superior em pessoas diabéticas em relação às não diabéticas. Os diabéticos têm 2 a 3 vezes mais probabilidade de apresentarem doença cerebrovascular ou de arteriopatia coronária e 5 vezes mais risco de apresentar doença vascular periférica. Aproximadamente 75 a 80 % das pessoas diabéticas adultas morrem em consequência de doenças cardiovasculares (SAMFyC, 1998).

2.2.2. Neuropatia diabética (NPD).

A neuropatia diabética pode afectar qualquer parte do sistema nervoso, com a possível excepção do cérebro. Raramente constitui uma causa directa de morte, mas constitui uma importante causa de morbidade. São reconhecidos diferentes síndromas e, no mesmo indivíduo, pode verificar-se a presença dos diferentes tipos de NPD (Foster, 1995).

Na Diabetes Mellitus, a neuropatia diabética (NPD) é a complicação mais frequente e, a sua prevalência aumenta com o tempo de evolução da DM e com a idade do doente (SAMFyC, 1998, Sanchez e Remacha, 2000).

A NPD surge geralmente após períodos de pelo menos 5 anos de evolução, embora em doentes com DM Tipo II, possam existir grandes períodos de hiperglicémia assintomática, encurtando o período de evolução da neuropatia diabética. Praticamente todos os diabéticos com 10-15 anos de evolução têm alguma evidência de neuropatia (Sanchez e Remacha, 2000).

Outros autores estimaram que cerca de 40 % dos diabéticos já apresentam algum grau de alteração neuropática no momento do diagnóstico, a extensão e a gravidade da NPD relaciona-se directamente com o grau e duração da hiperglicemia. O correcto controle glicémico melhora ou pelo menos desacelera a progressão da NPD (SAMFyC, 1998).

O diagnóstico da NPD baseia-se na anamnese e no exame clínico (exame neurológico: pesquisa de sensibilidades superficiais – térmica e dolorosa, vibratória, profunda, reflexos osteotendinosos e força muscular), quando existem dúvidas no diagnóstico devem-se realizar exames complementares de diagnóstico (SAMFyC, 1998).

A neuropatia diabética manifesta-se de diferentes formas clínicas, que são:

a) *Polineuropatia diabética* – a forma clínica mais comum, é bilateral, simétrica e distal de predomínio sensorial e de instalação lenta e progressiva. Caracteriza-se pelo aparecimento de dor, parestesias, alteração da sensibilidade superficial e profunda com atingimento dos reflexos tendinosos e da marcha. É típico o agravamento nocturno e a atenuação com a deambulação. Nesta forma clínica são muito importantes os cuidados e vigilância dos pés (Foster, 1995; SAMFyC, 2000). O comprometimento das fibras proprioceptivas provoca anormalidades da marcha e o desenvolvimento de articulações de Charcot típicas, sobretudo nos pés (Foster, 1995).

A identificação deste problema faz-se através do exame neurológico, nomeadamente pela pesquisa de sensibilidades (com agulha / monofilamento, algodão, tubo de ensaio com água a temperaturas frias e quentes ou com o frio do diapasão), com diapasão (sensibilidade vibratória), com pesquisa de reflexos osteotendinosos (com martelo de reflexos) (SAMFyC, 2000);

b) *Mononeuropatia diabética* – é menos comum que a anterior, caracteriza-se por um elevado grau de reversibilidade espontânea, habitualmente durante um período de várias semanas (Foster, 1995). Podem classificar-se em : a)

paralisia dos pares cranianos; b) radiculopatia; c) neuropatia periférica; d) amiotrofia diabética (SAMFyC, 2000);

c) *Neuropatia diabética autónoma* – esta forma clínica geralmente surge nos diabéticos com longa evolução e associada a outras complicações (retinopatia, nefropatia). Manifesta-se através de atingimento gastrointestinal (diarreias, alternando com obstipação, incontinência), genitourinário (bexiga neurogénica, disfunção eréctil), cardiovascular (taquicardia em repouso, arritmia sinusal, ausência de dor no enfarte agudo de miocárdio), reacção pupilar lenta, alteração na sudação (diminuição da sudorese nos membros inferiores, aumento compensador no tronco), hipotensão ortostática (associada a náuseas, debilidade, vertigens e síncope) (Foster, 1995; SAMFyC, 2000).

A detecção precoce da NPD é importante na prevenção do pé diabético, prevenção de complicações na neuropatia autónoma e permite melhorar a qualidade de vida iniciando um tratamento sintomático oportuno (SAMFyC, 1998).

2.2.3. Pé diabético.

Pé diabético, consiste numa alteração clínica de base etiopatogénica neuropática e induzida por hiperglicémia mantida, com ou sem coexistência de isquemia, e com desencadeante traumático prévio, produzindo lesão e ou ulceração do pé (Sanchez e Remacha, 2000).

Segundo Foster (1995) as lesões ou úlceras do pé, parecem ser primariamente devidas à distribuição anormal da pressão plantar, secundária à neuropatia diabética, agravando-se o problema quando existem deformações nos pés.

Para Vannereau e Richard (1995), existem factores permissivos, factores desencadeadores, e factores favorecedores que conduzem à lesão ou ulceração do pé diabético (Quadro 2). Os factores permissivos resultam da perda sensibilidade e descida do limiar doloroso, que conduz à não percepção de traumatismos que provocam a ulceração.

Os factores desencadeadores dizem respeito à neuropatia motora, que afecta os músculos intrínsecos da marcha, tendo como consequência a realização de apoios anormais durante a marcha, que provovam picos de pressão mais elevados, que mais tarde conduzem a uma lesão ou ulceração do pé. Há glicolização excessiva, que vai provocar uma alteração nas fibras de colagénio, que por sua vez promovem alterações na pele e tendões. As alterações da pele contribuem para a fragilidade cutânea e as alterações dos tendões conduzem a uma rigidez articular, com consequências para a marcha.

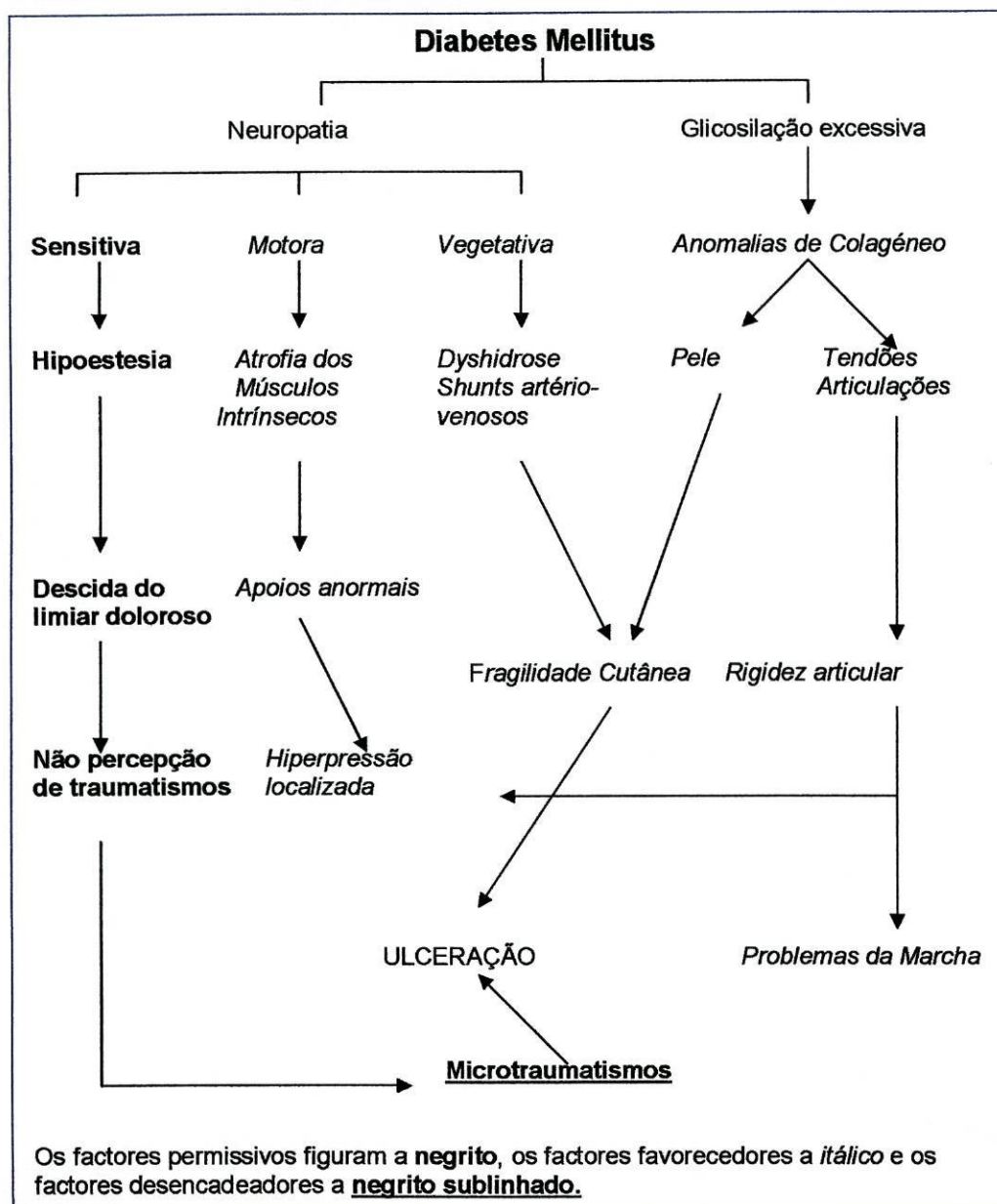
Nos factores desencadeadores, consideram-se ainda a neuropatia vegetativa que tem como consequência a dyshidrose e os shunts artério-venosos, que provocam uma fragilidade cutânea, que leva à ulceração.

Os factores favorecedores, dizem respeito a todos os microtraumatismos resultantes dos outros factores.

Os problemas derivados da patologia do pé do doente diabético são a principal causa de amputação não traumática. Os factores responsáveis pela lesão do pé podem evitar-se através de uma correcta educação do doente, da família e/ou pessoas que cuidam destes doentes, nomeadamente através de uma cuidadosa higiene dos pés e duma vigilância cuidadosa do aparecimento de lesões (SAMFyC, 2000) .

Todos os diabéticos devem ser instruídos sobre a higiene apropriada dos seus pés com o objectivo de evitar o desenvolvimento de úlceras. Os pés devem estar sempre secos e limpos. Os pacientes com neuropatia não devem andar descalços, devido à perda de sensibilidade aos cortes e às perfurações por agulhas, pregos e vidros são comuns e podem encontrar-se corpos estranhos no tecido mole, que o paciente ignora (Foster, 1995).

Quadro 2. Factores de risco de ulceração do pé em diabéticos (Adaptado de Vannereau e Richard, 1995).



É indispensável o uso de calçado adequado, uma vez que as úlceras podem ser uma consequência da formação de bolhas em pacientes nos quais o *déficit* sensorial lhes impede o reconhecimento da sensação de dor (Foster, 1995).

O diagnóstico precoce de uma lesão do pé e o seu tratamento adequado podem manter a integridade do pé na maioria dos doentes, evitando muitas amputações (SAMFyC, 2000) .

A detecção do pé de risco é feita através do diagnóstico:

- a) Da presença de neuropatia periférica (identificada pelo exame neurológico);
- b) Da presença de doença vascular periférica, utilizando vários métodos, como sejam; palpação dos pulsos tibial posterior e pedioso, relação da tensão arterial sistólica (máxima) medida no tornozelo e no braço, oscilometria (permite calcular o défice circulatório existente através da medição do pulso arterial), alteração da cor do pé quando se muda a posição do pé.

O exame dos pés deve fazer-se em cada visita médica (geralmente de 2/2 meses ou num mínimo de 4 vezes/ano), o exame completo que é constituído pelo exame neurológico e pelo exame vascular do pé, pelo menos uma vez por ano.

Segundo Wagner (cit. in SAMFyC, 2000) as lesões ou úlceras do pé diabético, podem ser classificadas em seis graus de gravidade, como pode observar-se no Quadro 3, consoante a extensão da lesão, seja na superfície ou profundidade plantar.

O tratamento do pé diabético, tem como objectivo reduzir os factores de risco (prevenção). Os factores de risco são: a) hiperglicemia, o bom controle glicémico diminui o aparecimento e a progressão das complicações microvasculares e neuropáticas (a neuropatia distal é o factor que mais contribui para o desenvolvimento do pé diabético) (SAMFyC, 2000). A hiperglicemia produz um aumento da glicosilação do colagénio, o que favorece a formação de calos e a diminuição da mobilidade articular (ambos preditivos da formação de úlceras); b) tabagismo; c) hipertensão, os diabéticos hipertensos têm um risco 5 vezes maior de desenvolver vasculopatia periférica; d) dislipidémia associada à DM (aumento de LDLc, triglicerídeos, diminuição de

HDLC) ; e) baixo nível sócio-económico é outro factor de risco devido à pior higiene, a menor cuidado com pés e menor vigilância médica (dos pés e do controle glicémico) (SAMFyC, 2000).

Quadro 3. Graus de gravidade da lesão do pé diabético.

Grau	Gravidade da lesão
0	não existem lesões, mas trata-se de um pé de risco (calos, fissuras, hiperqueratose)
1	úlceras superficiais que costumam aparecer na superfície plantar, na cabeça dos metatarsianos ou nos espaços interdigitais
2	úlceras profundas que penetram no tecido celular subcutâneo, atingindo tendões e ligamentos (não há atingimento ósseo, nem abscesso)
3	úlceras profundas acompanhadas de celulite, abscesso ou osteíte
4	gangrena localizada geralmente no calcanhar, dedos ou zonas distais do pé
5	gangrena extensa

Segundo o grau da lesão, os cuidados a ter para a redução dos riscos em relação à gravidade da lesão (Quadro 4), são os seguintes: *grau 0*, hidratação da pele seca, eliminação da dureza, anti-sépticos suaves nas fissuras, excisão das calosidades, tratamento das deformidades e de micoses; *grau 1*, repouso, limpeza diária da úlcera superficial com soro fisiológico e vigilância; *grau 2*, além do anterior, desbridamento associado a antibioterapia (se a evolução não for favorável excluir osteomielite, com Rx); *grau 3*, perante celulite, abscesso, osteomielite ou sépsis, o doente deve ser hospitalizado para desbridamento, antibioterapia; *grau 4*, hospitalização para estudo da circulação periférica e ponderar tratamento cirúrgico e *grau 5*, amputação (SAMFyC, 2000).

A expansão da diabetes aliada às complicações que pode ocasionar se não for precocemente detectada, convenientemente detectada e convenientemente

controlada, constitui um dos mais graves problemas actuais de saúde pública, que temos de enfrentar com todas as medidas disponíveis (Corrêa, 2000).

Quadro 4. Procedimentos para a redução dos riscos da gravidade da lesão ou ulceração do pé.

Grau	Cuidados para a redução dos riscos da gravidade da lesão
0	hidratação da pele seca, eliminação da dureza, anti-sépticos suaves nas fissuras, excisão das calosidades, tratamento das deformidades e de micoses
1	repouso, limpeza diária da úlcera superficial com soro fisiológico e vigilância
2	além do anterior, desbridamento associado a antibioterapia (se a evolução não for favorável excluir osteomielite, com Rx)
3	perante celulite, abscesso, osteomielite ou sépsis, o doente deve ser hospitalizado para desbridamento, antibioterapia
4	hospitalização para estudo da circulação periférica e ponderar tratamento cirúrgico
5	Amputação

Uma das medidas disponíveis é a prescrição da actividade física e a criação de mecanismos no sentido de promover a importância da actividade física regular nos estilos de vida modernos, de forma a prevenir a tendência para o sedentarismo e as consequências da inactividade.

Neste sentido, a investigação em ciências do desporto e educação física, evidencia a importância da prescrição da actividade física, considerando a heterogeneidade do ser humano, dos seus problemas, das suas motivações, necessidades e estilos de vida.

2.3. A importância da Actividade Física.

As actividades físicas sempre acompanharam o progresso e evolução do ser humano e da sociedade, quer como *suporte da sua adaptação*, quer como meio de valorização (Coelho, 1985).

A sobrevivência e a evolução do homem primitivo dependeram da sua capacidade de movimento, que permitiu a intervenção sobre o meio ambiente físico e social e as respectivas transformações no sentido de satisfazer as suas necessidades básicas.

Ao longo da sua evolução, o ser humano moldou o seu corpo e o seu comportamento motor adquiriu uma grande variedade de formas de movimento e habilidades, como a marcha, a corrida, o salto, o arremesso, a suspensão, o empurrar, puxar, entre outros.

Todas estas formas de movimento e habilidades revelam a capacidade de prestação física que se encontra baseada em factores de ordem condicional (energético – funcional), coordenativa (perceptivo motora), cognitiva (psíquica) e sócio - afectiva.

Segundo Coelho (1985) as actividades físicas constituem um fenómeno universal que ocupa, hoje, um lugar de relevo no âmbito das actividades humanas, atraindo as atenções e a participação de elevado número de pessoas de todas as idades, mobilizando poderosos meios económicos, humanos, da comunicação social. Influenciando e recebendo influência de todos os sectores da prática social: arte, saúde, educação, comércio e indústria, entre outros.

A evolução social vem determinando à actividade física uma importante condição essencial para o desenvolvimento do bem-estar do indivíduo, englobando áreas fundamentais como a das ciências do desporto e da saúde. A influência benéfica do movimento sobre algumas variáveis funcionais relacionadas com a saúde, como sejam a alteração dos estilos de vida na idade adulta, da sua acção profilática face a algumas patologias degenerativas e diminuição dos factores de risco como a obesidade , hipertensão e diabetes (Mota, 1991).

Os principais objectivos da procura da prática de actividade física, são a ocupação dos tempos livres e as actividades de lazer, redução de peso, o aumento da capacidade de esforço e a prevenção ou reabilitação física ou psíquica da doença (Costa, 1991).

Segundo Macleod et al. (1987) desde os últimos 30 a 40 anos, até à última década, nas sociedades com consciência da saúde, o exercício foi recomendado como elemento essencial de um estilo de vida normal, para manter uma boa saúde, melhorar a doença, a incapacidade e a depressão.

Segundo Coelho (1985) o interesse que hoje se verifica pelas actividades físicas, o carácter fortemente mobilizador e congregador daquelas actividades, fundamentam-se nas seguintes razões:

a) Razões de natureza biológica: necessidade de movimento e de dispendir energia.

O potencial das forças musculares e nervosas, os factores hormonais, as capacidades cardíacas e pulmonares suscitam uma tensão orgânica que se exprime e liberta pelo movimento, pelo exercício físico.

Fazer funcionar o motor corporal, experimentar as suas possibilidades, a activação da circulação e da respiração, a transpiração, as contracções musculares, o gasto de energia, são aspectos que dão satisfação e prazer e contribuem para o equilíbrio do indivíduo;

b) Razões de natureza psicológica e social: são um campo fértil de oportunidades para a afirmação da personalidade e expressão das tendências sociais (desejo e necessidade de pertencer a um grupo social).

As actividades físicas e a prática desportiva são ocasiões privilegiadas de convívio e participação social, de satisfação de necessidades biológicas e psicológicas elementares e admitem inúmeras oportunidades de exercício,

desenvolvimento e afirmação da personalidade individual: como praticante, como técnico, como árbitro e como simples espectador.

A actividade física, as actividades corporais, o exercício físico, pelos seus efeitos benéficos sobre o organismo, constituem um factor indispensável à manutenção, protecção e melhoria de saúde (considerada segundo a OMS de uma forma global) desde que conjugado com outros aspectos: o repouso, a alimentação e a higiene, o contacto com o ar livre e os agentes físicos naturais, a protecção da natureza, o equilíbrio ecológico e o combate à poluição, os espaços verdes e as áreas habitacionais racionalmente concebidas, incluindo os necessários e adequados equipamentos sociodesportivos.

As actividades físicas assumem, hoje, um relevante papel compensador da perturbações biológicas e psicológicas resultantes das características da vida moderna (urbana).

As actividades físicas são expressão e meio de cultura directamente ligadas ao processo de desenvolvimento social: constituem um conjunto de valores adquiridos, desenvolvidos e aperfeiçoados pelo Homem no decorrer da sua evolução social, cultural, anatómica e biológica.

A actividade física é natural e biológica e psiquicamente necessária. O ser humano está preparado e adaptado ao movimento e necessita dele. A actividade física influencia o crescimento, desenvolvimento e criação de estilos de vida saudáveis (Horta e Barata, 2000).

Na prevenção, tratamento de doenças e promoção da saúde, a actividade física é altamente eficaz e uma componente de reabilitação, porque implica benefícios fisiológicos e psicológicos (Elrick, 1996).

A actividade física contribui significativamente para a melhoria da saúde física e psíquica, porque reduz os riscos de hipertensão arterial, da doença coronária, de insuficiência vascular cerebral, de diabetes no adulto, da osteoporose, da obesidade, do reumatismo, cancro, reduz o colesterol e os triglicéridos,

transmite uma sensação de bem-estar e aumenta a capacidade de lidar com o stress, realça a auto-imagem, melhora a aparência, aumenta a energia, reduz o risco da doença pulmonar obstrutiva crónica (Elrick, 1996; Pedreira, 1997).

Segundo Elrick (1996) as mudanças positivas no estilo de vida, tais como os hábitos mais saudáveis de alimentação, deixar de fumar, estimulação do pensamento criativo, são reforçadas pela actividade física.

A actividade física regular é também vantajosa em termos económicos, porque se verifica que os participantes em programas de actividade física regular, no local de trabalho parecem ter menor risco de doença em geral, recorrem menos vezes aos serviços de saúde, têm menor taxa de absentismo e são mais produtivos (Horta e Barata, 2000).

A actividade física regular é também vantajosa em termos económicos, porque se verifica que os participantes em programas de actividade física regular, no local de trabalho parecem ter menor risco de doença em geral, recorrem menos vezes aos serviços de saúde, têm menor taxa de absentismo e são mais produtivos (Horta e Barata, 2000).

Desde a pré-história até aos nossos dias, o homem tem aplicado todo o seu conhecimento no sentido de reduzir o seu esforço físico em todas as tarefas que executa. Em consequência, o estilo de vida actual, opõem-se radicalmente, ao que era à milhares de anos, surgindo o sedentarismo, como uma das principais características das sociedades ricas. Actualmente, a quantidade de indivíduos sedentários é a maior de sempre, constituindo um potencial problema para a saúde pública dos países desenvolvidos (Paffenbarger et al., 1993; Majem et al., 1994; Heyward, 1996).

Segundo Buceta & Bueno (1996), a actividade física não é só exercício físico, podendo abranger também, todo o tipo de mobilidade que se traduz num consumo de energia. Estes autores, propõem por isso, a utilização das expressões actividade física e actividade quotidiana.

Podemos considerar a actividade física, como um qualquer tipo de movimento, do dia a dia (andar, subir escadas, etc) ou marcadamente desportivo, realizado isoladamente ou como parte de um todo, que se traduz por uma acção dos músculos esqueléticos com conseqüente gasto energético, acrescido ao gasto do metabolismo basal. (Bouchard & Shepard, 1993; Majem et al., 1994; Wojtek & Chodzko-Zajko, 1997).

Podemos referir, com base no que foi exposto anteriormente, que a actividade física engloba: as actividades laborais (deslocamentos, manipulação de máquinas, transporte e manipulação de objectos, etc); as actividades domésticas (varrer, limpar o pó, lavar a roupa, etc), as actividades físicas em tempo de ócio ou recreativas; todas as actividades físicas realizadas no tempo livre, geralmente lúdicas e não planificadas (caminhar, jogar, dançar, jardinagem, viajar, etc); o exercício físico que implica uma actividade física planificada, repetitiva, realizada com o objectivo de manter ou melhorar a saúde ou a condição física (correr, nadar, andar de bicicleta, etc); o desporto que em sentido estrito considera a actividade física competitiva e no sentido lato, o exercício físico e as actividades recreativas (jogar ténis, futebol, basquetebol, etc).

Sempre que a actividade física é planificada, estruturada e repetitiva, tendo como objectivo a melhoria ou manutenção de um ou mais componentes da aptidão física, esta corresponde ao exercício físico. Nesta perspectiva, o desporto é considerado actividade física regulamentada e competitiva (Majem et al., 1994). Para estes autores, de um ponto de vista prático, a actividade física pode ainda ser classificada em três categorias: a que é realizada durante o sono, o tempo livre ou o trabalho.

Segundo Nunes (1999), a actividade física assume expressões distintas: a utilitária, a educação física e o desporto. A realização de qualquer uma delas de forma moderada, é favorável à manutenção da saúde e prevenção de doenças.

2.4. Actividade Física e Diabetes.

No indivíduo diabético, os riscos e os benefícios da actividade física dependem do tipo de diabetes, programa de tratamento, grau de controlo glicémico e a presença ou ausência de complicações microangiopáticas ou macroangiopáticas (Pérez e Cruz, 1996).

A actividade física regular é importante em todos os tipos de diabetes, melhora o controlo glicémico e deve-se prescrever pelas mesmas razões que se deve fomentar para a população em geral. Além disso, a prática de exercício físico regular, melhora o controlo glicémico a longo prazo nos pacientes com diabetes tipo II (Pérez e Cruz, 1996; Wilmore e Costill, 1998).

O programa de tratamento e reabilitação dos indivíduos com diabetes, deve ter como componentes a dieta, a insulina e a actividade física regular (Gordon, 1993).

Na diabetes a actividade física pode impedir ou atrasar as complicações vasculares sérias e trazer benefícios para os que desenvolvam a doença mais tarde. Aumenta a eficácia da insulina, reduzindo a necessidade da sua ingestão, aumenta o metabolismo do açúcar e diminui o risco de doença coronária (Elrick, 1996).

O pâncreas endócrino tem múltiplas funções no metabolismo dos glúcidos, através das suas duas principais hormonas, a insulina e o glucagon. A insulina tem múltiplas funções no metabolismo dos glúcidos. Segundo Barata e Matos (1997), os seus mecanismos de acção em repouso e em esforço, são importantes para se compreender o papel da actividade física na prevenção e terapêutica da diabetes.

A insulina facilita a entrada de glucose e a sua utilização em todas as células do organismo, excepto nos neurónios e glóbulos vermelhos, a sua acção faz-se sentir com mais preponderância no fígado, nos músculos e no tecido adiposo.

Durante a actividade física a produção e libertação de insulina, pelas células pancreáticas, resultam da estimulação simpática, que através dos seus efeitos alfa-adrenérgicos, inibe a libertação de insulina pelo pâncreas e da insulinémia se manter baixa e não se elevar em resposta à subida da glicémia. A estimulação simpática, sensibiliza o fígado à acção de catecolaminas e do glucagon, conduzindo à glicólise hepática (Barata e Matos, 1997).

A supressão da secreção de insulina é proporcional à intensidade da actividade física e à medida que esta actividade se prolonga, devido aos níveis de insulina estarem baixos, a produção de energia passa a estar cada vez mais dependente da lipólise, uma vez que ao deixar de haver insulina livre, provoca uma diminuição da lipólise. Resultam daqui duas consequências, quanto mais prolongada a actividade física, mais a produção de energia se torna dependente dos ácidos gordos livres, provenientes do tecido adiposo e devido à redução da insulinémia durante o esforço, torna-se diferente ingerir glúcidos de alto índice glicémico na(s) hora(s) que precedem o esforço ou durante o próprio esforço. No primeiro caso, em repouso a ingestão de glúcidos, provoca uma resposta insulínica e quando se inicia o esforço, o indivíduo poderia estar numa fase de hipoglicémia reactiva, o que afectaria o seu desempenho (Barata e Matos, 1997).

Os programas de actividade física regular (AFR) repercutem-se favoravelmente na tolerância à glicose, sendo os efeitos do treino físico mais evidentes para aqueles que à partida evidenciam alterações mais marcadas a este nível. Para os indivíduos hiperinsulinémicos, os programas de AFR reduzem os níveis plasmáticos de insulina (Pereira, 1997).

Na actividade física regular, de intensidade sub-máxima a insulinémia diminui, tanto mais quanto maior for a sua intensidade e duração, começa a subir cerca de três horas após o esforço, voltando aos valores basais após 8 a 16 horas, conforme a intensidade e duração do esforço (Barata e Matos, 1997).

Os indivíduos que fazem actividade física regular prolongada têm menor necessidade de insulina em repouso, donde se pode concluir que esta diminui

as necessidades de insulina para a regulação da glicémia, que no caso dos indivíduos diabéticos, a pouca insulina produzida pelo pâncreas pode passar a representar uma menor carência e nos obesos e diabéticos não insulino-dependentes em que existe hiperinsulinémia por insulino - resistência periférica, diminui a resistência à insulina, o que leva a uma diminuição da hiperinsulinémia (Barata e Matos, 1997).

A actividade muscular leva a um maior consumo do glicogénio armazenado nos músculos com a sua conseqüente deplecção, o que gera uma resposta que consiste no aumento de captação da glucose sanguínea pelos músculos com falta de glicogénio, com o fim de repor os seus níveis, podendo manter-se esta acção nas 24 horas a 72 horas seguintes, o denominado fenómeno de última dose. Se a actividade física for regular, estas adaptações sucedem-se e o aumento da captação de glucose pode manter-se prolongadamente (Barata e Lisboa, 1997).

A actividade física regular promove, a longo prazo, o aumento da sensibilidade à insulina dos tecidos hepático, muscular e adiposo. Para uma dada concentração plasmática de insulina, a glucose passa a ser mais facilmente removida do sangue, o que vai originar menor produção de insulina pelo pâncreas, para cada valor de glicémia. Esta adaptação crónica ao exercício vai economizar insulina, optimizando a sua eficácia (Barata e Lisboa, 1997).

A complexidade do tratamento da diabetes requer uma combinação de métodos para conseguir níveis de glicemia saudáveis e impedir ou reduzir as complicações sérias da doença. Um regime de actividade física, correctamente prescrito e ensinado, ajuda no tratamento e permite aos pacientes ter uma vida saudável e activa (Elrick, 1996).

2.4.1. Actividade Física e Diabetes Tipo I.

As mudanças na homeostase da glucose são variáveis e dependem do grau de administração de insulina, controlo metabólico prévio, presença ou ausência de neuropatia autonómica e aporte calórico. A fonte de energia e a disponibilidade

equilibradas de insulina podem ter efeitos significativos, quando se realiza actividade física, ou actividade física desportiva. Os níveis excessivos de insulina suprimem a produção hepática da glicose, e consequentemente níveis de glicose do sangue podem ser encontrados pela secreção deficiente do glucagon, que é comum., após vários anos da doença (Araújo e Facio, 2000).

O diabético bem controlado pode realizar exercício físico aeróbio intenso, sem problemas, durante 30 a 45 minutos. Podem ter diminuídas as reservas de glicogénio no fígado e a sua extensão aos músculo-esquelética. A falta de reserva, conduz a um menor resistência aeróbia, comparativamente com indivíduos não diabéticos. A hipoglicémia é uma ocorrência comum, neste tipo de diabetes (Araújo e Facio, 2000).

O diabético tipo I corre maior risco de desenvolver hipoglicemia severa 6 a 14 horas após a actividade física. O músculo e o glicogénio hepático, devem ser restaurados durante os períodos de repouso (Barata e Matos, 1997).

A insulina e a entrada calórica devem ser ajustados após o exercício vigoroso para evitar a hipoglicemia nocturna severa (Araújo e Facio, 2000).

A hipoglicemia pode ocorrer, devido à absorção aumentada de insulina, nas extremidades dos locais onde se deu a injeção de insulina. Um dos locais apropriados para a injeção de insulina, antes da prática de actividade física é no abdómen, uma vez que é geralmente mais rápida e maior confiança, do que utilizando zonas dos membros (Araújo e Facio, 2000).

O diabético tipo I não aumenta a secreção de insulina no pós exercício e pode resultar em hiperglicemia que pode ser profunda e prolongada por dias, devido à deficiência de insulina. No controlo a presença de cetonúria deficiente, um exercício adicional, pode rapidamente conduzir o paciente a um aumento danificado da glicose, lipólise aumentada, cetógenese e à produção hepática de glicose, se não tomar insulina (Barata e Lisboa, 1997).

A actividade física é considerada elemento importante no plano de tratamento da diabetes. O exercício regular e o treinamento melhoram o controlo glicémico (Wilmore e Costill, 1998).

Na diabetes tipo I os indivíduos realizam actividade física, são propensos à hipoglicemia durante e imediatamente após o exercício e o seu fígado não permite libertar glicose a um ritmo que pode compensar o da sua utilização. O exercício pode conduzir a oscilações excessivas dos níveis de glicose no sangue que são inaceitáveis para o tratamento da doença. O grau de controlo glicémico durante o exercício varia muito de um indivíduo para outro. Como consequência, o exercício e os treinos com exercícios podem melhorar o controlo glicémico em alguns pacientes, especialmente aqueles que são menos propensos à hipoglicémia (Wilmore e Costill, 1998).

Mesmo que o controlo glicémico, não melhore nas pessoas tipo I, há potenciais benefícios, uma vez que têm um risco três vezes superior de sofrer de doenças das artérias coronárias e o exercício pode ser importante para o reduzir. O mesmo argumento pode ser utilizado para reduzir o risco de doenças cerebrovasculares e das artérias periféricas (Wilmore e Costill, 1998).

As pessoas com diabetes tipo I sem complicações não têm que restringir a sua actividade física, se controlarem os níveis de sangue adequadamente. Este controlo é importante para determinar as doses de insulina e a dieta. Para evitar a hipoglicémia durante e depois do exercício podemos utilizar as seguintes orientações (adaptado de Vitug et Cols, cit. In Wilmore e Costill, 1998):

- 1- por cada 30 minutos de exercício de intensidade moderada – consumir de hidratos de carbono 15-30g;
- 2- consumir um lanche de hidratos de carbono de absorção lenta depois de sessões prolongadas de exercício;
- 3- adaptar o esquema das doses de insulina;
- 4- evitar exercitar o músculo correspondente ao local da injeção de insulina de actuação curta para uma hora;
- 5- evitar o exercício ao fim do dia.

2.4.2. Actividade Física e Diabetes Tipo II

Na sua fase inicial, é uma doença de patogenia mais periférica do que pancreática. Nas fases pré-diabéticas de glicémias sempre normais já existe uma insulinoresistência, ou seja a perda de sensibilidade, dos tecidos alvo, à acção da insulina. O pâncreas responde com hipersecreção e a consequente hiperinsulinémia fecha o ciclo vicioso, que para além da insulinoresistência, produz regulação negativa do número dos seus receptores (Down regulation) que à posteriori, gera maior hiperinsulinémia. A hiperinsulinémia leva ao aumento da síntese dos triglicéridos no tecido adiposo e por outro lado a obesidade é factor de insulino-resistência (Barata e Lisboa, 1997).

A actividade física tem um papel importante, no ciclo supracitado, uma vez que aumenta a sensibilidade à insulina e é factor de emagrecimento (Barata e Lisboa, 1997).

Na doença estabelecida, os efeitos directos da actividade física regular, sobre o metabolismo glucídico são provavelmente pequenos, estima-se que após 30 minutos de exercício moderado a intenso (70% a 75% do VO₂ max) se obtenha uma queda de 10% da glicémia, mas a redução do aporte calórico tem muito mais impacto (Barata e Lisboa, 1997).

Na doença em fase precoce ou na simples tolerância diminuída à glicose, a importância da actividade física aumenta, uma vez que pode fazer desaparecer a tolerância diminuída à glicose e melhorar acentuadamente a diabetes tipo 2 ou fazê-la regredir, se for acompanhada de excesso de peso. É sobretudo a estes indivíduos que deve chegar a mensagem da actividade física regular, por serem os que mais lucram com ela (Barata e Lisboa, 1997).

Os benefícios da actividade física, para o indivíduo DMNID, são substanciais, e estudos recentes têm demonstrado a importância dos programas a longo prazo, para o tratamento e a prevenção desta doença metabólica e suas complicações (Florence e Yager, 1999).

O tratamento inicial da diabetes consiste na perda de peso, controlo dietético, exercício e agentes hipoglicémicos orais. A reposição de insulina é raramente necessária, mas deve ser adicionada ao regime de tratamento quando a hiperglicemia surge (Araújo e Facio, 2000).

Desempenha uma importante função no controlo glicémico. A produção de insulina não é problema neste grupo, especialmente nas fases iniciais, pelo que o principal preocupação é a falta de resposta das células alvo à insulina. Uma vez que se tornam resistentes à insulina, a hormona não pode transportar a glicose através das membranas das células. Yvi (cit. In Wilmore e Costill, 1998) demonstrou que a contracção muscular tem um efeito similar ao da insulina.

A permeabilidade da membrana à glicose aumenta com a contracção muscular, possivelmente devido a um incremento no número de transportadores da glicose associados à membrana do plasma. Por isso sessões de exercício intenso reduzem a resistência à insulina e aumentam a sensibilidade à mesma. Isto reduz as necessidades de insulina das células, o que significa que as pessoas que tomam insulina devem reduzir as doses. Esta redução à resistência de insulina e ao incremento da sensibilidade à mesma pode ser sobretudo uma resposta à sessão de exercício de cada indivíduo mais que o resultado de um plano a longo prazo associado ao treino (Wilmore e Costill, 1998).

O exercício contribui para controlar a hiperglicemia, melhorar a sensibilidade à insulina, melhorar a produção de insulina e reduzir a obesidade. A actividade física contribui ainda em combinação com dieta apropriada, que a diabetes surja nas pessoas de risco (Araújo e Facio, 2000).

No início do exercício o paciente não responde a uma diminuição da concentração de glicemia, como no indivíduo não diabético. Isto deve-se à concentração aumentada de glicose nos tecidos periféricos. Como consequência a glicose do sangue é mais elevada, e a produção da glicose do fígado para permitir a normalização da hiperglicemia pela redução total no nível de glicose. Em contraste com os de Tipo I, os de tipo II não sofrem geralmente

de hiperglicemia porque os níveis endógenos de insulina podem ser mantidos (Araújo e Facio, 2000).

2.4.3. Os Riscos e Benefícios da Actividade Física na Diabetes.

O conhecimento dos benefícios e riscos da actividade física para os indivíduos diabéticos, devem fazer parte da educação do indivíduo diabético e da formação dos intervenientes na programação das actividades físicas, para a reabilitação dos doentes diabéticos e prevenção das complicações associadas.

Muitos indivíduos diabéticos que teriam condições gerais para a prática da actividade física, não o podem fazer devido aos problemas com os pés. O diabético neuropata, pode terminar uma corrida com bolhas consideráveis nos pés, sem ter sentido dor e pode mesmo ter lesões nos pés antes de iniciar a actividade física. Para a prática da actividade física regular, dos indivíduos que apresentam as limitações referidas, existem soluções alternativas, ou seja actividade física adaptada aos seus problemas, no sentido de não perderem os seus benefícios (Barata e Lisboa, 1997).

Ainda segundo o autor supracitado, a prescrição do exercício físico nos diabéticos tem de ser particularmente individualizado, em função do tipo da doença, sua gravidade e complicações existentes. O grau de risco cardiovascular, a necessidade de maior ou menor vigilância metabólica, a educação diabetológica do doente e o grau de controle da doença, vão ditar se a actividade física terá de se inserir num programa mais restrito e supervisionado, ou se pode ser alargado, em termos locais e tipos de práticas.

É difícil dissociar os conceitos de saúde e condição física com aspectos fundamentais no bem estar do indivíduo. A saúde considera-se como um todo que se pretende atingir, sendo a condição física uma das variáveis mais significativas da qualidade de vida das pessoas, proporcionando ajustamentos e defesas em relação a um meio endógeno e exógeno em constante mudança (Pereira, 1997).

Os programas regulares de actividade física, devem objectivar um estado de condição física que permita o cumprimento das tarefas quotidianas com um mínimo de fadiga e um máximo de eficácia, não podendo de forma alguma utilizarem-se procedimentos que comprometam, a médio ou longo prazo, o bem estar de um indivíduo (Pereira, 1997).

Segundo Gordon (1993) existem 13 cruciais benefícios da actividade física, na promoção da saúde, de indivíduos diabéticos :

- 1) Aumento da sensibilidade à insulina;
- 2) Melhor capacidade funcional, que permite realizar tarefas diárias com facilidade;
- 3) Realça o bem-estar;
- 4) Menor risco de desenvolver doença artério coronária;
- 5) Menor risco de morte por enfarte miocárdio;
- 6) Menor necessidade de Oxigénio para o coração, durante o exercício;
- 7) Diminui a viscosidade das plaquetas sanguíneas, logo diminui a hipótese de formação de coágulos;
- 8) Menor risco de desenvolver a longo prazo, pressão arterial alta e baixa os valores de pressão arterial já elevados;
- 9) Redução dos níveis de triglicéridos;
- 10) Aumento das lipoproteínas de alta densidade (HDL) do colesterol, o colesterol benéfico para o organismo;
- 11) Colesterol total "mais saudável" devido ao rácio do colesterol – HDL;
- 12) Redução da obesidade;
- 13) Redução do risco de desenvolver osteoporose.

A prática da actividade física, pode trazer riscos. Os pacientes diabéticos enfrentam os seguintes potenciais riscos:

- 1) Hipoglicémia, para pessoas que tomam insulina ou antidiabéticos orais;
- 2) Hiperglicémia e para os de Tipo I, cetoacidose;
- 3) Hemorragia Retiniana;
- 4) Excreção de proteína na urina;
- 5) Maior variação da pressão arterial sistólica (TAS);

- 6) Maior risco de desenvolver úlceras do pé e lesões ortopédicas, especialmente em pessoas com neuropatia periférica;
- 7) Aumento da temperatura corporal (Gordon, 1993).

2.5. Locomoção Humana – A Marcha

2.5.1. Evolução dos estudos da marcha

A marcha é uma actividade de uma antiguidade extrema, as descobertas de uma expedição antropológica que reuniu Etíopes, Franceses e Americanos no Vale de L'Afar indicam que o homem marcha há três milhões de anos (Plas et al., 1983).

O estudo da locomoção humana e as suas aplicações do ponto vista histórico revela avanços desde a representação de pinturas do homem primitivo em cavernas na era do paleolítico, que descreviam homens e animais em movimento, até aos modernos e sofisticados equipamentos que permitem caracterizar a marcha e identificar os padrões normais e patológicos no sentido de compreender o movimento humano e permitir no caso de anomalias, ajudar a compreendê-las e corrigi-las (Andriacchi e Alexander, 2000).

Weber (1836) realizou um dos primeiros estudos em que utilizou parâmetros quantitativos, temporais e de distância durante a locomoção humana. O seu trabalho estabilizou um modelo que permitiu estudos quantitativos subsequentes.

Marey (1877) e Muybridge (1879), quantificaram testes de padrões do movimento humano usando técnicas fotográficas. Muybridge usou uma série de câmaras para fazer uma sucessão de retratos múltiplos de animais e seres humanos, neste movimento.

Wilhelm Braune e Fischer Otto (cit. In Andriacchi e Alexander, 2000) relataram as medidas de movimento dos segmentos corporais, as forças comuns e os dispêndios energéticos através dos cálculos mecânicos newtonianos. O seu

trabalho motivou interesse para aplicações militares para melhorar os movimentos dos militares.

Durante o ano de 1950 houve uma necessidade de compreensão da locomoção humana, para o tratamento de veteranos da II guerra mundial. O trabalho clássico realizado por Eberhart (1947) e Inman et al. (1981) na Universidade de Califórnia providenciaram grande recurso à ciência relacionando a mecânica dos movimentos humanos. Este trabalho forneceu a base das técnicas básicas fundamentais para o estudo da locomoção humana .

Borelli (1989) ao considerar que os modelos dos sistemas biomecânicos fornecem uma base para procurar a verdade com a aplicação das leis da física, foi o primeiro a aplicar as leis da física à análise dos movimentos de locomoção dos animais. No seu trabalho clássico *De Motum Animalum* em 1680, reconheceu que as estruturas biológicas complexas podiam ser reduzidas para simplificar as construções que facilitaram a estimação de forças e dos testes de padrões de movimento. O trabalho deste autor foi fundamental para o desenvolvimento de modelos biomecânicos e do estudo do movimento humano.

Recentemente a instrumentação e as técnicas computacionais, forneceram novos meios para o avanço do estudo da locomoção humana. As limitações relativas à captação automática do movimento, foram ultrapassadas com a utilização das novas tecnologias computacionais. Esta nova metodologia permitiu estender as aplicações à análise dinâmica dos problemas clínicos (Andriacchi e Alexander, 2000).

A aplicação de estudos quantitativos da locomoção humana contribuiu para a melhoria nos tratamentos de problemas do sistema locomotor. O tratamento de problemas neuromusculares foi melhorado, através da análise das características dinâmicas da marcha dos pacientes, antes do tratamento. Perry (1992) foi um dos pioneiros na aplicação clínica das técnicas de análise da marcha no tratamento de pacientes com paralisia cerebral.

Delp et al. (1990) utilizaram os modelos computadorizados do sistema musculoesquelético, que contribuíram substancialmente para compreender os efeitos biomecânicos no tratamento da paralisia cerebral.

2.5.2. A marcha.

A marcha no ser humano resulta de duas habilidades que são o equilíbrio e a locomoção. O equilíbrio permite manter a postura erecta e a coordenação sucessiva de movimentos para a realização da marcha. A locomoção é uma habilidade que permite iniciar e manter o movimento com um determinado ritmo. Segundo Huang e Glass (1999), embora estas duas habilidades sejam essenciais, existem outros factores que contribuem e estão envolvidos, como sejam o sistema músculo-esquelético, o tónus muscular, os sistemas sensoriais, o sistema vestibular e o sistema sensório-motor.

A marcha envolve distintos padrões de movimentos baseados fundamentalmente na formação e evolução de estereótipos dinâmicos cuja génese é estabelecida por complexas estruturas neurológicas sincronizadas com as demais funções do aparelho locomotor humano (Amadio et al, 1996).

A marcha é o resultado da actividade integrada dos gânglios de base, do mesencéfalo, do cerebelo e da medula espinhal. A informação proveniente dos movimentos articulares e das fibras musculares aferentes, são também outros elementos importantes para a deambulação. Sem informações sensoriais de retorno apropriadas, o padrão da marcha é bastante prejudicado (Gilman, 1994).

Na marcha normal, o corpo deve permanecer erecto, a cabeça recta e os braços devem pender soltos do lado do corpo, movendo-se com ritmo com o movimento da perna oposta. Os ombros e o quadril devem estar paralelos e os braços oscilarem uniformemente. Os passos devem ser rectos e de igual comprimento. A cabeça não deve estar inclinada e não deve haver escoliose ou lordose apreciáveis. A cada passo, o quadril e o joelho devem fazer uma suave flexão, com dorsiflexão do tornozelo, o pé deve deixar o chão facilmente.

O calcanhar atinge o solo em primeiro lugar, e o peso do corpo deve ser transferido sucesivamente para a sola dos pés e depois para os tornozelos. A cabeça e o corpo devem rodar ligeiramente a cada passo, sem cambalear (Gilman, 1994).

Na marcha podem observar-se diferentes formas características de indivíduo para indivíduo, como a passada larga ou curta, arrastar ou não os pés. A marcha é muitas vezes reflexo, dos seus traços de personalidade e pode reflectir reserva timidez ou agressividade e autoconfiança (Gilman, 1994).

Segundo Vander (1966), a marcha é caracterizada por um movimento que em determinado momento, os dois pés estão apoiados no chão, o que se chama fase de duplo apoio. No intervalo dos dois apoios duplos apoios, um só pé suporta o corpo enquanto o membro inferior do outro se eleva e oscila: é o período de apoio unilateral. O mais simples é o espaço compreendido entre os dois pés no momento do duplo apoio. Chama-se duplo à série de movimentos executados entre o momento onde o membro oscilante toca o solo e o outro recupera o contacto com o solo.

Para Weineck (1995), a marcha caracteriza-se por uma fase anterior e outra posterior de apoio, uma fase posterior e outra anterior de oscilação, onde têm um papel activo os diferentes grupos musculares que actuam sobre diversas articulações, dos membros inferiores, em que o pé em contacto com o solo, sofre uma reacção e uma consequente situação de stress, provocada pelas forças de reacção do solo na superfície plantar.

2.5.3. Ciclo da Marcha

No ciclo da marcha, para cada pé, podemos identificar, uma fase de apoio e uma fase balanço ou de oscilação, em que segundo Amadio et al. (1996) o período em que o pé está em contacto com solo, corresponde à fase de apoio e o momento em que o pé está levantado do solo, até que o calcanhar toque o solo corresponde à fase de balanço.

A fase de duplo apoio é uma característica da marcha, na qual o tempo de apoio é maior que o de balanço, havendo uma sobreposição entre as fases de apoio de ambos os lados, que corresponde, ao tempo de duplo apoio. O tempo de apoio simples do pé, ocorre quando, só um pé está no solo, enquanto o outro está em fase de balanço (Araújo, 2000).

Na marcha a fase de apoio compreende aproximadamente 60% do ciclo da marcha e a fase de balanço 40% do ciclo da marcha (Figura 2). A proporção da fase de balanço à fase de apoio varia com a velocidade da marcha e da corrida. Quando a velocidade aumenta a percentagem de tempo gasto na fase de apoio diminui. O tempo é gasto então na fase de balanço e há um aumento da importância dos músculos que actuam na fase de balanço (Pribut, 1998).

A fase de apoio é o período de tempo durante o qual o pé está em contacto com o solo. A fase de apoio, pode ser dividida em três componentes ou sub-fases, que são:

- 1) *contacto com o solo*, começa quando o calcanhar toca o solo e termina quando a superfície plantar está em contacto com o solo. Durante esta sub-fase existe uma pronação do pé na articulação subtalar. O pé move-se em rotação interna e absorve o choque funcionando como um adaptador móvel à superfície do solo;
- 2) *apoio médio*, começa quando o pé inteiro está em contacto com o solo. O peso do corpo é sustentado por um dos pés, enquanto a tibia e o corpo se movem para diante e o pé oposto está fora do solo. Durante esta fase o pé move-se externamente e executa um movimento de supinação na articulação subtalar. Neste momento passa de adaptador móvel a uma alavanca rígida, para projectar o corpo para diante, durante a fase final de apoio;
- 3) *propulsão*, começa após o calcanhar e as extremidades dos dedos perderem o contacto com o solo. Esta fase constitui 35% da fase final do

apoio. Nesta fase o corpo está projectado para diante, enquanto o peso se desloca para o pé oposto, em contacto com o solo. A articulação subtalar, deve estar em supinação nesta posição, para que esta fase seja normal e eficiente. Se ocorrer uma pronação anormal, a fase de apoio médio e a fase de propulsão, serão provavelmente prolongadas na transferência através do pé dianteiro (Pribut, 1998).

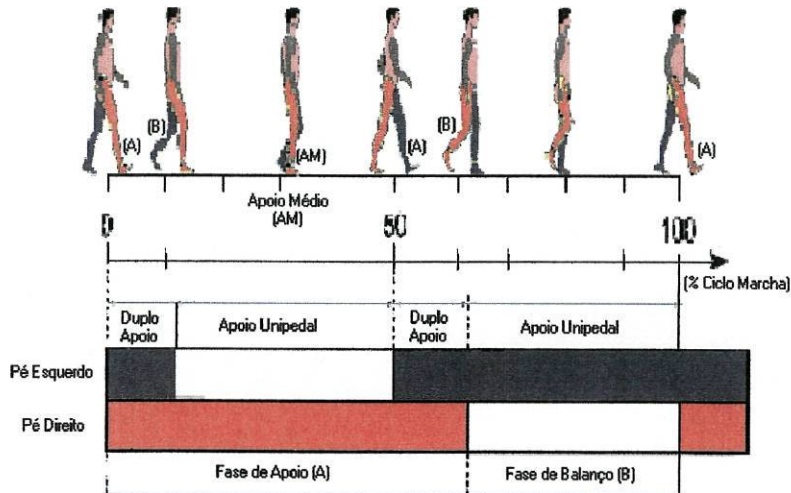


Figura 2. Ciclo da marcha (adaptada de Huang e Glass, 1999).

Segundo Winter (1992) podem estabelecer-se ainda subfases do ciclo da marcha, no momento do apoio, como a fase de recepção da carga, fase média do apoio, fase de descolagem, fase inicial de oscilação e fase final de oscilação. A fase de recepção da carga decorre entre o contacto inicial e o apoio completo do pé, de seguida produz a fase média do apoio, no momento da descolagem do calcanhar, por último, a fase de descolagem, no instante em que os dedos se elevam do solo.

Para Perry (1992) o apoio caracteriza-se, por cinco períodos elementares e a oscilação por outros três. A fase de apoio é constituída por uma fase de contacto inicial (0 a 2% CM), fase inicial de apoio ou resposta à carga (0 a 10% do CM), fase média do apoio (10 a 30% do CM), fase final do apoio (30 a 50% do CM) e fase prévia de oscilação (50 a 60% do CM).

A fase de contacto inicial constitui o início do contacto com o solo, na qual se realiza o posicionamento do membro inferior para o início do apoio. Esta fase faz parte da fase inicial do apoio ou de resposta à carga, que se identifica com o primeiro período de duplo apoio. Em condições normais, decorre entre o instante do contacto inicial e a descolagem do antepé do membro contralateral.

A descolagem do membro contralateral, marca o início do apoio unipedal, que se divide na fase média de apoio, que se prolonga até à descolagem do calcanhar e a fase final do apoio, que começa com a descolagem do calcanhar e finaliza quando o membro contralateral contacta o solo.

O contacto do membro contralateral marca o início do segundo período do duplo apoio, ou fase prévia de oscilação, que termina na descolagem do antepé. A fase de oscilação, começa com a descolagem do membro e o momento em que este alcança o membro contralateral. Quando ambos os membros se cruzam, e o membro oscilante ultrapassa o de apoio, começa a fase média da oscilação. O contacto posterior com o solo, limita a fase final da oscilação.

Em condições normais, para cada um dos pés, realizam-se os seguintes eventos: contacto do calcanhar com o solo, apoio completo da planta do pé, perda de contacto do calcanhar ou do antepé, descolagem dos dedos ou do antepé, oscilação do membro, contacto seguinte do calcanhar.

A marcha humana normal, durante o apoio, apresenta três formas básicas de contacto entre o pé e o solo, que são o apoio do calcanhar, o apoio completo do pé e o apoio do antepé.

O apoio sobre o calcanhar, inicia o contacto com o solo, que se realiza posterior e lateralmente no bordo externo, deslocando-se para a zona central da almofada do calcanhar. Este apoio prolonga-se durante 6 a 10% do ciclo da marcha (Perry , 1983).

O apoio total do pé, inicia-se com a entrada em contacto do antepé com o solo, que dura cerca de 20% do ciclo da marcha (CM). Nesta fase podem ocorrer diversos padrões de contacto do antepé, sendo o mais habitual começar pela cabeça do 5º metatarso, com menor frequência sobre o 1º metatarso e por todo o antepé simultaneamente.

No apoio do antepé, a perda de contacto do calcanhar marca a passagem do apoio do pé completo para o antepé. A transição ocorre a 30% do CM e persiste durante o resto da fase de apoio. A perda de contacto do antepé, produz-se unicamente pelos dedos do pé ou com a participação simultânea do 1º metatarso.

A distribuição do peso do corpo pela planta do pé, determina uma distribuição das pressões plantares, que depende simultaneamente do valor da força de reacção e da superfície de apoio. A zona de carga inicial é posterior, lateral e muito reduzida, o que leva a que ocorram as pressões máximas de todo o apoio (Stott et al, 1973). No curto espaço de tempo, cerca de 0,05 segundos, em que ocorre, a força de reacção alcança cerca de 70 a 100% do peso corporal (Hutton e Dhanendran, 1979), obtendo-se pressões que de acordo com Mann et al. (1981) atingem os 1018 KPa.

A fase de contacto do mediopé é de baixa intensidade e atinge valores de cerca 10% do máximo do peso corporal (Soames, 1985).

A pressão suportada ao nível das cabeças dos metatarsos é máxima nas cabeças do segundo e terceiro metatarso, alcançando cerca de 60 a 100% do valor do impacto do calcanhar (Grieve e Rashid, 1984). Por fim a maior pressão é suportada pelos dedos, com maior incidência no dedo grande, atingindo valores de 30 a 55% da força máxima atingida pelo calcanhar.

A fase de balanço, começa imediatamente depois de o dedo do pé perder o contacto com o solo. A primeira parcela da fase de balanço é o balanço para diante que ocorre enquanto o pé está em suspensão para a frente. O joelho está flectido e o pé em dorsiflexão.

A fase seguinte do balanço, efectua-se com a projecção do pé para o solo, enquanto este se posiciona, na preparação para o rolamento do peso e os músculos estabilizam o corpo, para absorver o choque do contacto do calcanhar. No contacto do calcanhar as extremidades da fase de balanço começam um novo ciclo.

O duplo apoio ocorre no início e 20% da fase final do balanço. A fase final do duplo apoio tem implicações na parcela final da fase de apoio. Nesta fase a propulsão pode ser dividida numa fase activa e numa fase passiva. A parcela activa ocorre após o calcanhar perder o contacto com o solo e antes do pé oposto começar o duplo apoio. A parcela passiva da sustentação dupla começa com o toque do pé oposto. Alguns autores chamam a esta fase de pré balanço (Pribut, 1998).

Durante o ciclo da marcha, podem observar-se ainda os movimentos do membro inferior de apoio, do membro inferior de balanço, da bacia, do tronco e dos membros superiores.

2.5.3.1. Movimentos do membro inferior de apoio.

A perna descreve um arco de círculo em torno do pé de tal forma, que fica oblíqua no final do apoio, tende progressivamente para a vertical e seguidamente torna-se oblíquo atrás. Neste movimento, o pé apoia-se no solo desde o calcanhar até à ponta do pé e seguidamente afasta-se progressivamente, começando pelo calcanhar (Vander, 1966).

No momento em que o calcanhar toca o solo, o joelho está completamente em extensão, de seguida flexe ligeiramente durante o rebatimento do pé, estende de novo e fica em extensão completa um pouco até ao momento da vertical. Quando o calcanhar se começa a afastar do chão, entra em flexão que aumenta durante o desenrolar do pé e é visível, no momento em que do apoio passa a ao balanço.

Alguns autores referem que a propulsão do corpo para a frente é devida à extensão combinada do joelho e do pé, da perna para trás.

A flexão do joelho tem a vantagem de diminuir o ângulo que faz atrás, a coxa do membro de apoio e por consequência o movimento da bacia da bacia para a frente (Vander, 1966).

2.5.3.2. Movimentos do membro inferior de balanço.

No momento que o pé se levanta do solo, a articulação tíbio-társica está em extensão, a do joelho em flexão e a da anca moderadamente em extensão. O balanço consiste essencialmente numa flexão da anca que tem como consequência a projecção do membro oscilante para diante. Durante este movimento a flexão do joelho aumenta até ao momento da vertical. Diminui de seguida de tal forma que o joelho se estende, quando o pé retoma o contacto com o solo (Vander, 1966).

A flexão da anca e do joelho serão mais demarcadas, quanto mais breve é o tempo de oscilação. A articulação tíbio-társica, faz um movimento de flexão no final do balanço, para evitar que os dedos dos pés toquem no solo (Vander, 1966).

2.5.3.3. Movimentos da bacia.

A bacia durante o ciclo da marcha sofre uma dupla oscilação, em torno de um eixo horizontal e outro vertical.

Relativamente ao eixo horizontal, a cavidade cotilóide do lado do apoio, descreve uma curvatura, no cimo quando se encontra na passagem à vertical (Figura 3) do lado de balanço desloca-se horizontalmente. Existe na passagem à vertical uma latero-flexão com inflexão lateral da coluna lombar.

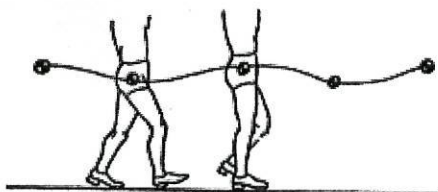


Figura 3. Oscilação em torno do eixo horizontal (adaptada de Plas et al, 1983).

Em relação ao eixo vertical, o lado oscilante descreve um arco de círculo segundo a oscilação e torção da coluna (Figura 4). A articulação sacro-iliaca, tem um papel importante no amortecimento destes movimentos de torção da bacia (Lapi erre, 1968).

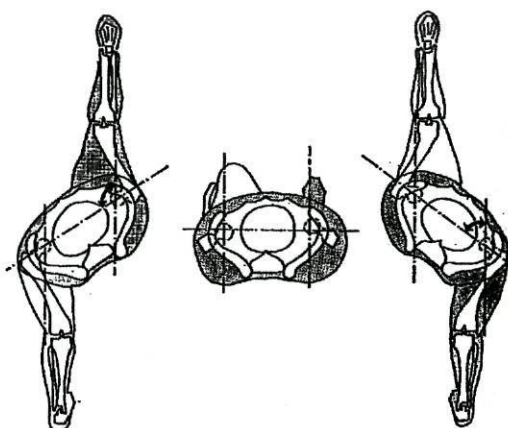


Figura 4. Rota ao da bacia em rela ao ao eixo vertical (adaptada de Plas et al, 1983).

2.5.3.4 - Movimentos do tronco.

Nos movimentos do tronco, consideram-se os movimentos de transla ao, as oscila oes verticais, as oscila oes transversais ou horizontais, os movimentos de inclina ao para tr s e para a frente e os movimentos de inclina ao lateral.

Os movimentos de transla ao, são os mais importantes uma vez que constituem a finalidade marcha. A sua velocidade não   uniforme, acelera no final do duplo apoio e diminui quando o membro inferior oscilante passa pela vertical.

Nas oscilações verticais, durante a marcha a cabeça descreve no espaço uma curvatura regular ondulada, onde os topos correspondem a cada passagem de um membro de apoio à vertical e, a mínima a cada período de duplo apoio (Figura 4). Estas oscilações dependem do comprimento dos membros inferiores e da amplitude do desenrolar do pé e da extensão do joelho. As oscilações verticais segundo Demeny (cit. In Vander, 1966) variam entre 4 a 6 cm numa cadência de 40 a 70 por minuto.

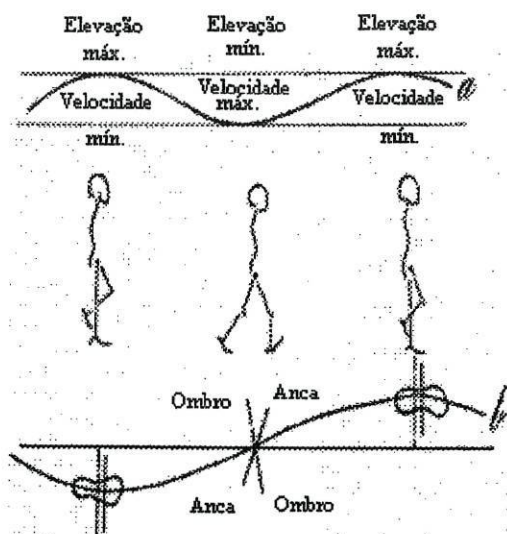


Figura 5. Esquematização dos movimentos verticais (a), transversais (b) e de torção do tronco na marcha (adaptada de Vander, 1966).

Nas oscilações transversais ou horizontais (Figura 5), a cada passo, o ponto de apoio do corpo passa sucessivamente sobre a perna direita e a perna esquerda. O tronco deve estar projectado cada vez à direita ou à esquerda da linha mediana para manter o centro de gravidade abaixo da base de sustentação. A importância destas oscilações laterais são no entanto maiores quanto os pés estão afastados um do outro o que a distância entre as duas cavidades cotilóides será maior. Pelo menos, o afastamento lateral dos pés, na marcha do homem é de 12 cm. Na marcha rápida, tende-se instintivamente a diminuir este afastamento de maneira a reduzir a importância dos deslocamentos transversais do tronco. Nas mulheres, estes afastamentos

são mais marcados devido à largura da bacia e da curta passada das pernas (Vander, 1966).

Relativamente aos movimentos de inclinação para trás e para a frente, o tronco inclina-se um pouco para diante durante a primeira metade de apoio e para trás durante a segunda metade. Estes movimentos no entanto pouco marcados e mesmo quase insensíveis nas passadas normais; Movimentos de torção em torno de um eixo vertical. No momento da vertical, as duas ancas estão sobre um mesmo plano transversal mas logo que a uma perna está obliqua para a frente e a outra para trás, cada anca segue o movimento do membro inferior correspondente. O membro inferior que está atrás tem a anca do mesmo lado enquanto que a que está na frente desloca a outra anca na sua direcção. Esta torção é máxima no momento do duplo apoio. Para manter o plano do olhar na direcção da marcha, os ombros deslocam-se em sentido inverso aos movimentos da bacia (Figura 6). O eixo transversal dos ombros, faz com o eixo da bacia um ângulo máximo durante o duplo apoio e estão paralelos no momento da vertical (Vander, 1966).

Nos movimentos de inclinação lateral, quando o pé toca o solo, a bacia inclina-se para o mesmo lado, depois eleva-se e afasta-se quase horizontal no momento da vertical (Vander, 1966).



Figura 6. Rotação oposta da cintura pélvica e escapular (adaptada de Plas et al, 1983).

2.5.3.5. Movimentos dos membros superiores.

Durante a marcha, os braços executam movimentos sincronizados com os dos membros inferiores, em sentido inverso. Eles acompanham os movimentos dos ombros em torno do eixo vertical e contribuem para compensar os deslocamentos do centro de gravidade dos movimentos das pernas. A oscilação dos braços faz-se num plano antero-posterior (Vander, 1966).

No início da marcha, os braços estão imóveis e caídos ao longo do tronco, começando a deslocar-se a partir do segundo ciclo da marcha. No momento do ataque do calcanhar no solo, o braço do mesmo lado está em extensão e o braço do lado oposto está em ligeira flexão, projectado para frente em oposição ao membro inferior contralateral (Plas et al, 1983)

2.6. Marcha Patológica.

O estudo das marchas patológicas foi facilitado pela pista de marcha de Ducroquet (cit. In Lapi erre, 1968), a qual compreendia uma plataforma transparente sobre a qual tinha uma linha mediana (eixo de marcha), um jogo de espelhos dispostos de maneira a reflectir a imagem para um observador, colocado perpendicular ao eixo da marcha. Este dispositivo (Figura 7) permitia ao observador, ter uma visão simultânea da marcha segundo cinco planos, de perfil, de face, de costas, inferior e superior.

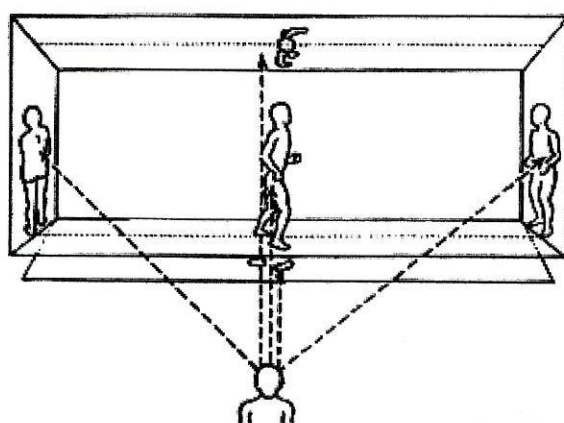


Figura 7. Pista da avalia o da marcha de Ducroquet (adaptado de Lapi erre, 1968).

Os planos superiores são particularmente reveladores, das alterações da marcha, porque permitem visualizar os movimentos de torção da bacia e dos ombros, movimentos que são sempre perturbados nas marchas patológicas, mesmo bem compensadas (Lapi  re, 1968).

Segundo Debrunner (1985), Hennig e Cavanagh (1987) a diferenciação dos padrões patológicos e padrões da marcha normal, podem ser realizadas através da análise das variáveis da passada durante a fase de apoio (cit. In Amadio et al, 1996).

A marcha humana apresenta diferenças biomec  nicas, dependendo das características do indivíduo, da sua natureza morfológica, actividade física, idade e a presença ou n  o de uma doença.

A marcha    uma actividade que repentinamente sofre modifica  es, devido ao calçado, tipo de piso, a carga e a actividade que cada indivíduo realiza (Plas et al., 1983).

As altera  es da marcha podem ser devidas a múltiplas causas, como consequ  ncia dos diversos sistemas anatómicos implicados na deambulação. As doenças cerebrais focais, miopatias severas, doenças cerebelosas e neuropatias periféricas produzem altera  es da marcha que s  o característicos e que habitualmente permitem um diagnóstico fácil (Franch, 2000).

A marcha at  xica, caracteriza-se por uma passada hesitante, sem coordenação com uma base de sustentac  o e os p  s virados para fora (t  pica de embriagados). Marcha antálgica, consiste num membro para evitar a dor nas estruturas do peso-rolamento (no joelho, ferimentos no tornozelo, anca), caracterizadas por uma fase de apoio no lado ferido. A marcha apr  xica, que se caracteriza pela falta de habilidade de realizar movimentos, com um fim na ausência de paralisia ou outro problema motor ou sensorial (Huang e Glass, 1999).

As alterações da sensibilidade proprioceptiva, da percepção visual e labiríntica, a disfunção do sistema musculoesquelético, causam alterações posturais e da marcha a nível inferior. Os indivíduos com estes transtornos, só podem compensá-los e manter uma deambulação independente do sistema se o sistema nervoso central (SNC) se encontra intacto. As alterações a nível médio da marcha incluem a marcha espástica, atáxica, distónica e coreica. A disfunção sensitivo motora de nível médio causa distorção das sinergias posturais e locomotoras. O SNC selecciona as respostas posturais e locomotoras adequadas, mas a sua execução apresenta alterações (Franch, 2000).

Katoulis et al (1997), num estudo que realizaram sobre os efeitos da neuropatia periférica na marcha em pacientes diabéticos, verificaram que existiam alterações dos parâmetros da marcha, e que estas alterações facilitavam os ferimentos do pé, contribuindo para a ulceração frequente do pé .

2.7. Distribuição das forças de reacção do solo na superfície plantar.

O pé zona de contacto privilegiado do corpo com o solo aparece mais como um órgão de equilíbrio que como um órgão de sustentação. A sua função fundamental consiste em controlar a situação do ponto de aplicação da força de pressão corporal sobre o seu suporte e ajustar para em relação à posição da projecção do centro de gravidade. Se é verdade que o equilíbrio é assegurado por esta projecção que se situa no polígono de sustentação, ele não é em falta menos verdade que não pode manter quando se aplicam ao centro de gravidade forças convenientes. É na regulação desta força de pressão no solo que o pé dá origem a estas forças e exerce a sua função de equilíbrio (Bessou et al., 1996).

Segundo Massada (2001) no pé normal durante a marcha, todos os metatarsianos suportam a carga, existindo entre eles um equilíbrio na distribuição de forças, que apesar de ser diferente nas diversas fases da

marcha, considera-se na prática igual para os quatro metatarsianos externos e dupla para o primeiro.

Na arquitectura do pé humano encontramos a abóboda plantar, constituída por três arcadas plantares, que são indispensáveis à realização de uma locomoção harmoniosa. As três arcadas plantares são constituídas por duas arcadas longitudinais e uma transversal, sendo os seus pontos de apoio representados posteriormente pelo calcâneo e, anteriormente pelas cabeças dos 1º e 5º metatarsianos. A elasticidade dos arcos longitudinais interno e externo e do arco transversal, permite à abóboda plantar adaptar-se com precisão às irregularidades do solo, absorvendo e transmitindo as forças nas melhores condições mecânicas.

A arcada longitudinal, actua na transferência interna do peso do corpo durante a fase média de apoio unipedal, efectuando a sua distribuição pela planta do pé, através da aponevrose plantar.

A fase de apoio durante qualquer movimento da locomoção, apresenta características biomecânicas que caracterizam um fenómeno complexo, uma vez que muitas variáveis dinâmicas influenciam esta fase da motricidade, ou seja, forças externas e forças internas. A força muscular resultante, depende da acção de outras forças como a força de desaceleração, de alongamento e impulso da aceleração (Amadio, 1989).

A marcha humana pode ser definida segundo parâmetros biomecânicos, como sejam as forças internas e as forças externas, das quais podemos destacar as forças de reacção do solo em suas componentes ortogonais e a distribuição plantar durante a fase de apoio. Estas variáveis podem ser quantificadas através de procedimentos e equipamentos da biomecânica (Amadio, 1999).

Os primeiros estudos da fase de apoio durante a marcha, ou seja do contacto do pé com o solo, foram realizados por Marey, no durante o último quarto do séc.XIX.

Harris e Beath (1980), criaram o primeiro aparelho para medir a distribuição da pressão plantar, o qual funcionava de forma semelhante ao pedígrafo, no qual se apoiava o pé numa superfície com uma tinta especial que marcava o papel com a superfície plantar.

Müller (1992) apresentou um relatório sobre a caracterização dos principais procedimentos para a medição da pressão plantar em biomecânica: procedimentos de registo da impressão ópticos, acústicos, pneumáticos, hidráulicos, indutivos, piezoeléctricos, capacitivos e resistidos. Realizou ainda, medidas sincronizadas, aplicadas em diferentes situações, onde procurou determinar a precisão de medidas ao utilizar o sistema FSCAN comparado com as medidas da plataforma de força Kistler.

Na investigação da distribuição da pressão na superfície plantar, durante a marcha, Viladot (1974), concluiu que apesar de toda região anterior do pé ter contacto com o solo durante a fase de apoio, a cabeça do 1º metatarso e o hálux são mais solicitados funcionalmente.

Shokes (1979) afirmou, num estudo que realizou que a força registada sob a cabeça do 1º metatarso é de aproximadamente 30% do peso corporal, enquanto que na cabeça do 2º metatarso, os valores baixam para 10%.

Nicol e Henning (1978), realizaram estudos da distribuição plantar através de transdutores de força, com a forma de um tapete de borracha, com saída analógica, que permitiram a evolução tecnológica dos sistemas hoje disponíveis.

Cavanagh e Michiyoschi (1980), através da utilização de componentes transdutores, desenvolveram que permitiram o desenvolvimento de sistemas de medição da pressão plantar. Salientaram que durante a marcha com sapatos, apareciam grandes picos de pressão na região dos dedos, em contraste com os verificados durante a marcha descalços. Os autores demonstraram que para a fase de apoio, como a superfície plantar se distribui durante etapas (sequência temporal de 80-630ms) deste movimento.

Para a identificação de indivíduos com risco evolutivo da neuropatia nos indivíduos diabéticos, os exames vasculares, testes neurológicos e avaliação da força de reacção ao solo e distribuição da pressão plantar, são os mais indicados para a prevenção de ulcerações da planta do pé, que podem conduzir à amputação parcial ou total do membro inferior (Amadio, 1999).

A investigação da força de reacção ao solo na fase de apoio nos movimentos de locomoção, bem como a distribuição da pressão dinâmica na superfície plantar, permite-nos avaliar a forma e as características da sobrecarga mecânica sobre o aparelho locomotor humano e o seu comportamento para movimentos seleccionados. As informações referentes a estas variáveis podem ainda revelar sobre a estrutura e função do pé, controlo postural e controlo do movimento (Amadio, 1999).

Nos estudos realizados com diabéticos, a medição dinâmica da força de reacção e pressão da distribuição plantar, tem demonstrado ser um extraordinário meio para a prevenção, diagnóstico e tratamento dos indivíduos com neuropatia diabética, portadores de pé diabético. (Amadio, 1999).

Segundo Cavannagh (1978), o sistema de análise da distribuição da pressão plantar, permite a exacta localização dos picos de pressão, cuja determinação permite uma individualizada e especializada intervenção ortopédica, que permite a sua redução na superfície plantar.

Para Boulton (1998) os diabéticos com neuropatia perdem a sensibilidade à dor, motivo pelo qual não se apercebem das altas pressões e lesões evoluindo assim a sua patologia.

Lang-Stevenson et al. (1985), quantificaram a pressão plantar através de procedimentos ópticos durante a marcha com o pé descalço, de indivíduos diabéticos com lesões nos pés e verificaram que as ulcerações coincidiam com as zonas de maior pressão.

Utilizando os procedimentos com um podobarográfico óptico, Duckworth et al. (1985) demonstraram que as áreas de maior pressão, tinham maior incidência nos pés dos indivíduos diabéticos com neuropatia. Através da observação da grande relação entre as áreas de lesões e os picos de alta pressão, concluíram que áreas de maior pressão similares às anteriores que são encontradas em diabéticos que não apresentam lesões, devem ser áreas de futuras lesões .

Pollard e Le Quesne (1983), realizaram um estudo com diabéticos que apresentavam lesões nas superfícies plantares e que após a cura total dessas lesões, mediram as forças que agiam nas respectivas superfícies, através de transdutores que eram colados nas na sola do calçado com os indivíduos calçados e diferentes tipos de calçados e demonstraram que os pontos de ulceração coincidem com os pontos de maior incidência da força vertical e da força horizontal máxima, tanto para a marcha descalços com calçados.

Stokes et al (cit. Amadio,1999), que embora os indivíduos diabéticos apresentassem maiores picos de pressão, eles também tinham maior massa devido à obesidade o que implicava o aumento de pressão.

Boulton et al (1983,), realizaram um estudo de indivíduos com neuropatia e portadores de úlceras plantares , constataram que a presença dos picos de pressão poderiam ser devidos ao tempo da neuropatia, uma vez que as úlceras já estavam instaladas, considerando também que estes indivíduos apresentam maior massa corporal.

Boulton et al. (1987) , observaram que mesmo em indivíduos com grande massa corporal, as pressões plantares não são anormais e podem apresentar resultados completamente normais.

Duckworth et al. (1985) constataram que durante a marcha dos sujeitos analisados, os picos de pressão estavam localizados nas duas primeiras cabeças dos metatarsos e hállux.

Cavanagh et al (1991) também detectaram picos de maior pressão nas duas primeiras cabeças dos metatarsos e hálux em 90% dos indivíduos analisados.

Veves et al. (1992) detectaram uma maior incidência de úlceras e picos de pressão na cabeça do 3º metatarso, e com menor incidência na segunda e no hálux metatarso.

As situações referidas anteriormente indicam-nos uma predominância de regiões anteriores para a apresentação de picos plantares de pressão durante a marcha, o que pode justificar pela maior magnitude de forças nessas regiões durante a fase de propulsão na marcha (Amadio, 1999).

No estudo realizado por Sacco & Amadio (2000), da análise da marcha de diabéticos neuropatas, verificaram que além de uma força vertical mínima e da diminuição do gradiente de crescimento da força vertical passiva, existe um aumento significativo do duplo apoio.

A análise da marcha fornece dados precisos para o estabelecimento de metas terapêuticas e se os dados forem mensuráveis pode-se avaliar o progresso do paciente e conseqüentemente verificar a eficácia dos programas de reabilitação (Bonamigo et al, 2001).

Cada indivíduo tem um padrão de marcha que representa uma maneira de se deslocar no ambiente, de maneira aceitável, com menor esforço físico e estabilização adequada (Lippert 1996, cit. In Jerónimo, 2001).

Os indivíduos com deficiências metabólicas como a diabetes mellitus, apresentam uma predisposição para desenvolver uma neuropatia como o pé diabético. Este risco pode ser anulado com um diagnóstico precoce através da detecção dos pontos de maior pressão plantar (Ávila et al, 2001).

No estudo realizado por Knakfuss, Rosenbaum & Gomes (1993, cit. In Ávila et al, 2001) sobre o comportamento das pressões plantares, concluíram que em

ambos os pés, os valores mais altos de pressão se registam nas regiões do calcâneo, segundas e terceiras cabeças metatarsicas e no hallux.

Os limiares para a pressão plantar anormal durante a marcha, foram determinados por Duckwort et al. (1985), apresentado os valores de 17,2 N/m² para testes estáticos e 98 N/cm², para testes dinâmicos.

Veves et al (1992) propuseram como padrão anormal o limiar de 120 N/cm² em testes dinâmicos.

Na caracterização da marcha humana, devemos considerar as forças de reacção do solo (Figura 8) vertical, transversal e horizontal. A componente vertical (FZ) apresenta dois picos (Figura 9):

- pico passivo, que está relacionado com a fase de recepção do pé no solo;
- pico activo, que representa a fase de propulsão (Amadio, 1996).

Estes picos de força apresentam geralmente forças de 1.3 vezes superiores ao peso corporal. Entre estes dois picos existe uma deflexão da curvatura, cujo valor é menor do que a do peso corporal (apoio unilateral).

A componente de força horizontal ou antero-posterior (Figura 10), que apresenta picos de força que atingem cerca de 20% do peso corporal. A primeira metade da curva corresponde ao contacto do calcanhar no solo e a segunda metade corresponde à fase de propulsão (Amadio, 1996).

A componente da força transversal ou médio lateral (Figura 11), representa as forças relacionadas com os movimentos de pronação e supinação do pé. Na marcha normal apresenta valores de força que atingem no máximo 10% do peso corporal. Existe um primeiro pico negativo que se relaciona com a pronação do pé, e um pico positivo que corresponde à supinação do pé, que está relacionada com a fase activa correspondendo a 75% do apoio (Amadio, 1996).

A utilização de uma plataforma de forças, fornece-nos dados preciosos sobre o contacto do pé com o solo. Este aparelho fornece-nos a decomposição dos vectores de força em três planos no espaço (Figura 8), que são a componente vertical F_z , componente horizontal f_y que corresponde aos vectores de força antero-posteriores e componente f_x que corresponde aos movimentos médio-laterais do pé (Plas et al., 1983).

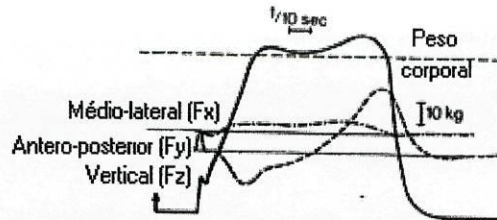


Fig. 8. Decomposição das forças de reacção do solo, durante o apoio (adaptada de Plas et al, 1983).

A componente vertical (F_z) corresponde à força de reacção vertical e podemos analisar alguns eventos na curvatura (Figura 9):

- uma reentrância logo após o ataque do calcanhar que corresponde a um amortecimento das massas moles do calcanhar. Esta reentrância pode ser mais ou menos acentuada, conforme os tacões sejam mais duros ou maleáveis. Trata-se de uma absorção inicial do choque;
- no momento do toque do calcanhar, o peso do corpo é distribuído na sua totalidade sobre um só pé, o peso verificado é habitualmente de 120% do peso do indivíduo para uma velocidade confortável;
- durante a passagem do tronco à vertical do pé de contacto, verifica-se um peso inferior ao do indivíduo (10% a 40%), que resulta do duplo apoio do membro inferior contra – lateral;
- uma última sobrecarga, que corresponde ao momento da propulsão do antepé (Plas et al., 1983).

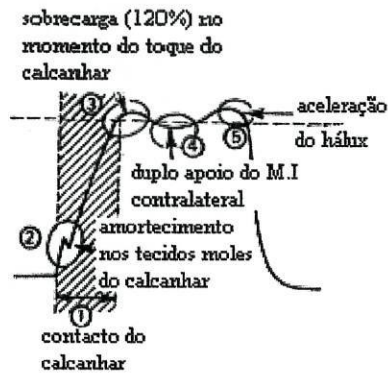


Figura 9. Curva de F_z (adaptada de Plas et al., 1983).

O traçado Y, corresponde aos vectores de força antero-posterior do pé sobre a plataforma, no qual podemos analisar os seguintes eventos:

- o pé desliza para trás no momento do contacto do calcanhar, mas de maneira muito rápida;
- imediatamente depois, o calcanhar desliza para a frente;
- existe uma inversão de pressão, depois um deslizamento posterior assim que o pé inicia a propulsão (fig. 10) (Plas et al., 1983).



Figura 10. Curva F_y (adaptada de Plas et al., 1983).

O traçado F_x corresponde aos desvios médio-laterais do pé:

- uma derrapagem média no momento do contacto do calcanhar, como se o sujeito se quisesse desviar lateralmente;
- uma pressão lateral durante quase todo o apoio (Plas et al., 1983).

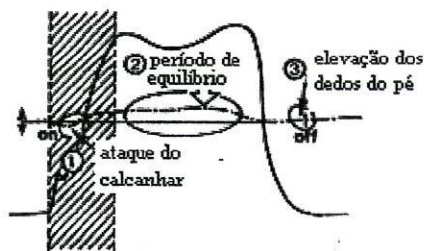


Figura 11 . Curva Fx (adaptada de Plas et al, 1983).

Os padrões de contacto do pé com o solo podem estar alterados durante a fase de apoio. Estas alterações podem estar relacionadas com alterações musculoesqueléticas ou patologias que se evidenciam tanto no plano sagital, como no plano frontal (Prat et al. 1999).

Cada uma das fases de apoio pode ser reduzida, aumentada ou estar ausente. Estas alterações, podem ser devido:

- a) Contacto isolado do calcanhar, que começa na fase inicial de apoio e se prolonga durante o resto da fase de apoio;
- b) Perda de contacto prematura do calcanhar, que pode aparecer a qualquer momento durante a fase inicial e média do apoio. A forma mais vulgar consiste na perda de contacto do calcanhar durante todo o apoio, evidenciado um apoio contínuo do antepé;
- c) Contacto tardio do calcanhar, que se verifica nas fases inicial e média do apoio;
- d) Contacto prolongado do calcanhar, que se mantém até ao final do apoio.

Os padrões de contacto anormal, caracterizam-se por:

- a) Na fase inicial do contacto: por ligeiro contacto do calcanhar, contacto completo do pé, contacto inicial com o antepé;
- b) Na fase média do apoio, por uma perda de contacto precoce ou um contacto tardio;
- c) Na fase final do apoio, onde se verifica um prologamento tardio do contacto do calcanhar.

Os desvios no plano frontal, são resultado de alterações do pé, como a inversão exagerada ou eversão, provocadas por uma deformação estática ou uma acção muscular inapropriada.

Jacobs et al. (1972) na realização de um estudo comparativo de uma população normal com uma população patológica, com base nos registos da força vertical em plataformas de força dinamométricas, identificaram as características dos traçados da população patológica através dos quais, caracterizaram oito tipos de morfologias, a saber:

- a) Onda quadrada (Figura 12A), que se caracteriza por uma fase de apoio unipedal ligeiramente mais prolongada, nas quais o traçado sugere uma marcha vigorosa na relação entre as fases de apoio e oscilação de ambas as pernas, maiores que na normal;
- b) Onda trapezoidal tipo 1 (Figura 12B), permite distinguir três tipos de onda trapezoidal devido à fase de oscilação, caracteriza-se por um maior tempo de apoio monopodal e uma zona de apoio médio bastante plana;
- c) Onda trapezoidal tipo 2 (Figura 12C), que apresenta um período de oscilação que oscila entre 25 a 35% do ciclo da marcha, com características idênticas à curvatura anterior;
- d) Onda trapezoidal tipo 3 (Figura 12D), na qual se distinguem os dois máximos da força vertical, que correspondem ao contacto inicial do calcanhar e ao contacto do antepé, muito próximos;
- e) Onda senoidal (Figura 12E), que apresenta uma fase muito breve de apoio unipedal, com uma morfologia arredondada, na zona correspondente ao apoio médio;
- f) Onda triangular (Figura 12F), que apresenta um apoio unipedal muito breve;
- g) Onda de duplo apoio tipo 1 (Figura 12G), apresenta uma alternância entre um período de duplo apoio prolongado e um período de duplo apoio curto;
- h) Onda de duplo apoio tipo 2 (Figura 12H), combina-se uma duração prolongada da fase de duplo apoio com um encurtamento simultâneo da fase de apoio unipedal.

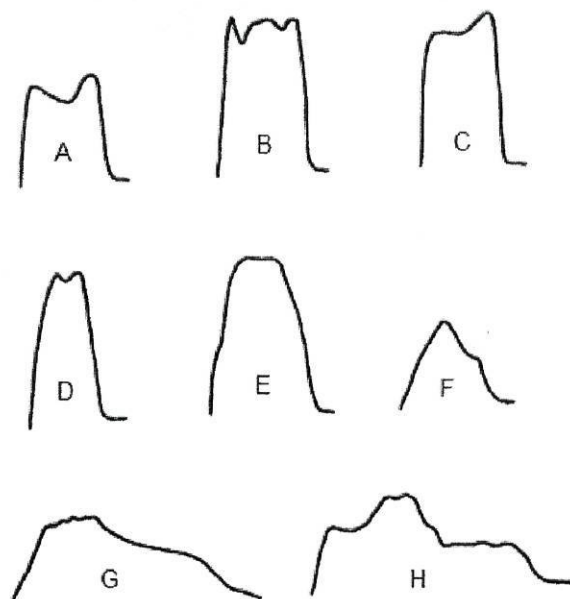


Figura 12. Morfologia das curvaturas patológicas, adaptada de Perry et al. (1972).

A marcha do idoso pode estar condicionada, pela idade ou pelo efeito de diversas patologias. O padrão de marcha que apresentam, segundo Murray et al (1969) não corresponde a uma patologia, mas uma procura de estabilidade e segurança, a qual Whittle (1981) caracterizou como sendo uma versão de ritmo lento, da marcha de adultos jovens.

As alterações do aparelho locomotor podem ser devidas a uma atrofia muscular, a uma diminuição da força, a afecções dos ossos e cartilagens que provocam artrose, osteoporose que favorece as fracturas, que provocam alterações da marcha (Defontaine, 1980).

De facto existe uma alteração da marcha em idosos, caracterizada por um exagero nas mudanças que se produzem em indivíduos sãos em idades mais avançadas, as mudanças significativas começam a produzir-se entre os 60 e os 70 anos de idade, caracterizadas por uma diminuição do comprimento do passo, cadência e da velocidade (Carasos e Israel, 1991).

Para Whittle (1981) estas mudanças permitem melhorar a segurança da marcha, através da diminuição do comprimento do passo e largura do apoio que simplificam o equilíbrio. A redução da cadência está associada a um aumento relativo da fase de apoio, através do aumento dos apoios bipedais e diminuição da percentagem de apoio unipedal.

A fase de apoio segundo Winter et al. (1990) aumenta em 62,3% ciclo da marcha em sujeitos jovens e 65.5% em idosos e a duração dos apoios bipodais aumenta de 24,6% a 31%.

A trajectória dos dedos durante a oscilação também se modifica, no sentido de aumentar a separação com solo para ganhar segurança. A elevação do calcanhar durante a fase de propulsão é menor, sendo o contacto mais tardio na horizontal.

As alterações da marcha são provocadas por neuropatia periférica, mielopatia, espasticidade, rigidez parkinsoniana e ataxia cerebelar (Daroff, 1994).

A marcha caracteriza-se por uma flexão anteroposterior do tronco com flexão dos braços e joelhos, diminuição da oscilação dos braços e redução da amplitude dos passos. Nos indivíduos do sexo feminino desenvolve-se uma marcha oscilante com encurtamento dos passos. As alterações da marcha e do equilíbrio aumentam o risco de quedas (Gilman, 1994).

3. Objectivos e hipóteses.

3.1. Colocação do problema.

Um problema especial no doente diabético é o desenvolvimento de úlceras nos pés e nos membros inferiores. As úlceras parecem ser primariamente devidas à distribuição anormal da pressão plantar, secundária à neuropatia diabética, agravando-se o problema quando existem deformações nos pés (Foster, 1995).

A biomecânica vem dar grande um grande contributo para a resolução e determinação de factores de risco, que podem resultar da sobrecarga do corpo humano, devido a forças externas ao corpo humano (Amadio, 1999).

A análise da marcha fornece dados precisos para o estabelecimento de metas terapêuticas e se os dados forem mensuráveis pode-se avaliar o progresso do paciente e consequentemente verificar a eficácia dos programas de reabilitação (Bonamigo et al, 2001).

Os indivíduos com deficiências metabólicas como a diabetes mellitus, apresentam uma predisposição para desenvolver uma neuropatia como o pé diabético. Este risco pode ser anulado com um diagnóstico precoce através da detecção dos pontos de maior pressão plantar (Ávila et al, 2001).

Nos estudos realizados com diabéticos, a medição dinâmica da força de reacção e pressão da distribuição plantar, tem demonstrado ser um extraordinário meio para a prevenção, diagnóstico e tratamento dos indivíduos com neuropatia diabética, portadores de pé diabético. (Amadio, 1999).

Segundo Cavannagh (1978), o sistema de análise da distribuição da pressão plantar, permite a exacta localização dos picos de pressão, cuja determinação permite uma individualizada e especializada intervenção ortopédica, que permite a sua redução na superfície plantar.

A investigação das forças de reacção do solo na fase de apoio dos movimentos de locomoção, assim como a distribuição da pressão plantar, segundo os diversos autores, é o procedimento mais adequado para a identificação dos indivíduos com risco evolutivo da neuropatia diabética.

Neste sentido procurámos sistematizar e sincronizar os procedimentos biomecânicos, para a análise da marcha de sujeitos com neuropatia diabética, através dos valores relativos das forças de reacção do solo, ponto de aplicação destas forças e pressões ocorridas durante a fase de contacto do pé com o solo.

3.2. Objectivos.

Os objectivos que definimos para a realização deste trabalho, foram os seguintes:

- 1) Caracterizar os níveis de actividade física habitual dos sujeitos com neuropatia diabética.
- 2) Comparar as forças de reacção do solo, na fase de apoio da marcha, com os diferentes níveis de actividade física habitual dos sujeitos com neuropatia diabética.
- 3) Analisar as forças de reacção do solo durante a fase de apoio da marcha dos sujeitos com neuropatia diabética.
- 4) Avaliar a distribuição das forças de reacção do solo, na superfície plantar, nas regiões do retropé, médiopé e antepé, durante a fase de apoio na marcha.

3.3. Hipóteses de estudo.

Considerando o que foi referido anteriormente na colocação do problema e com base nos objectivos definidos, foram estabelecidas as seguintes hipóteses de estudo:

- H1 - Existem zonas de elevada pressão na superfície plantar, dos sujeitos com neuropatia diabética, durante a marcha;

H2 - Existe um padrão característico das curvaturas das forças de reacção do solo, na fase de apoio da marcha, que caracteriza os sujeitos com neuropatia diabética;

H3 - Os indivíduos que apresentam maior índice de actividade física, não apresentam zonas de elevada pressão na superfície plantar, durante a fase de apoio na marcha.

4. Material e Métodos.

4.1. Variáveis dinâmicas.

A utilização da dinamometria neste trabalho centrou-se na análise dos parâmetros relativos às forças de reacção do solo (FRS) na fase de apoio. As variáveis analisadas foram:

- 1) Fz1 - Primeiro pico da força vertical, corresponde à força passiva;
- 2) PCFz1 – Fz1 em função do peso corporal;
- 3) Δt Fz 1 - Tempo decorrido entre o início do apoio e Fy 1;
- 4) Fz mm - Menor valor alcançado pela força vertical, entre o primeiro e o segundo pico da força;
- 5) PCFzmm – Fzmm em função do peso corporal;
- 6) Δt Fz mm - Tempo decorrido entre o início do apoio e Fz mm;
- 7) Fz 2 - Segundo pico da força vertical, corresponde à força activa;
- 8) PCFz2 – Fz2 em função do peso corporal
- 9) Δt Fz 2 - Tempo decorrido entre o início do apoio e Fy 2;
- 10) Δt apoio - Tempo decorrido desde o início do apoio até ao final;
- 11) TC1 – taxa de crescimento da força Fz1, calculada através da razão de PCFz1 pelo tempo necessário para a atingir, normalizado ao Δt apoio;
- 12) TC2 – taxa de crescimento da força Fz2, calculada através da razão de PCFz2 pelo intervalo de tempo necessário para a atingir, normalizado ao Δt apoio;
- 13) Fy mm - Força horizontal mínima, corresponde à fase de desaceleração do movimento;
- 14) PCFymm – Fymm em função do peso corporal;
- 15) Δt Fy mm - Tempo decorrido entre o início do apoio e Ex mm;
- 16) Fy máx - Força horizontal máxima, que corresponde à fase de propulsão do movimento;
- 17) PCFymáx – Fy máx em função do peso corporal;
- 18) Δt Fy max - Tempo decorrido entre o início do apoio e Fy max.

4.2. Amostra.

Este trabalho foi desenvolvido, utilizando uma amostra, constituída por uma população de indivíduos, diagnosticados com Diabetes Mellitus com neuropatia periférica, nos quais se determinaram as características da dinâmica da marcha.

A população, por nós estudada foi seleccionada no Hospital de S. João, na consulta de Endocrinologia.

A amostra para este estudo (Quadro 5), foi constituída por doze indivíduos (quadro III), sendo sete do sexo feminino (sujeitos A, B, C, D, E, F, G) com uma idade média de 66,4 anos ($\pm 8,1$), com um peso médio de 76,3 kg ($\pm 10,1$) e com uma altura média de 157,1 cm ($\pm 8,4$) e cinco do sexo masculino (sujeitos H, I, J, K e L) com idade média de 60,4 anos ($\pm 3,8$), com um peso médio de 81,4 kg ($\pm 15,1$), com uma altura média de 169,2 cm ($\pm 6,1$).

Quadro 4. Caracterização da amostra, em função da idade, peso e altura.

Caracterização da amostra			
	Idade	Peso	Altura
Sujeito A	74	59,5	146
Sujeito B	66	85,7	172
Sujeito C	64	78,6	154
Sujeito D	59	71,5	150
Sujeito E	73	74,5	159
Sujeito F	54	73,8	160
Sujeito G	75	90,3	159
Sujeito H	66	79,6	176
Sujeito I	58	65,4	165
Sujeito J	56	87,0	172
Sujeito K	60	104,1	172
Sujeito L	62	70,8	161
Média	63,9	78,4	162,2
DP	7,1	12,1	9,5
Média Sexo			
Fem.	66,4	76,3	157,1
DP	8,1	10,1	8,4
Média Sexo			
Masc.	60,4	81,4	169,2
DP	3,8	15,1	6,1

4.3. Protocolo experimental.

De acordo com as hipóteses de estudo, a metodologia experimental foi desenvolvida em consonância com os critérios de sistematização, objectividade e precisão para fazer a análise da marcha, utilizando a sincronização dos sistemas e aparelhos de medição para a análise dinamométrica da marcha dos indivíduos com neuropatia diabética.

4.3.1. Procedimentos iniciais.

Foi realizada uma reunião com o director do serviço de endocrinologia do Hospital de São João no Porto, na qual foram apresentados os objectivos para realização deste trabalho, assim como as características dos sujeitos da amostra.

Da referida reunião ficou definido que a equipa médica da consulta de endocrinologia, seleccionava os indivíduos com neuropatia diabética com grau 0 (não existem lesões mas é um pé de risco), da classificação descrita por Wagner, sem contra-indicação para a prática da actividade física, para realizar o nosso estudo.

A consulta de endocrinologia realizava-se todas as segundas feiras, após as quais, a equipa médica nos informava, se os sujeitos com neuropatia diabética, pretendiam participar voluntariamente no estudo experimental.

Foi elaborado um documento (anexo I) para o médico responsável dar a conhecer ao doente o protocolo experimental, que era assinado pelo paciente e marcada a hora da realização do estudo.

4.3.2. Procedimentos.

4.3.2.1. Condições de realização do protocolo experimental.

Para criar um clima favorável à participação dos indivíduos neste estudo, foi realizada uma apresentação do laboratório de biomecânica, dos seus equipamentos e do seu funcionamento.

Após esta informação, procedia-se à aplicação do Questionário Internacional de Avaliação da Actividade Física (IPAQ) forma reduzida (anexo II), através do qual se procurou conhecer os níveis de actividade física dos indivíduos.

No questionário aplicado as questões referem-se a actividade física vigorosa que diz respeito a actividades que requerem muito esforço e tornam a respiração muito mais intensa que o normal, a actividade física moderada que se refere a actividades que requerem esforço físico moderado e torna respiração um pouco mais intensa que o normal, ao tempo de actividade física que um indivíduo dispense numa semana. Inclui questões acerca das actividades que fazem no trabalho, para se deslocar de um lado para o outro, actividades físicas referentes à casa ou ao jardim e actividades físicas que efectuem no seu tempo livre, para entretenimento, exercício ou desporto (forma completa).

Utilizou-se a forma reduzida do questionário, para não tornar o processo de recolha de dados muito exaustivo e demorado. As questões analisadas, foram as seguintes:

- a) Faz AFV – faz actividade física vigorosa?
- b) tAFVDia – tempo que costuma fazer actividade física vigorosa por dia?
- c) Faz AFM – faz actividade física moderada?
- d) tAFMDia – tempo que costuma fazer actividade física moderada por dia?
- e) 10m/DiaC – Dias da semana que caminha pelo menos 10 minutos?
- f) tCm/Dia – tempo que costuma caminhar por dia?
- g) Tipo passo – tipo de passada que utiliza (vigorosa, moderada ou lenta)?
- h) tSt/DiaSm – tempo que costuma estar sentado num dia da semana?

- i) tSt/DiaFS – tempo que costuma estar sentado num dia de fim de semana.

Os resultados apresentados no quadro anterior, foram convertidos em METs (Equivalente Metabólico), com base na categoria de actividade física (A.F.) com base no Quadro 5, referido no IPAQ (2001).

A intensidade da actividade física pode ser determinada, através da energia dispendida expressa em MET. Pathe et al (1995) classificaram as actividades em função desta unidade e consideraram que uma actividade ligeira corresponde a uma energia dispendida inferior a 3 METS, que uma actividade moderada quando a energia dispendida é de 3 a 6 METs e actividade vigorosa para valores superiores a 6 METs.

As actividades são variadas e estão seriadas num compêndio que vai desde o nível mais baixo de energia dispendida com um valor de 0,9 MET, que corresponde à energia dispendida a dormir, até 18 METs que corresponde a correr a 10,9 mph (Ainsworth et al, 2000).

O MET é um método de avaliação da capacidade funcional (Nunes, 2000) que expressa a quantidade de oxigénio exigido por minuto em repouso em condições de repouso, traduzido por 3,5 ml de O₂ consumido por quilograma do peso corporal (Fox e Mathews, 1983).

Determinámos assim, conforme exposto anteriormente, a medida em METs da capacidade funcional dos sujeitos, em função do tipo de actividade física.

Neste procedimento, utilizou-se ainda uma ficha de registo de dados pessoais dos participantes, como a idade, endereço, sexo, peso e altura. O tratamento destes dados e os do questionário foram processados no programa Excel da Microsoft – XP Professional, onde foram calculadas as médias e desvios-padrão.

Quadro 6. Energia dispendida (MET) estimada em função da A.F.

IPAQ Forma	Categoria de actividade	Actividade tipo ou intensidade	Velocidade da passada	MET estimado
Reduzida	Todas	Vigorosa		8
		Moderada		4
		Caminhar	Vigorosa	5
			Moderada	3.3
		Lenta	2.5	
	Sentado	Dias da semana		1
		Fim de semana		1

Seguidamente procedia-se à aplicação das palmilhas transdutoras de pressão e aparelho de recepção dos estímulos dos sensores de pressão plantar nos indivíduos e calibragem dos sistemas. As palmilhas transdutoras de pressão utilizadas, eram devidamente colocadas debaixo planta do pé, numas sandálias de sola uniforme, de material sintético com uma espessura de 2 mm.

As sandálias utilizadas foram fornecidas pelo Laboratório de Biomecânica da Universidade de São Paulo.

Com o equipamento anterior aplicado, era pedido aos indivíduos que caminhassem no estrado, onde estava inserida a plataforma. Neste procedimento pretendíamos que os indivíduos efectuassem a sua marcha normal e se adaptassem a caminhar com o equipamento. Seguidamente eram explicados os procedimentos para a calibração das palmilhas e, como se efectuava cada etapa até ao início do novo registo de dados.

4.3.2.2. Procedimentos para o registo de dados.

Para realizar os registos de dados os sujeitos foram previamente aconselhados a realizar o seu deslocamento à sua velocidade normal. Seguidamente foi sendo aferido o local no estrado, a partir do qual verificávamos que durante a fase de apoio, atingiam o centro da plataforma de forças.

Depois de verificar que os sujeitos efectuavam uma marcha natural, sem a preocupação do seu apoio na plataforma, procedeu-se ao registo de três passagens com o pé direito e outras três com o pé esquerdo. Das três passagens foi escolhida para análise, a que apresentava melhores condições de recolha, quer na plataforma, palmilhas e registo vídeo. Uma vez que estes procedimentos estavam sincronizados, julgámos ser uma opção fiável para o tratamento dos dados, para ambos os pés.

4.3.2.3. Procedimentos de medida.

Na presente investigação, em que se realizaram dois estudos complementares (cinemetria e dinamometria), tendo sido a dinamometria o objectivo do nosso estudo, estiveram sincronizados os seguintes procedimentos de medida, para análise da marcha e das respostas biomecânicas:

- a) Cinematografia Tridimensional, através do Sistema Vídeo-Analógico de Análise do Movimento (APAS), do qual se obtiveram os valores relativos à duração das várias fases do ciclo da marcha, comprimento do ciclo comprimento do passo, comprimento da passada, velocidades, acelerações intersegmentares e variações angulares intersegmentares (Figura 13).

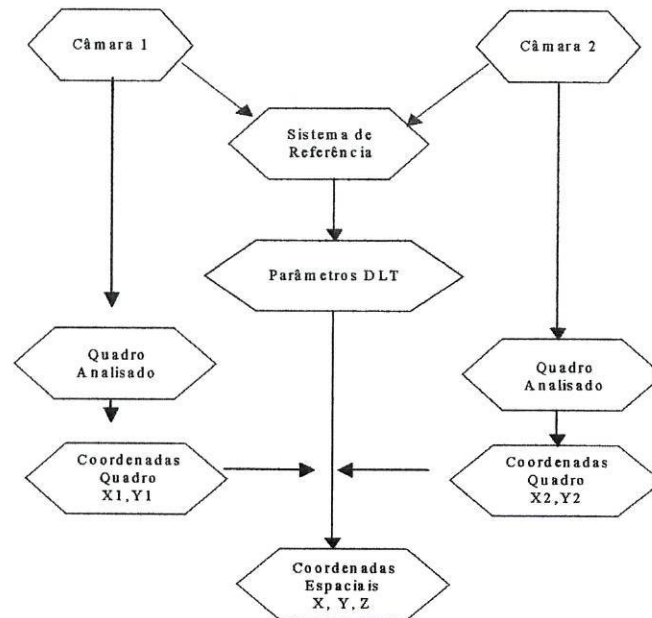


Figura 13. Etapa metodológica para a reconstrução 3D (Adaptada de Amadio 1996).

Para a recolha de imagens, utilizámos duas câmaras de vídeo JVC, de modelo SVHSC, com a frequência de 50 Hz. Uma foi colocada lateralmente, com o feixe óptico perpendicular ao estrado, a uma altura de 110 cm relativamente ao solo, suportada por um tripé Hanimax, HPT 30 . A outra câmara foi colocada de frente para o eixo longitudinal do estrado a uma altura do solo de 110cm, também suportada por um tripé Hanimax, HPT 30. A horizontalidade das câmaras foi garantida pela estabilidade de um nível de bolha de ar.

Os sistemas de imagem foram sincronizados através do acendimento simultâneo de díodos emissores de luz, acoplados no campo visual de cada câmara de vídeo, junto à objectiva. A velocidade de obturação utilizada foi de 1:1000 (Sports) nas duas câmaras utilizadas (Figura 14).

As imagens relativas ao movimento da marcha, foram calibradas através de um referencial, construído para o efeito, com 200cm de altura, 150 cm de largura para o plano lateral e 100 cm de profundidade para o plano longitudinal (Figura 13).

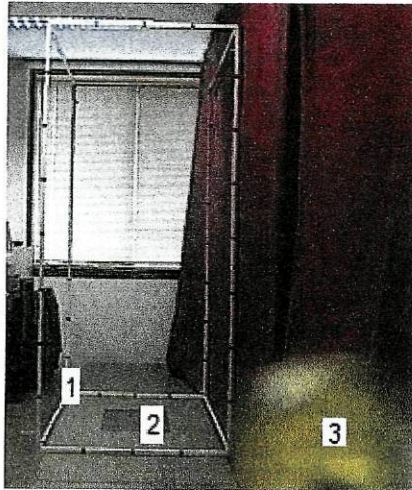


Figura 14. 1) referencial; 2) plataforma; 3) díodo emissor de luz acoplado no campo visual da objectiva.

- b) Dinamometria, através do uso da plataforma de forças BERTEC e os transdutores de pressão plantar (PEDAR da Novel), para a aquisição dos valores relativos das forças de reacção do solo, ponto de aplicação destas forças e momentos e pressões ocorridos durante a fase de contacto do pé com o solo no ciclo da marcha.

Para estudar a marcha e medir as variáveis relacionadas com as forças de reacção do solo durante a fase de apoio, necessitámos de um estrado, com um comprimento de 500 cm, com uma largura de 92 cm, no meio do qual estava inserida a plataforma de forças ao mesmo nível (Figura 15). A plataforma de forças utilizada foi uma Bertec # K80204, tipo 4060-15, com uma frequência de amostragem de 1000 Hz.

Para o tratamento dos dados recolhidos na plataforma de forças, utilizámos o programa Aknowledge III, Versão Windows 95, inserido num computador PC. Foi também utilizada a Unidade Electrónica de Amplificação e Adaptação, registo e tratamento de dados. Esta unidade é constituída por seis

amplificadores que, ligados às células de carga (em ponte de Wheatstone), permitem obter tensões proporcionais às cargas em cada célula (Figura 16).



Fig. 15. Estrado com a plataforma de forças.



Fig. 16. Mesa com amplificador, placa de conversão A/D e computador com o programa ACK III versão Windows 95.

Estas tensões são digitalizadas numa placa de conversão A/D (analógico-digital) de 16 bits (marca Biopac) e convertidas através da matriz de calibração, em registos de forças (F_z , F_y , F_x), nos seis graus de liberdade (Figura 17).

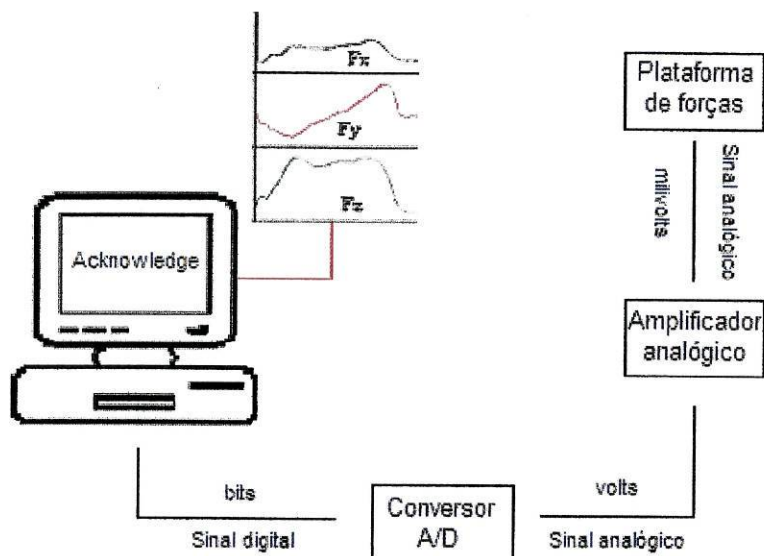


Fig. 17. Registos das forças de reacção do solo no ACK.

O sistema utilizado para medir as forças de reacção do solo e a sua distribuição plantar, foi o Pedar da Novel, constituído por (Figura 18):

- 1) palmilhas transdutoras de pressão plantar, 1A – par T83R94L para pés tamanho 37/39; 1B - par W8R68L para pés tamanho 40/41; 1C - par Y87R94L para pés 42/44;
- 2) Cabo duplo pedar para palmilhas, com conectores de ligação para a palmilha esquerda e direita;
- 3) caixa de sincronização com conectores para as palmilhas e cabo duplo pedar;
- 4) cabo pedar de 10 m;
- 5) caixa de interface IO com conectores para o cabo pedar, cabo RS232 de ligação ao transformador;
- 6) caboRS232 de ligação ao computador;
- 7) transformador de energia mais cabo para caixa de interface;

- 8) cabo principal de alimentação;
- 9) alças de velcros para segurar os cabos nos membros inferiores.

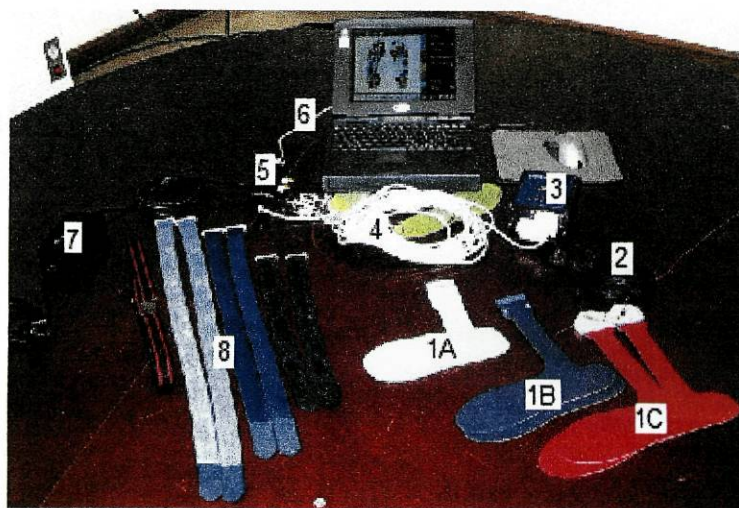


Fig.18. Sistema de componentes do PEDAR.

As palmilhas utilizadas são flexíveis com uma espessura aproximada de 1mm, com 640 pontos de medição, com uma frequência de amostragem de 50 hertz. Permitem registrar os máximos de pressão por cada sensor (N/cm^2) a 2D e 3D (Figura 19).

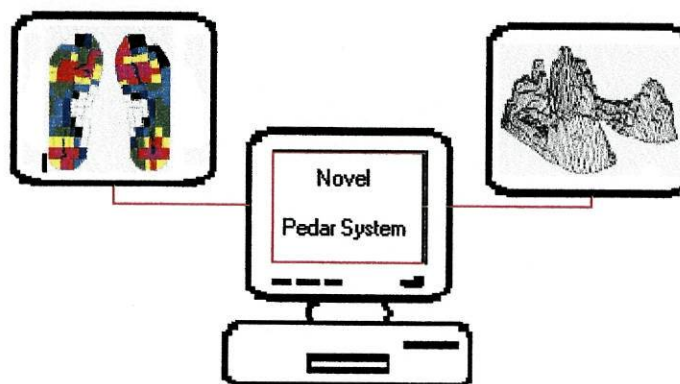


Fig.19. Medição da distribuição da pressão plantar 2D e 3D, através das palmilhas transdutoras de pressão.

Para o tratamento de dados das palmilhas, utilizamos os valores registados a 2D nos sensores que as constituem e seguidamente dividimos a superfície plantar foi dividida em três zonas, o retropé, médiopé e antepé, que foram relacionadas de acordo com Sacco (1997), em quatro áreas:

- a) Área de pressão I, hállux, onde juntamente com o metatarso medial, se realiza a inversão para a propulsão final da marcha para a fase de balanço;
- b) Área de pressão II, metatarso medial, onde se efectua o apoio durante a inversão da marcha;
- c) Área de pressão III, metatarso lateral, onde se efectua o apoio durante a fase de eversão na marcha;
- d) Área de pressão IV, contacto do calcanhar no início da fase de apoio na marcha (Figura 20b).

Para esta análise os sensores foram codificados de forma a que fosse possível determinar as zonas, nas quais os sujeitos da amostra apresentavam picos de pressão mais elevados. Assim a codificação obedeceu ao seguinte critério: para o retropé atribui-se a letra R seguida do número do sensor; para o médiopé atribuiu-se a letra M seguida dos números por ordem crescente; para o antepé atribuiu-se a letra A seguida dos números por ordem crescente (Figura 20a).

Nesta codificação, para a palmilha esquerda, a contagem das sensores foi realizada da direita para a esquerda e na palmilha direita a contagem processou-se da esquerda para a direita. Esta codificação foi utilizada, para simplificar a visualização das forças de reacção do solo por unidade de superfície (N/cm²).

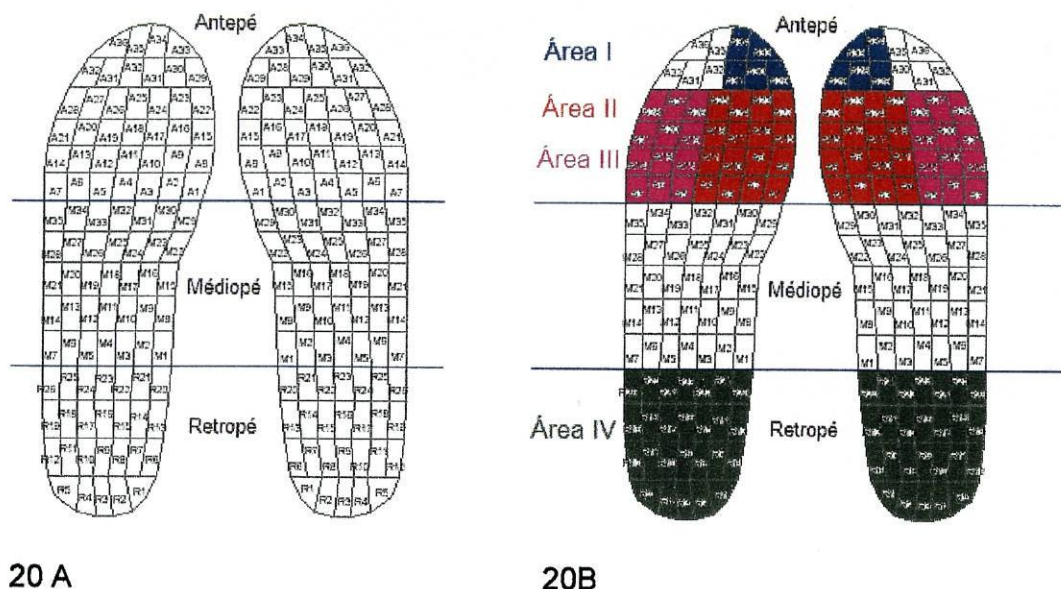
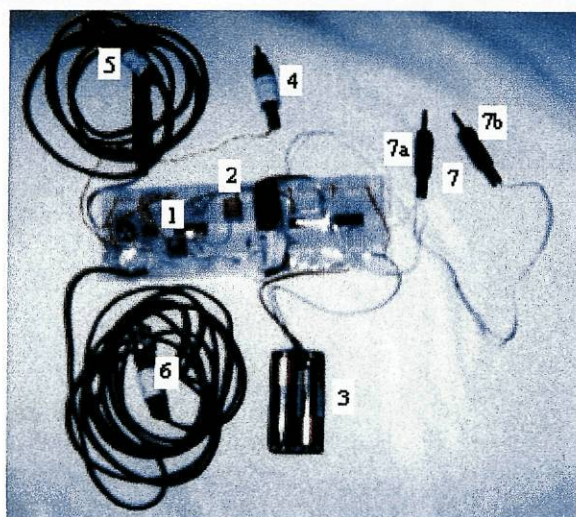


Figura 20- A - Codificação das palmilhas do sistema PEDAR.
 - B - Relação com as áreas de acordo com Sacco (1997).

Os aparelhos para a investigação estiveram sincronizados através de uma placa electrónica construída no laboratório (Figura 21), de forma que o indivíduo, no início do ciclo da marcha, quando o seu calcanhar tocasse a plataforma de forças, activasse as palmilhas transdutoras de pressão e acendesse os díodos emissores de luz (leds) acoplados no campo de cada objectiva das câmaras de vídeo, em simultâneo. Este procedimento permitiu obter os valores e registo de dados, sincronizados da cinemática e da dinâmica da fase do ciclo da marcha durante o apoio (Figura 22).

Para se efectuar a sincronização dos sistemas, foi construída uma placa electrónica (Figura 21), constituída por terminais de ligação para a plataforma de forças, sistema Pedar e leds e dois interruptores, um preto e um vermelho.



- 1- Botão de carregamento da memória.
- 2- Botão para desactivar o registo de dados das palmilhas.
- 3- Alimentação
- 4 - Ficha de ligação dos díodos emissores de luz
- 5- Ficha de ligação à unidade de sincronização do Pedar
- 6- Ficha de ligação à plataforma
- 7- Fichas de ligação à placa de conversão AVD.
 - a – canal 8, entrada do sinal de sincronização
 - b – canal 16, saída do sinal de sincronização

Fig. 21. Placa electrónica de sincronização dos sistemas.

O interruptor preto activava a memória de sincronização da placa e, o interruptor vermelho permitia desactivar o registo de dados das palmilhas a partir do momento em que o pé de apoio, perdia o contacto com o solo. No início de cada registo de dados, efectuávamos a calibração das palmilhas.

Para calibrar as palmilhas, utilizaram-se os seguintes procedimentos: 1) o indivíduo levantava o pé esquerdo e efectuava-se o registo no programa; 2) o indivíduo levantava o pé direito e efectuava-se o registo no programa de suporte informático.

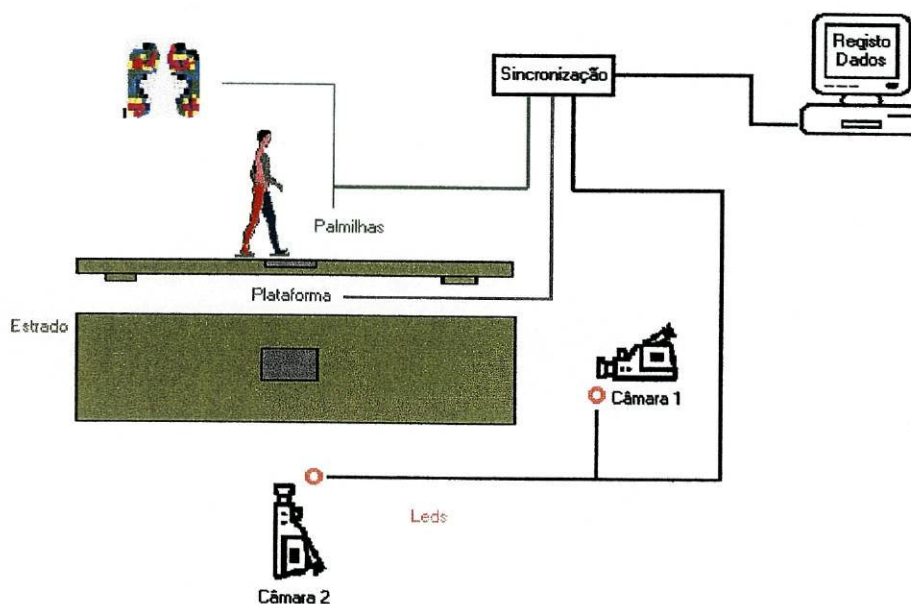


Fig. 22. Sincronização do sistema experimental.

4.4. Procedimentos estatísticos.

Para expressar a magnitude, dispersão e o grau de variabilidade dos valores das variáveis em estudo, o tratamento de dados foi realizado no programa Excel da Microsoft - XP Professional, onde foram calculadas as médias e desvios padrão para todas as células das palmilhas transdutoras de pressão.

A análise exploratória de dados e tratamento estatístico, foram realizados no programa Excel.

O tratamento das respostas ao IPAQ, foi realizado através da análise descritiva, determinando os valores absolutos e valores médios.

Para estimar a significância estatística da diferença de médias das variáveis, foi utilizado o T-Test.

4.5. Limitações do estudo.

4.5.1. Disponibilidade e selecção da amostra.

Os indivíduos com neuropatia diabética, foram provenientes do Hospital de São João no Porto, da consulta de endocrinologia. A consulta realizava-se todas as segundas feiras e os indivíduos só eram enviados para a recolha de dados, quando era diagnosticada a neuropatia. Este procedimento teve como consequência, uma recolha de dados dos indivíduos, prolongada que implicou um número reduzido de sujeitos na constituição da amostra.

4.5.2. Tratamento de dados.

O software do sistema PEDAR da Novel, só permite a visualização gráfica dos valores registados a duas e três dimensões e não permite o tratamento dos valores numéricos, o que implicou que após a recolha de dados, os valores numéricos registados, correspondentes aos valores de pressão na superfície plantar, fossem transferidos para o programa Excel da Microsoft, para o respectivo tratamento de dados.

5. Apresentação e discussão dos resultados.

5.1. Questionário IPAQ.

Na caracterização da actividade física foi utilizado o questionário internacional de avaliação da actividade física (IPAQ), conforme referido no capítulo anterior.

Relativamente aos indivíduos do sexo feminino, concluímos que não praticam actividades físicas moderadas e vigorosas, os sujeitos D e F caminham por dia pelo menos 10 minutos e o sujeito A cerca de 3 minutos. Caminham com um tipo de passada lenta, com excepção do sujeito F que caminha com um tipo de passada moderada.

Costumam estar sentados, por dia durante a semana em média 201,4 ($\pm 70,8$) minutos e 240 (± 60) minutos ao fim de semana (Quadro 6).

Nos indivíduos do sexo masculino, concluímos que não realizam actividades físicas moderadas e vigorosas, com excepção do sujeito J que pratica actividade física moderada três vezes por semana durante 60 minutos. Todos caminham todos os dias da semana pelo menos 10 minutos, com excepção do sujeito L que caminha 3 minutos por dia. O tipo de passada que utilizam é lenta, com excepção do sujeito J, que utiliza um tipo de passada moderada.

Costumam estar sentados, por dia da semana em média de 165 (± 59) minutos e por fim de semana 160 ($\pm 82,6$) minutos (Quadro 6).

Relativamente à prática desportiva, o sujeito I foi praticante de andebol e o sujeito J tem como actividade física regular a caça e a pesca.

Os resultados da forma reduzida do questionário, foram convertidos em METs conforme procedimento descrito anteriormente, que traduzem a energia dispendida, estimada em função da actividade física e do tempo de repouso dos dos sujeitos (Quadro 8).

Quadro 7. Caracterização da actividade física.

Sujeito	Faz AFV	tAFVDia	Faz AFM	tFaz AFM	10m/DiaC	tCm/Dia	Passo	tSt/DiaSm	tSt/DiaFS
A	Não	0	Não	0	3	3	Lento	150	180
B	Não	0	Não	0	0	0	0	120	300
C	Não	0	Não	0	0	0	0	300	300
D	Não	0	Não	0	5	20	Lento	180	180
E	Não	0	Não	0	0	0	0	300	300
F	Não	0	Não	0	5	30	Moderado	180	180
G	Não	0	Não	0	0	0	Lento	180	240
H	Não	0	Não	0	5	30	Lento	180	120
I	Não	0	Não	0	5	15	Lento	240	360
J	Não	0	Sim/3dias	60m	5	120	Moderado	30	30
K	Não	0	Não	0	5	30	Lento	180	90
L	Não	0	Não	0	3	10	Lento	180	180
Média					3	21,5		185	205
DP					2,3	33,4		73,3	98,1
Média F					1,9	7,6		201,4	240,0
DP F					2,4	12,3		70,8	60,0
Média M					4,6	41		162	156
DP M					0,9	45,1		78,2	126,2

Quadro 8. Valores da energia dispendida, estimada em função da actividade física e do tempo de repouso dos dos sujeitos

Actividade física - METs		
Sujeito	A.F	Repouso
A	22,5	150
B	0	120
C	0	300
D	250	180
E	0	300
F	495	180
G	0	180
H	375	180
I	187,5	240
J	1980	30
K	375	180
L	125	180

5.2. Análise da dinâmica da marcha.

5.2.1. Forças de reacção do solo vertical (Fz) e horizontal (Fy).

Para análise das forças de reacção do solo, procedeu-se ao tratamento dos dados dos registos efectuados pela plataforma de forças, nos quais as variáveis seleccionadas (Quadro 9) foram a componente vertical (Fz), durante dois picos máximos (passivo e activo) e pico mínimo, em função do peso corporal, ou seja Fz1(PC), Fzm(PC), Fz2(PC), os respectivos tempos para as atingir, Δt Fz1, Δt Fzm, Δt Fz2, o tempo total de apoio (Δt apoio) e a componente horizontal Fy.

Foram calculadas as taxas de crescimento da força TC1, que correspondem à divisão de Fz1(PC) pelo tempo que levou a atingir (Δt Fz1) normalizada em função do tempo total de apoio e a taxa de crescimento TC2, calculada pela divisão de Fz2(PC) pelo intervalo de tempo necessário para a atingir (Δt Fz2- Δt Fz1), normalizado ao tempo total de apoio.

Na componente vertical das forças de reacção do solo verificámos que nos sujeitos do sexo feminino, no pico passivo (Fz1PC) atingiram valores médios de 98 (± 5)% do peso corporal, para ambos os pés e levaram 0,23 ($\pm 0,07$) segundos para o atingir no pé direito e 0,25 ($\pm 0,07$) segundos no pé esquerdo.

No pico mínimo (FZmmPC) correspondente ao apoio médio, ou seja na deflexão da curvatura, registámos valores médios de 88 (± 5)% no pé direito e 89 (± 5)% no pé esquerdo do peso corporal, o tempo médio para o atingir foi de 0,36 ($\pm 0,08$) no pé direito e 0,37 ($\pm 0,08$) no pé esquerdo.

Para atingir o pico activo (Fz2PC) o tempo médio para ambos os pés foi de 0,59 ($\pm 0,08$) e os valores médios da força em função do peso corporal foram 100 (± 7) % do PC.

O tempo total de apoio foi de 0,86 ($\pm 0,09$) segundos para o pé esquerdo e 0,87 ($\pm 0,09$) segundos para o pé direito.

Relativamente às forças de reacção do pico passivo (Fz1) e pico activo (Fz2), não se observaram diferenças significativas ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), entre os sujeitos do sexo feminino e os sujeitos do sexo masculino.

Podemos verificar com base no quadro 9, que apesar de não existirem diferenças significativas, que os sujeitos do sexo feminino, no pico passivo atingiram um valor inferior ao seu peso corporal (98%) e que no pico activo atingiram um valor igual ao seu peso corporal (100%).

Os sujeitos do sexo masculino, registaram um valor superior ao seu peso corporal, no pico passivo e no pico activo da força de reacção do solo. Este valor foi igual (102%), em ambos os picos.

Analisados os tempos que os sujeitos levaram para atingir, o pico passivo, o pico mínimo e o pico activo, em ambos os pés, observou-se que existem diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os sujeitos femininos e masculinos, em relação ao tempo (Δt Fz2) para atingir o segundo pico activo (Fz2). Os sujeitos femininos levaram em média 0,57 ($\pm 0,07$) segundos e os sujeitos masculinos 0,68 ($\pm 0,06$) para atingir o pico activo (Quadro 9).

O sujeito G para o pé direito, apresentou valores atípicos ($p < 0,05$) comparativamente com os outros sujeitos. Os sujeitos femininos levaram em média 0,23 ($\pm 0,04$) segundos para atingir Fz1 e o sujeito G registou o pico passivo aos 0,43 segundos.

O mesmo sujeito para atingir o pico mínimo (Fzmm) levou 0,59 segundos, enquanto os outros sujeitos levaram em média 0,36 ($\pm 0,05$) segundos. Não registou diferenças relativamente aos outros sujeitos, no tempo para atingir o segundo pico máximo. No tempo total de apoio, registou alteração comparativamente com os outros sujeitos. A sua fase de apoio teve uma duração de 1,08 segundos, que foi superior ao tempo total de apoio dos outros sujeitos, que registaram em média 0,86 ($\pm 0,08$) segundos.

Depois de analisar as forças de reacção do solo Fz, nos momentos que correspondem aos dois picos máximos e pico mínimo, analisámos as taxas de crescimento da força, onde observámos que a taxa de crescimento da força do 1º pico máximo (TC1) foi de 3,8 (\pm 0,76) para o pé direito e 3,6 (\pm 0,62) para o pé esquerdo e a taxa de crescimento da força para o 2º pico máximo (TC2) foi de 4,2 (\pm 2,34) para o pé direito e 4,6 (\pm 2,61) para o pé esquerdo.

Relativamente à taxa de crescimento da força, apesar das proporções de crescimento não serem estatisticamente significativas, observámos que foi superior para atingir o 2º pico da força, comparativamente com a taxa de crescimento para atingir o 1º pico de força.

Para os sujeitos do sexo masculino, observámos que atingiram valores médios de 102 (\pm 4)% do PC para Fz1, para ambos os pés. O tempo que levaram a atingir este 1º pico foi de 0,21 (\pm 0,04) segundos para o pé direito e 0,22 (\pm 0,04) segundos para o pé esquerdo.

Na fase de apoio médio apresentaram valores médios da FzmmPC de 88% (\pm 5%) do PC para o pé direito e 86% (\pm 4%) do PC para o pé esquerdo, atingiram este valor aos 0,34 (\pm 0,05) segundos para o pé direito e 0,35 (\pm 0,05) segundos para o pé esquerdo.

Observámos valores médios para Fz2PC de 101% (\pm 4%) para o pé direito e 102% (\pm 1%) para o pé esquerdo, estes valores foram atingidos aos 0,63 (0,08) segundos para o pé direito e 0,64 (\pm 0,09) segundos para o pé esquerdo.

O tempo total de apoio para o pé direito foi de 0,87 (\pm 0,11) segundos e de 0,89 (\pm 0,12) segundos para o pé esquerdo.

Na totalidade dos valores observados para as forças de reacção em função do peso corporal no pico passivo (Fz1PC), verificámos que ambos os sujeitos atingiram valores no máximo, até 102% da força em função do peso corporal.

Para Plas et al. (1983) no momento do apoio inicial, o peso do corpo é distribuído na totalidade sobre um dos pés, e atinge valores que correspondem a 120% do peso corporal.

Os sujeitos masculinos atingem em ambos os pés, o valor de 102% do PC e os sujeitos femininos o valor de 98% do PC, para Fz1. Isto pode significar de acordo com o autor supracitado, que existe um ligeiro prolongamento do apoio do membro contralateral, o que implica que não se atinjam, os valores habituais de 120% do PC.

Para os sujeitos femininos, este duplo apoio é ligeiramente mais prolongado, por isso não chegam a atingir os referidos valores.

A TC1 foi de 3,7 (\pm 0,75) para o pé direito e 3,8 (\pm 0,64) para o pé esquerdo. A TC2 foi de 3,1 (\pm 0,48) para o pé direito e 3,2 (\pm 0,34) para o pé esquerdo.

Não foi observada qualquer alteração significativa da taxa de crescimento do primeiro e segundo pico, no sexo masculino para o pé esquerdo e direito.

Na análise dos sujeitos femininos em relação aos sujeitos masculinos, foram observadas alterações significativas ($p < 0,05$) relativamente à taxa de crescimento do pico activo. Estas alterações revelam que a taxa de crescimento desta força é significativamente maior para os sujeitos femininos em comparação com os sujeitos masculinos.

Os resultados apresentados no Quadro 9, demonstram que a taxa de crescimento da força, no pico passivo e no pico activo é diferente para o sexo feminino e sexo masculino. Verificámos que a taxa de crescimento da força do pico passivo não apresenta diferenças significativas e que no sexo feminino a taxa de crescimento do pico activo é maior que a taxa de crescimento da força do pico activo.

Os sujeitos do sexo masculino, apresentam uma taxa de crescimento da força do pico passivo inferior à do pico activo.

Analisadas as diferenças que ocorrem entre os sujeitos do sexo feminino em relação aos do sexo masculino, verificou-se que, como não existem alterações significativas em relação Fz2PC no pico activo, sendo a taxa de crescimento da força relacionada com tempo que leva a atingir este pico, as alterações significativas ($p < 0,05$) nos tempos que os sujeitos femininos e masculinos, levam para atingir este pico, justificam as alterações da TC2. Os sujeitos do sexo feminino atingem este pico mais rápido que os do sexo masculino.

Quadro 9. Valores médios e desvios padrão das força Fz (N) , das força Fz em função do peso corporal (%PC) e dos tempos (s) em ocorreram os referidos eventos dos sujeitos femininos e masculinos.

Variáveis	Sujeitos do sexo feminino				Sujeitos do sexo masculino			
	Pé direito		Pé esquerdo		Pé direito		Pé esquerdo	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Fz1(PC)	98%	5%	98%	5%	102%	4%	102%	4%
Δt Fz1	0,23	0,07	0,25	0,07	0,21	0,04	0,22	0,04
Fzm(PC)	88%	5%	89%	5%	88%	5%	86%	4%
Δt Fzmin	0,36	0,08	0,37	0,08	0,34	0,05	0,35	0,05
Fz2(PC)	100%	7%	100%	7%	101%	4%	102%	1%
Δt Fz2*	0,59	0,08	0,59	0,08	0,63	0,08	0,64	0,09
TC1	3,8	0,76	3,6	0,62	3,7	0,75	3,8	0,64
TC2*	4,2	2,34	4,6	2,61	3,1	0,48	3,2	0,34
Δt apoio	0,86	0,09	0,87	0,09	0,87	0,11	0,89	0,12

*Variáveis que apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre sujeitos femininos e masculinos.

Na componente horizontal das FRS (Quadro 10) observámos que nos sujeitos do sexo feminino, o Fy mínimo em função do PC, foi de $-8\%(\pm 2\%)$ para ambos os pés de apoio, tendo sido este valor da força registado aos $0,39 (\pm 0,08)$ segundos para o pé direito e aos $0,36 (\pm 0,05)$ segundos para o pé esquerdo. O Fy máximo em função do PC, foi atingido aos $0,60(\pm 0,1)$ segundos para o pé direito e $0,57 (\pm 0,08)$ segundos, com um valor da força de $12\% (\pm 4\%)$, para o pé direito e de $11\% (\pm 5\%)$ para o pé esquerdo.

Para os sujeitos do sexo masculino, verificámos que o Fy mínimo em função do PC, foi de $-9 (\pm 2\%)$ para o pé direito e $-10 (\pm 2\%)$ para o pé esquerdo, tendo

sido estes valores da força, registados aos 0,38 ($\pm 0,06$) segundos para o pé direito e aos 0,39 ($\pm 0,03$) segundos para o pé esquerdo. O Fy máximo em função do PC, foi atingido aos 0,68 ($\pm 0,1$) segundos para o pé direito e 0,66 ($\pm 0,07$) segundos para o pé esquerdo e foi registado um valor do Fymáx de 14 ($\pm 2\%$) em função do peso corporal, para ambos os pés.

Ao analisar os resultados dos sujeitos femininos comparativamente com os dos sujeitos masculinos, verificámos que apresentaram diferenças significativas nas variáveis Fymm ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), FymmPC ($p < 0,05$) e no tempo para atingir Fymáx ($p < 0,05$).

Para a variável Fymm podemos observar no quadro 10, que os valores atingidos pelos sujeitos masculinos são mais elevados que os dos sujeitos femininos, o que pode significar uma entrada mais forte do calcanhar no momento do contacto, comparativamente com os sujeitos femininos.

Na variável FymmPC, constatamos o que foi exposto anteriormente e que as diferenças não devem ao facto dos sujeitos masculinos serem mais pesados que os sujeitos femininos.

As diferenças registadas, nos tempos para atingir o Fymáx., revelam que os sujeitos femininos, atingem mais rápido o pico activo que os sujeitos masculinos. Esta situação pode significar de acordo com Plas et al. (1983), um deslizamento mais rápido do pé para trás (aceleração), iniciando a propulsão mais cedo que os sujeitos masculinos.

A componente de força horizontal ou antero-posterior (FY), segundo Amadio (1996), pode apresentar picos de força que podem atingir valores até 20 % do peso corporal, nos sujeitos femininos e masculinos observámos que se registaram valores entre 11 a 14% do peso corporal.

Para Prat et al (1999), os padrões de contacto do pé com o solo podem estar alterados, o que implica que cada uma das fases de apoio, possa estar

reduzida, ou aumentada. Estas situações podem verificar-se através da morfologia das curvas, das forças de reacção vertical (Fz).

Quadro 10. Resultados da componente horizontal (Fy) das forças (N), de reacção do solo (FRS), da força Fy em função do peso corporal (%PC) e dos tempos (s) em ocorreram os referidos eventos dos sujeitos femininos e masculinos.

Variáveis	Componente horizontal das FRS							
	Sujeitos sexo feminino				Sujeitos sexo masculino			
	Pé direito		Pé esquerdo		Pé direito		Pé esquerdo	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Fy mm**	-60,1	17,4	-59,8	19,9	-80,4	11,8	-77,9	22,4
Fy mm(PC)*	-8%	2%	-8%	2%	-9%	2%	-10%	2%
Δt Fymm	0,39	0,08	0,36	0,05	0,38	0,06	0,39	0,07
Fy máx.	91,8	29,9	82,2	27,4	105,1	18,7	107,8	7,7
Fymáx(PC)	12%	4%	11%	5%	14%	2%	14%	2%
Δt Fy máx*	0,60	0,1	0,57	0,08	0,68	0,1	0,66	0,07

*Variáveis que apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os sujeitos femininos e masculinos.

Através da análise qualitativa da morfologia das curvaturas dos registos das forças de reacção do solo (Fz), verificámos de acordo com Jacobs et al. (1972) que existem padrões que revelam alterações da marcha.

Estes padrões foram observados nos sujeitos D, E, F, G, H, K e L.

Nos sujeitos D, H e K, verificou-se para o pé direito uma curvatura trapezoidal tipo 1. Para o pé esquerdo os sujeitos E e F, apresentaram o mesmo tipo de curvatura e o sujeito K para ambos os pés.

A onda trapezoidal tipo 1, segundo Perry et al. (1972), revela a existência de maior tempo de apoio unipedal e uma zona média bastante plana.

O sujeito G registou para o pé direito uma onda triangular que revela a existência de um apoio unipedal muito curto.

5.2.1.2. Análise dos sujeitos da amostra em função da sua actividade física habitual.

Constituídos os grupos em função da sua actividade física habitual, considerámos o grupo A dos sujeitos que apresentaram um índice de menos actividade física e o grupo B os indivíduos com mais actividade física habitual. O grupo A constituído pelos sujeitos A, B, C, E, G, I e L e o grupo B pelos sujeitos D, F, H, J e K, procedeu-se à análise das variáveis, que dizem respeito às forças de reacção vertical (F_z), de reacção horizontal (F_y), aos tempos registados para alcançar os picos de força anteriores e das taxas de crescimento da força.

Não se observaram diferenças significativas ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) entre os sujeitos do grupo A e B, relativamente às variáveis supracitadas.

Observámos através da análise qualitativa do Quadro... dos valores médios e desvios padrão dos sujeitos A (menos actividade física) e sujeitos do grupo B (mais actividade física) diferenças nas variáveis TC2 e $\Delta t F_z$.

Relativamente a TC2, verificámos os sujeitos com mais actividade física ($>AF$), apresentaram um crescimento de F_z em função do tempo para a atingir, inferior aos sujeitos com menos actividade física ($<AF$).

Os sujeitos com mais actividade física, levaram mais tempo, para atingir a F_z , comparativamente com os sujeitos com menos actividade física

Seguidamente, procedeu-se à análise das forças horizontais (F_y), de reacção do solo, para os sujeitos da amostra, em função da sua actividade física habitual.

Não se observaram diferenças significativas ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) entre os sujeitos do grupo A e B, relativamente a estas variáveis.

Quadro 11. Valores médios e desvios padrão das forças (N) verticais (Fz) de reacção do solo, das força Fz em função do peso corporal (%PC) e dos tempos (s) em ocorreram os referidos eventos dos sujeitos A (menos actividade física) e sujeitos do grupo B (mais actividade física).

Variáveis	Sujeitos do grupo A				Sujeitos do grupo B			
	Pé direito		Pé esquerdo		Pé direito		Pé esquerdo	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Fz1(PC)	101%	3%	99%	4%	98%	4%	98%	4%
Δt Fz1	0,25	0,04	0,23	0,05	0,25	0,07	0,22	0,04
Fzm(PC)	92%	4%	88%	3%	89%	6%	89%	4%
Δt Fzmin	0,36	0,05	0,38	0,07	0,39	0,08	0,36	0,05
Fz2(PC)	99%	1%	102%	2%	102%	7%	99%	5%
Δt Fz2	0,69	0,09	0,63	0,1	0,60	0,09	0,58	0,08
TC1	3,5	0,6	3,5	0,6	3,6	0,9	3,8	0,6
TC2	2,7	0,4	3,9	1,4	4,6	2,4	4,4	1,7
Δt apoio	0,86	0,11	0,85	0,04	0,85	0,11	0,86	0,08

Verificámos através da análise do quadro 11, que os valores da Fymm e Fymáx são maiores nos sujeitos com menos actividade física, comparativamente com os sujeitos de maior actividade física.

Observámos que os sujeitos com mais actividade física, levam mais tempo para atingir Fymáx, comparativamente com os sujeitos de menor actividade física.

Quadro 12. Valores médios e desvios padrão (DP) das forças horizontais (Fy) de reacção do solo, das força Fy em função do peso corporal (%PC) e dos tempos (s) em ocorreram os referidos eventos dos sujeitos A (menos actividade física) e sujeitos do grupo B (mais actividade física).

Variáveis	Componente horizontal das FRS							
	Sujeitos do grupo A				Sujeitos do grupo B			
	Pé direito		Pé esquerdo		Pé direito		Pé esquerdo	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Fy mm	-75,5	16,3	76,2	23,8	-63,6	17,7	-61	20,9
Fy mm(PC)	-9%	1%	-9%	1%	-8%	2%	-8%	2%
Δt Fymm	0,16	0,1	0,12	0,05	0,13	0,08	0,21	0,18
Fy máx.	89,7	31,4	86	35	59,7	21,6	64,4	20,4
Fymáx(PC)	12%	2%	13%	2%	11%	3%	12%	3%
Δt Fy máx	0,74	0,08	0,73	0,05	0,68	0,08	0,68	0,08

5.2.2. Distribuição das forças de reacção do solo na superfície plantar.

O tratamento de dados das forças de reacção do solo, medidas através das palmilhas transdutoras de pressão, foi efectuado através da codificação dos sensores de pressão para o retropé, médiopé e antepé nos quais se verificaram os valores de pressão por unidade de superfície (N/cm^2) separadamente para os dois pés (direito e esquerdo).

Os resultados apresentados, reflectem a análise qualitativa e quantitativa da distribuição da pressão plantar, observada durante o ciclo da marcha, na fase de apoio.

Para os sujeitos A, B, C, D, E, F e G do sexo feminino e H, I, J, K, L do sexo masculino que constituem a amostra, o tratamento de dados foi realizado de forma, a poder comparar os valores médios observados para todos os sujeitos no retropé, médiopé e antepé, para cada um dos pés esquerdo e direito, durante a fase de apoio, em três momentos que correspondem respectivamente ao apoio inicial (AI), apoio médio (AM) e apoio final (AF).

Nos sujeitos do sexo feminino, na fase de contacto inicial, no retropé direito, observámos que os valores médios mais altos foram registados nas células R8, R9, R10, R15, R16 e R17, com os respectivos valores médios (Figura 23) de 14,5, 14,8, 13,7, 12,2, 13,1, 12,4 N/cm^2 .

Na fase de apoio médio, as forças de reacção do solo por unidade de superfície, não atingem valores muito elevados, conforme se pode constatar na Figura 24.

Na fase de apoio final (AI), para o antepé direito podemos verificar através da figura 25, que os sujeitos femininos atingiram os valores médios mais elevados nos sensores A3, A4, A5, A10, A11 e A12, com respectivamente 14,6, 17, 13,6 13,1, 14,2 e 11,9 N/cm^2 .

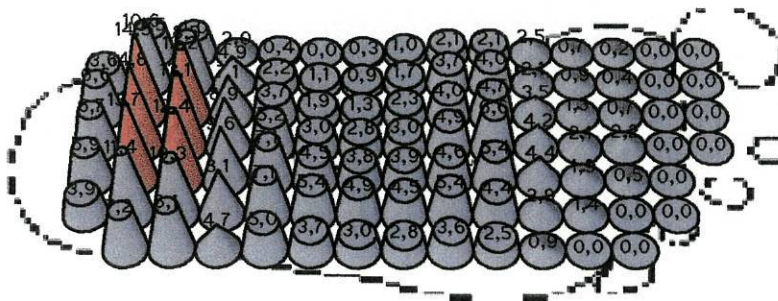


Figura 23. Distribuição das forças de reação do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no retropé direito dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio inicial.

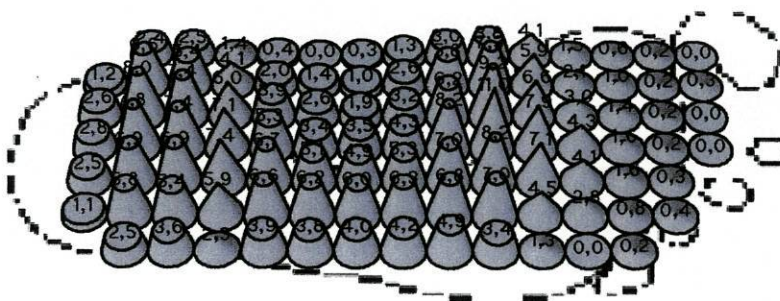


Figura 24. Distribuição das forças de reação do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no médiopé direito dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio médio.

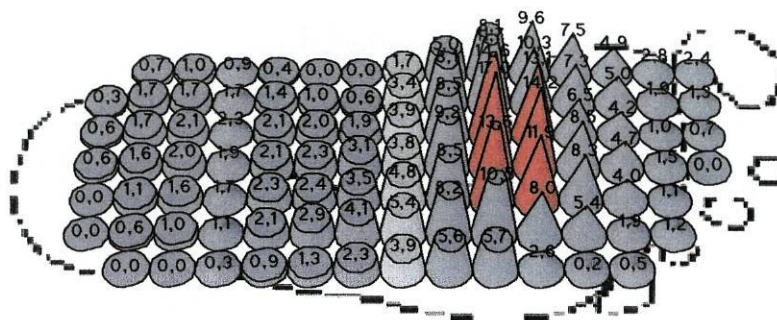


Figura 25. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no antepé direito dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio final.

Para o retropé esquerdo, verificámos que os valores médios mais altos foram registados nas células R8, R9, R10, R11, R12, R13, R17, R18, R19 e R20, com os respectivos valores médios de 16,7, 18,6, 18,1, 16,1, 14,8, 18,3, 17,3, 15,2 N/cm^2 (Figura 26).

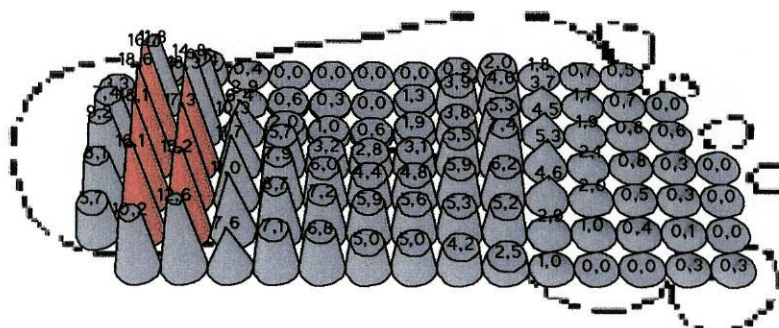


Figura 26. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no retropé esquerdo, dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio inicial.

Na fase de apoio médio, as forças de reacção do solo por unidade de superfície, não atingem valores muito elevados, de acordo com Soames (1995), conforme se pode constatar na figura 27.

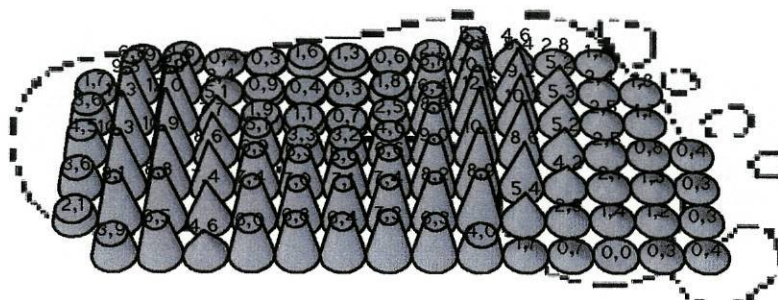


Figura 27. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no médiopé esquerdo, dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio médio.

Para o pé esquerdo obtiveram os valores médios de 14, 18,1, 15,7, 14,3, 16,9 e 14,8 N/cm^2 , nas células A3, A4, A5, A10, A11 e A12 na zona do antepé (Figura 28).

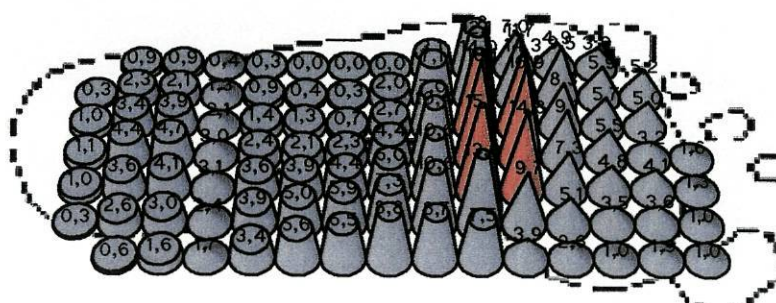


Figura 28. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no antepé esquerdo, dos sujeitos do sexo feminino, na fase de apoio médio.

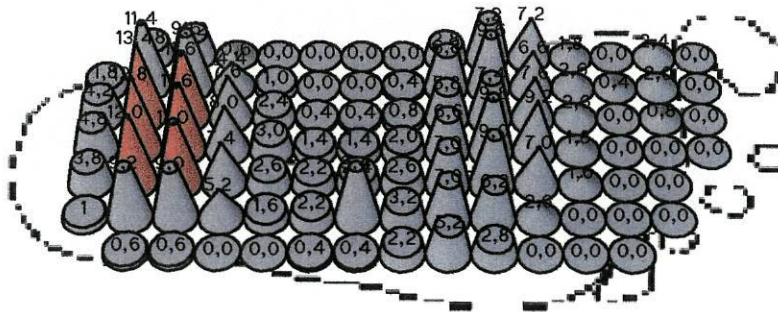


Fig 30. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm²), no médiopé direito dos sujeitos do sexo masculino, na fase inicial do apoio.

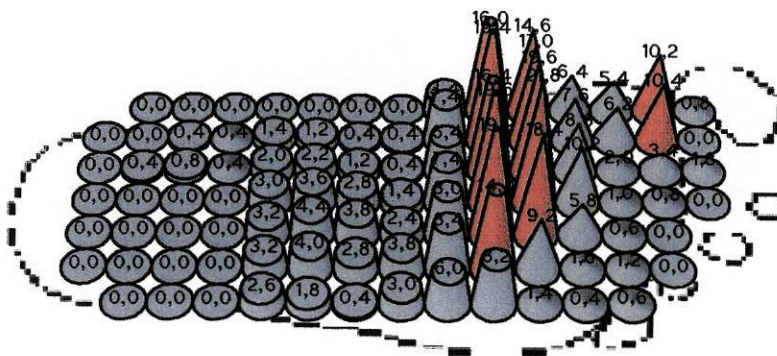


Figura 31. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm²), no antepé direito dos sujeitos do sexo masculino, na fase final do apoio.

Na fase de apoio inicial, dos sujeitos masculinos no retropé esquerdo, os valores mais elevados foram registados nos sensores R7, R8, R9, R10, R11, R14, R15, R16, R17, R18 com os respectivos valores de 17,4, 21,4, 22,6, 21,6, 17,8, 15,6, 18,6, 19,6, 18,6, 14,8 N/cm², conforme podemos observar na Figura 32.

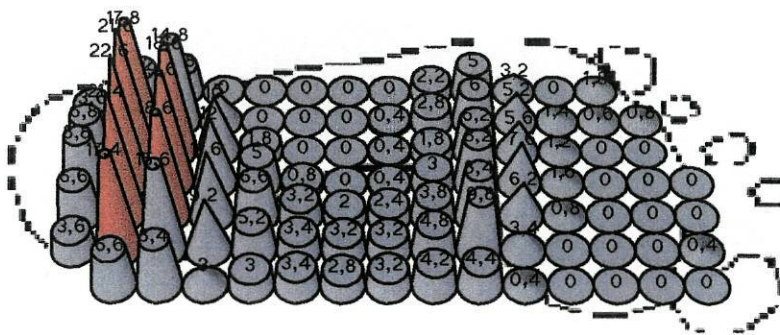


Figura 32. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no retopé esquerdo dos sujeitos do sexo masculino, na fase inicial do apoio.

Na fase de apoio médio, não observámos valores elevados, comparativamente com as fases de apoio inicial e apoio final. Verificou-se uma distribuição das forças de reacção, por toda a superfície plantar, sendo os valores do retopé e antepé mais elevados que os do médiopé. No médio pé observámos que os valores mais altos foram registados bordo interno (Figura 33).

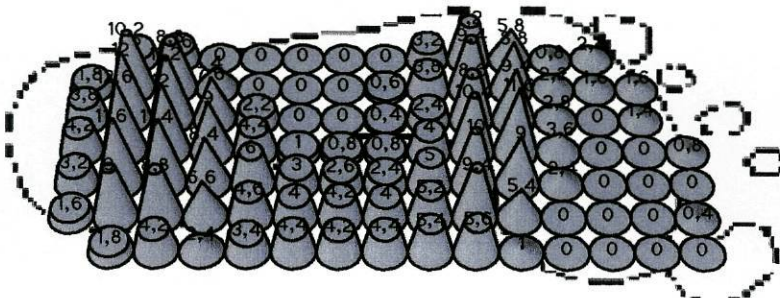


Figura 33. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2), no médiopé esquerdo dos sujeitos do sexo masculino, na fase de apoio médio.

Na fase de apoio final, no antepé esquerdo dos sujeitos masculinos, conforme a figura 34 verificámos que os valores mais altos foram registados nas células

A2, A3, A4, A5, A6, A7, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A19, com os respectivos valores de 17,8, 19, 20, 17,2, 19, 14,2, 12,8, 20,8, 25,6, 22,2, 20,6, 15,8 e 13 N/cm².

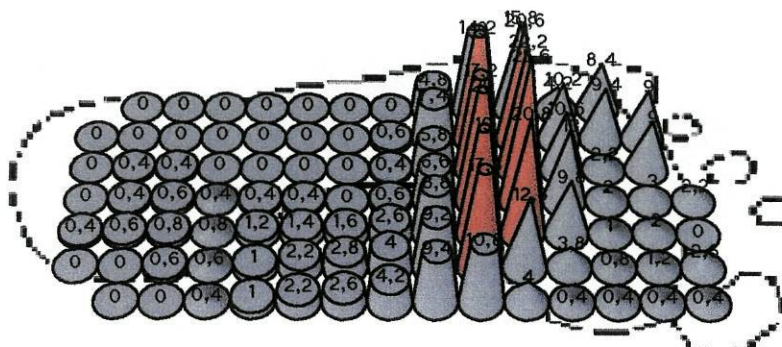


Figura 34. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm²), no antepé esquerdo dos sujeitos do sexo masculino, na fase final do apoio.

Os resultados obtidos, dos valores das forças de reacção na superfície plantar, revelam que os valores mais elevados registados, para os sujeitos femininos foram localizados no retopé na zona central (calcanhar) e no antepé na zona correspondente aos metatarsos medial e lateral, para ambos os pés.

Nos sujeitos do sexo masculino, verificámos que as forças de reacção do solo se localizaram no retopé na zona central. No antepé direito os valores mais altos foram registados nos metatarso medial e hálux e para o pé esquerdo na zona dos metatarsos medial e lateral.

As localizações das forças de reacção do solo na superfície plantar, onde se obtiveram os valores mais elevados, apresentam uma relação com outros trabalhos realizados.

Duckworth et al. (1985) num estudo sobre a marcha, verificaram que as forças de reacção do solo (FRS) na superfície plantar, se localizavam nas duas primeiras cabeças dos metatarsos e hálux.

Cavanagh et al. (1991) também detectaram valores de FRS na superfície plantar, mais elevados nas primeiras cabeças dos metatarsos e hálux em 90% dos indivíduos analisados.

Veves et al. (1992) detectaram uma maior incidência na cabeça do terceiro metatarso e menos incidência no segundo metatarso e no hálux.

Knakfuss, Rosenbaum e Gomes (1993), também concluíram, que para ambos os pés os valores mais elevados das FRS, registaram-se nas regiões do calcâneo e nas segundos e terceiros metatarsos e hálux.

Os valores mais elevados das forças de reacção do solo na superfície plantar, detectados nos sujeitos femininos e masculinos, não apresentam risco, de que em curto prazo, lhes possam provocar lesões ou úlceras nos pés. Os valores máximos atingidos pelos sujeitos da amostra, tiveram como limiar os 26,7 N/m².

Os limiares para um valor de risco, da FRS na superfície plantar, são segundo Duckwort et al. (1985), de 98 N/m² e para Veves et al. (1992) de 120,5 N/m², de acordo com estes autores, as forças exercidas, não apresentam o risco de provocar lesões.

Para caracterizar os eventos ocorridos durante a fase de apoio, analisámos a percentagem da distribuição da pressão plantar, no retropé, médiopé e antepé, respectivamente nos três momentos correspondentes ao 1º pico de força (Fz1), à deflexão (Fzmm) e 2º pico de força (Fz2).

De acordo com os resultados expressos no quadro 13, o que de mais relevante se destaca é o facto de todos os sujeitos da amostra relativamente ao 1º pico de força, que corresponde à fase de apoio inicial (AI) na qual o apoio é realizado sobre o calcanhar, apresentarem valores que indicam o contacto do antepé.

Para o pé direito, os sujeitos que apresentaram um valor de pressão maior no antepé, nesta fase do apoio, em relação à distribuição das forças de reacção,

foram os sujeitos A (25,8%), B (12,2%), C (18,7%), D (21,3%), G (19,1%), H (27,5%), K (25,4%) e L (29,6%). Os sujeitos E, F, I e J, revelaram um valor menor com respectivamente 4,5, 4,9, 3,9 e 7,3 por cento da distribuição da pressão plantar.

Para o pé esquerdo os sujeitos que revelaram maior valor de percentagem da distribuição das forças de pressão no antepé na fase do apoio correspondente ao CI, foram os sujeitos A (24,9%), B (14,8%), C (15,1%), D (21,3%), E (15,2%), G (14,1%), H (33,1%), J (26,4%) e L (26,6%). Os sujeitos que revelaram menor percentagem deste valor foram os sujeitos F (1,5%), I (5,1%) e K (8,9%).

Verificámos a partir dos resultados apresentados que existe na fase de apoio inicial, uma distribuição das forças de pressão plantar, por toda superfície plantar.

Nesta fase de acordo com Perry (1983), o apoio sobre o calcanhar, inicia o contacto com o solo, que se realiza posterior e lateralmente no bordo externo, este apoio prolonga-se durante 6 a 10% do ciclo da marcha.

Para Pratt et al. (1999), no contacto inicial do pé na fase de apoio, o contacto do antepé revela uma alteração da marcha que pode revelar uma patologia.

Na fase de apoio final, ou seja de propulsão, na qual toda a força de reacção do solo por unidade de superfície, em resposta ao peso corporal está localizada no antepé. No pé esquerdo, verificou-se um contacto tardio do calcanhar para os sujeitos E, G, H e L. Os sujeitos E e G, revelaram um maior valor, com respectivamente 27,5% e 31% da distribuição do peso corporal pela superfície plantar no retopé. Para os sujeitos H e L registou-se um valor inferior, respectivamente de 1 e 2,4% dos valores de pressão registados. No caso do sujeito H o valor pode corresponder a uma possível leitura, ocasional de registo de pressão nas células das palmilhas.

A fase de apoio segundo Winter et al. (1990) aumenta em 65.5% ciclo da marcha em idosos e a duração dos apoios bipodais aumenta de 24,6% a 31%. O que implica que a elevação do calcanhar durante a fase de propulsão seja menor, sendo a sua descolagem mais tardia na horizontal, para atingirem mais estabilidade e segurança.

No caso dos sujeitos E e G, o prolongamento do contacto do calcanhar na fase final do apoio, revela uma alteração da marcha de acordo com Pratt et al. (1999)

Quadro 13. Percentagem da distribuição das forças de reacção do solo, na superfície plantar (%N/cm²), no retropé, médiopé e antepé nas fases de apoio inicial (AI), apoio médio (AM) e apoio final (AF), para o pé esquerdo e direito.

		Pé direito			Pé Esquerdo		
		AI	AM	AF	AI	AM	AF
A	retropé	57,9%	29,4%	0,0%	62,1%	38,8%	0,0%
	médiopé	16,3%	28,1%	7,7%	13,0%	17,5%	2,3%
	antepé	25,8%	42,5%	92,3%	24,9%	43,7%	97,7%
B	retropé	48,2%	16,0%	0,0%	51,8%	4,2%	0,0%
	médiopé	39,6%	52,3%	35,1%	33,3%	43,1%	16,0%
	antepé	12,2%	31,7%	64,9%	14,8%	52,6%	84,0%
C	retropé	53,2%	30,4%	0,0%	53,5%	19,4%	4,3%
	médiopé	28,1%	42,8%	40,8%	31,5%	49,6%	42,9%
	antepé	18,7%	26,8%	59,2%	15,1%	30,9%	52,8%
D	retropé	54,8%	33,3%	0,0%	56,6%	13,0%	0,0%
	médiopé	23,9%	21,6%	2,1%	22,1%	20,7%	3,2%
	antepé	21,3%	45,0%	97,9%	21,3%	66,3%	96,8%
E	retropé	77,1%	56,1%	27,5%	47,2%	35,8%	0,0%
	médiopé	18,5%	32,6%	61,5%	37,6%	44,7%	50,9%
	antepé	4,5%	11,2%	10,9%	15,2%	19,5%	49,1%
F	retropé	59,6%	29,6%	0,6%	81,2%	74,9%	31,9%
	médiopé	35,4%	52,2%	53,9%	17,3%	22,8%	52,8%
	antepé	4,9%	18,2%	45,5%	1,5%	2,2%	15,3%
G	retropé	39,5%	35,2%	31,0%	52,2%	47,7%	41,2%
	médiopé	41,4%	40,4%	42,9%	33,7%	34,8%	39,3%
	antepé	19,1%	24,5%	26,1%	14,1%	17,5%	19,5%
H	retropé	59,0%	50,3%	1,0%	59,3%	24,6%	0,0%
	médiopé	13,5%	13,0%	21,0%	7,6%	9,3%	3,8%
	antepé	27,5%	36,8%	78,0%	33,1%	66,1%	96,2%
I	retropé	81,2%	52,0%	0,0%	80,4%	48,0%	0,0%
	médiopé	14,9%	27,6%	50,0%	14,5%	33,5%	17,9%
					continua	V.F.F	

	antepé	3,9%	20,5%	50,0%	5,1%	18,5%	82,1%
J	retropé	64,8%	49,0%	0,0%	58,0%	47,7%	0,0%
	médiopé	27,8%	39,3%	30,2%	15,6%	16,6%	21,6%
	antepé	7,3%	11,8%	69,8%	26,4%	35,7%	78,4%
K	retropé	60,7%	41,9%	0,0%	72,4%	65,0%	0,0%
	médiopé	13,8%	16,6%	6,7%	18,7%	19,3%	19,3%
	antepé	25,4%	41,5%	93,3%	8,9%	15,8%	80,7%
L	retropé	58,9%	42,1%	2,4%	49,6%	29,7%	7,2%
	médiopé	11,5%	18,8%	20,8%	23,8%	32,8%	26,8%
	antepé	29,6%	39,0%	76,8%	26,6%	37,5%	66,0%

Na análise da distribuição da pressão plantar, na comparação entre os sujeitos do sexo feminino e os sujeitos do sexo masculino, podemos verificar com base nas figuras 35 e 36, que os sujeitos do sexo feminino, para ambos os pés, na fase de apoio durante o apoio inicial, contactam também o solo com a zona do antepé.

Apresentam uma distribuição proporcional, nas zonas do retropé, médiopé e antepé, durante a fase de apoio médio.

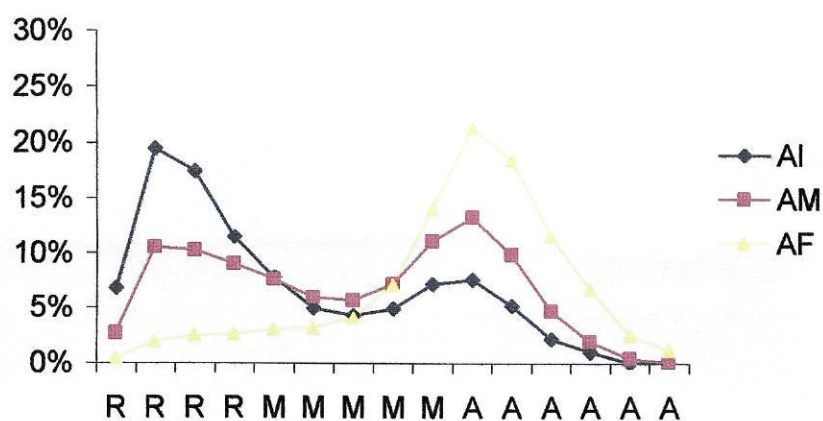


Figura 35. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no pé direito dos sujeitos do sexo feminino, no retropé (R), médiopé (M) e antepé (A), nas fases de AI, AM e AF.

Na fase de apoio final, nos sujeitos do sexo feminino, verificou-se um contacto prolongado do calcanhar. No contacto final do apoio, o calcanhar não deve contactar o solo e de acordo com Pratt et al. (1999), esta situação revela uma patologia da marcha.

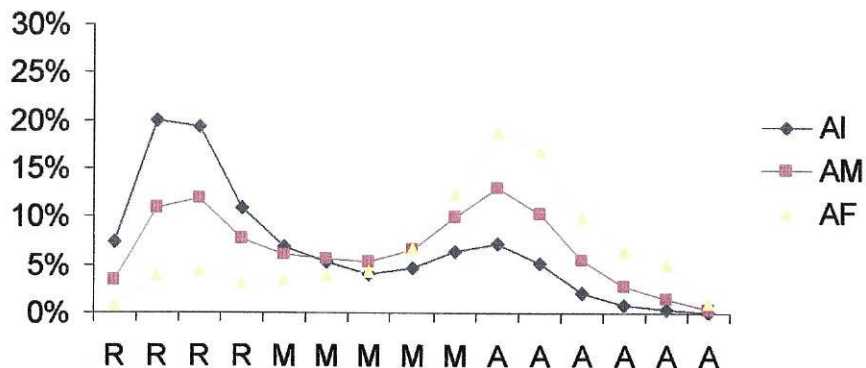


Figura 36. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar(N/cm²), no pé esquerdo dos sujeitos do sexo feminino, nas fases de AI, AM e AF.

Observámos através das figuras 37 e 38, que os sujeitos do sexo masculino, na fase de apoio inicial, além do contacto do calcanhar, apresentam também contacto do médiopé e antepé.

Na fase média do apoio, verificou-se uma distribuição por toda a superfície plantar, em que se observou que no retopé e antepé, os valores são maiores e homogêneos, relativamente ao médiopé.

Na fase de contacto final, observámos através da figura 38, que os sujeitos do sexo masculino, apresentam os valores mais elevados no antepé, com uma ligeira contribuição do médiopé.

Através da análise da distribuição das forças de reacção, por unidade da superfície plantar, verificámos existirem diferenças significativas ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) entre os sujeitos do sexo feminino e sexo masculino, na fase de apoio médio do ciclo da marcha, para ambos os pés.

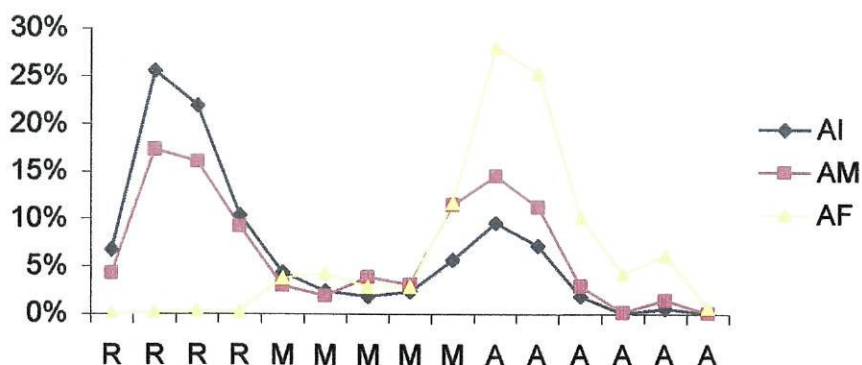


Figura 37. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar(N/cm²), nas zonas do retropé (R), médiopé (M) e antepé (A), no pé direito dos sujeitos do sexo masculino, nas fases AI, AM e AF.

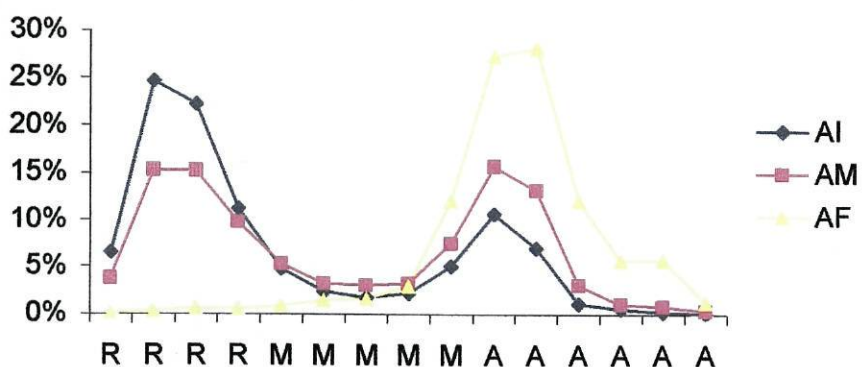


Figura 38. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar(N/cm²), no pé esquerdo nas zonas do retropé (R), médiopé (M) e antepé (A), dos sujeitos do sexo masculino, nas fases AI, AM e AF.

Podemos observar através do quadro 14, que os sujeitos do sexo feminino, apresentam maiores valores de pressão, na zona do médiopé no AM, comparativamente com os sujeitos do sexo masculino.

Os sujeitos do sexo feminino, durante esta fase apresentam ainda um contacto elevado do calcanhar, comparativamente com os sujeitos do sexo masculino, que revelam menor contacto do calcanhar e uma distribuição mais homogênea na superfície plantar.

Quadro 14. Valores médios e desvios padrão (\pm), das forças de reacção do solo, por unidade de superfície (N/cm^2) no retropé, médiopé e antepé para os sujeitos femininos e masculinos, nas fases de apoio inicial, apoio médio e apoio final.

			AI		AM**		AF	
Sujeitos ♀	Pé Esquerdo	retropé	265,7	($\pm 66,2$)	158,6	($\pm 122,7$)	55,9	($\pm 90,8$)
		médiopé	126,1	($\pm 51,4$)	**156,9	($\pm 68,9$)	141	($\pm 106,6$)
		antepé	68,4	($\pm 30,4$)	153,7	($\pm 116,2$)	267,1	(± 157)
	Pé Direito	retropé	217,4	($\pm 45,5$)	123	($\pm 45,5$)	28,1	($\pm 50,4$)
		médiopé	114,7	($\pm 41,1$)	**141,9	($\pm 39,1$)	117,7	(± 68)
		antepé	62,6	($\pm 37,8$)	114,1	($\pm 70,8$)	234,6	($\pm 173,2$)
Sujeitos ♂	Pé Esquerdo	retropé	290,8	(± 72)	170,8	($\pm 80,4$)	6,4	($\pm 14,3$)
		médiopé	74,4	($\pm 32,9$)	**86,4	($\pm 39,3$)	78,8	($\pm 39,4$)
		antepé	88,2	($\pm 50,2$)	131,6	($\pm 70,6$)	348,2	($\pm 48,8$)
	Pé Direito	retropé	267,8	($\pm 48,7$)	168,6	($\pm 38,9$)	2,4	($\pm 3,6$)
		médiopé	68,8	($\pm 33,6$)	**83,6	($\pm 49,5$)	101,8	($\pm 62,5$)
		antepé	78,6	($\pm 52,3$)	108,2	($\pm 58,3$)	301	($\pm 92,6$)

** Variáveis que apresentam diferenças significativas ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) entre os sujeitos femininos e masculinos na fase correspondente à fase de apoio médio.

5.2.2.1. Análise da relação da distribuição das forças de reacção do solo na superfície plantar, com a actividade física habitual.

Da observação dos resultados dos valores médios das pressões no retropé, médiopé e antepé dos sujeitos que apresentaram menos actividade física comparativamente com os de maior actividade física verificámos a existência de diferenças significativas ($p < 0,05$), na fase de apoio inicial e apoio final (Quadro 14).

Relativamente à fase de apoio inicial, os indivíduos com mais actividade física habitual (>AF), revelaram um maior contacto do calcanhar, com uma maior percentagem da distribuição das pressões no retropé, comparativamente com os sujeitos de menor actividade física (<AF).

Na fase de apoio final, observámos com base no quadro 15, que os valores das forças de pressão atingidos, são significativamente maiores nos sujeitos >AF, comparativamente com os sujeitos <AF, antepé em ambos os pés.

Verificámos também que ambos os sujeitos apresentam valores que revelam o contacto do calcanhar nesta fase, mas os valores dos sujeitos >AF são inferiores, comparativamente com os sujeitos <AF.

Quadro 15. Valores médios e desvios padrão das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm²) no retropé, médiopé e antepé dos sujeitos, em função da menor (<AF) ou maior (>AF) actividade física (AF) habitual, nas fases de apoio inicial, apoio médio e apoio final.

			AI		AM		AF	
< AF	Pé Esquerdo	retropé	*256,3	(±55,9)	136,7	(±79,9)	40,4	(±82,9)
		médiopé	124,9	(±54,1)	159,4	(±67,2)	132,9	(±90,5)
		antepé	74,6	(±31,9)	128,4	(±489)	*272,7	(±89,7)
	Pé Direito	retropé	*215,6	(±43,6)	118,9	(±35,2)	29	(±49,9)
		médiopé	91,3	(±50,2)	118,1	(±53)	128,9	(±58,6)
		antepé	60,7	(±36,7)	93,1	(±37)	*200	(±106,7)
> AF	Pé Esquerdo	retropé	*304	(±76,7)	201,4	(±128,5)	28	(±62,6)
		médiopé	76,2	(±29,5)	82,8	(±35,1)	90,2	(±88,3)
		antepé	79,6	(±51,5)	167	(±145,1)	*340,4	(±169,5)
	Pé Direito	retropé	*270,4	(±47,9)	174,4	(±45,1)	1,2	(±1,8)
		médiopé	101,6	(±36,6)	116,8	(±54,9)	86,2	(±67,4)
		antepé	81,2	(±52,4)	137,6	(±86,3)	*349,4	(±153)

*Variáveis que apresentaram diferenças significativas (p<05) entre os sujeitos com menos AF e sujeitos com mais AF habitual.

Através da análise das percentagens da distribuição das forças de pressão nas fases de apoio inicial, apoio médio e apoio final, podemos observar nas figura 39 e 40, que os sujeitos >AF e <AF, no pé direito na fase de apoio inicial, contactam o solo com o antepé, sendo este valor inferior para os sujeitos >AF. Na fase de apoio médio, verifica-se uma distribuição das forças, pela superfície plantar, em que nos sujeitos >AF, as forças de pressão no médiopé são inferiores e mais elevadas no retropé e antepé, comparativamente com os sujeitos<AF.

Na fase de contacto final, observámos para os sujeitos >AF, que a percentagem da distribuição dos valores das forças de pressão, são maiores no antepé, em relação aos sujeitos <AF.

Os sujeitos <AF contactam nesta fase do apoio, o solo com o calcanhar.

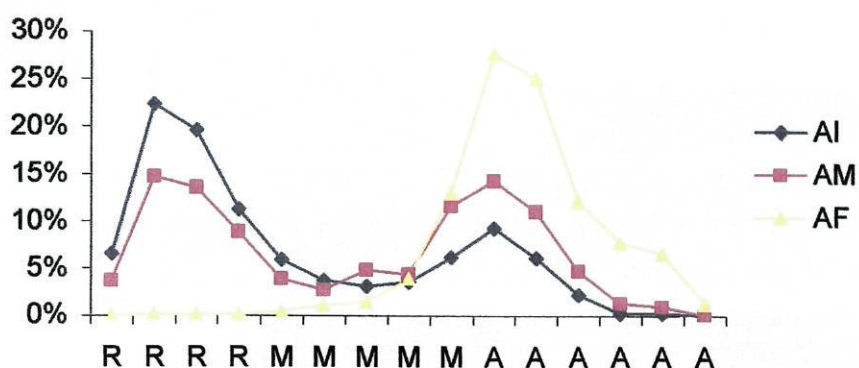


Figura 39. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm²), nas zonas do retropé (R), médiopé (M) e antepé (A), no pé direito dos sujeitos >AF, nas fases AI, AM e AF.

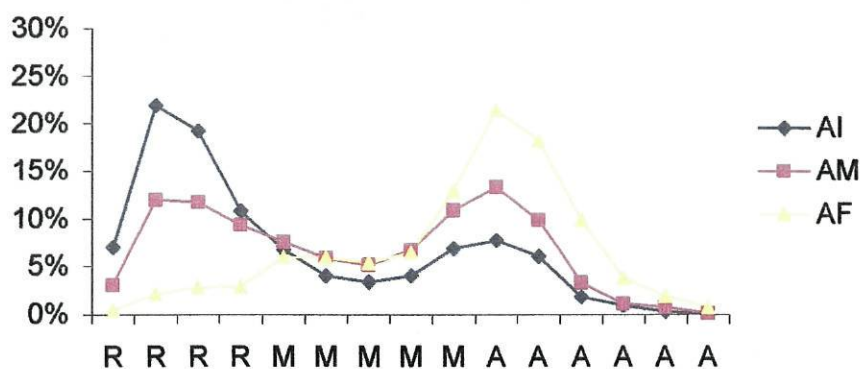


Figura 40. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm²), nas zonas do retopé (R), médiopé (M) e antepé (A), no pé direito dos sujeitos <AF, nas fases AI, AM e AF.

Através das figuras 41 e 42, podemos constatar, que para o pé esquerdo os sujeitos de >AF na fase de apoio inicial, contactam o solo com o antepé, sendo este valor inferior ao dos sujeitos <AF.

Na fase de apoio médio, verifica-se uma distribuição das forças, pela superfície plantar, em que nos sujeitos >AF, as forças de pressão, são inferiores no médiopé e mais elevadas no retopé e antepé, comparativamente com os sujeitos <AF.

Na fase de contacto final, observámos para os sujeitos >AF, que a percentagem da distribuição dos valores das forças de pressão, são maiores no antepé, em relação aos sujeitos <AF.

Os sujeitos <AF e >AF, contactam nesta fase do apoio, o solo com o calcanhar, mas os sujeitos >AF revelam um valor inferior aos sujeito >AF.

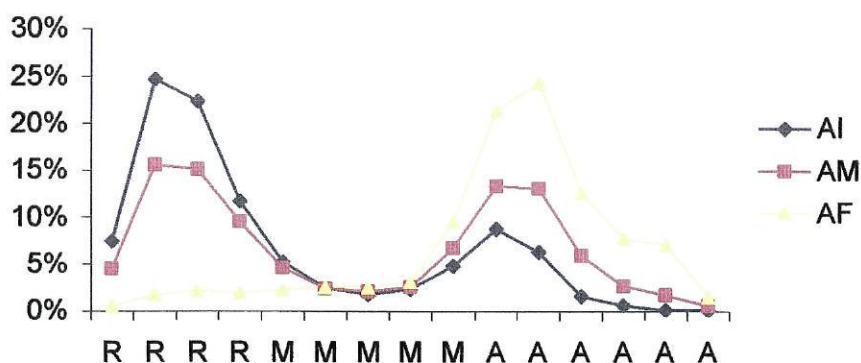


Figura 41. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), nas zonas do retropé (R), médiopé (M) e antepé (A), no pé esquerdo dos sujeitos >AF, nas fases AI, AM e AF.

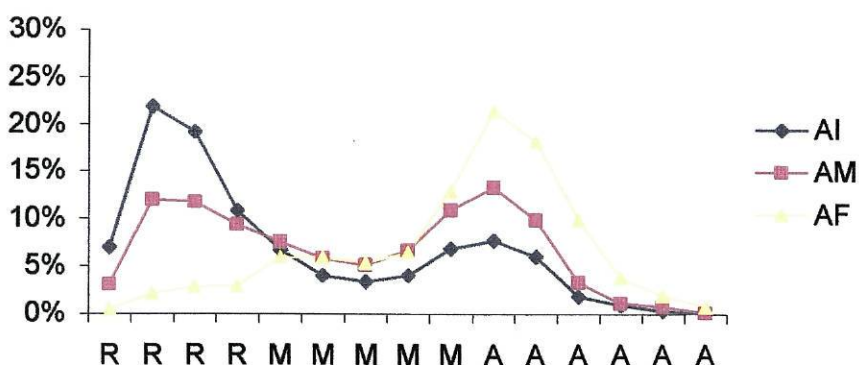


Figura 42. Distribuição da percentagem, das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), nas zonas do retropé (R), médiopé (M) e antepé (A), no pé esquerdo dos sujeitos <AF, nas fases AI, AM e AF.

Através da análise dos resultados dos valores médios das forças de reacção do solo na superfície plantar no retropé e antepé dos sujeitos que apresentaram menos actividade física comparativamente com os de maior actividade física, verificámos que na fase de apoio inicial, para o retropé direito, os valores médios mais elevados das FRS na superfície plantar para os sujeitos de <AF foram registados nos sensores R8, R9, R10, R11, R15, R16 e R17 com os respectivos valores de 16,1, 15,3, 13,9, 11,6, 13,5, 13,6, 12,2 N/cm^2 (Figura 43).

Nos sujeitos de > AF os valores médios mais elevados foram registados nos sensores R7, R8, R9, R10, R11, R15, R16, R17 e R18 com os respectivos valores médios de 14,5, 19,6, 20,6, 19,6, 15,6, 15,8, 17,2, 16,8, 14,7 N/cm² (Figura 43).

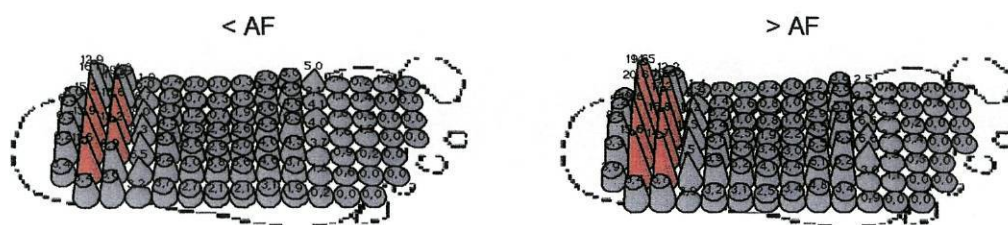


Figura 43. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm²), no retopé direito dos sujeitos de < AF e dos sujeitos de > AF, na fase de apoio inicial.

Na fase de apoio final para o antepé direito, os valores médios mais elevados das FRS na superfície plantar para os sujeitos de <AF foram registados nos sensores A2, A3, A4, A5, A10, A11 e A12, com os respectivos valores de 12,7, 15,6, 12,9, 12,7, 14,1, 11 N/cm² (Figura 44).

Nos sujeitos de > AF os valores médios mais elevados foram registados nos sensores A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A15, A16, A17, A18, A22, A23, A29 e A30 com os respectivos valores de 18,1, 21,8, 19, 21,5, 20,2, 13,6, 17,3, 19, 20,2, 22,1, 19,6, 10,7, 10, 11, 9,9, 9,9, 9,7, 12,4 N/cm² (Figura 44).

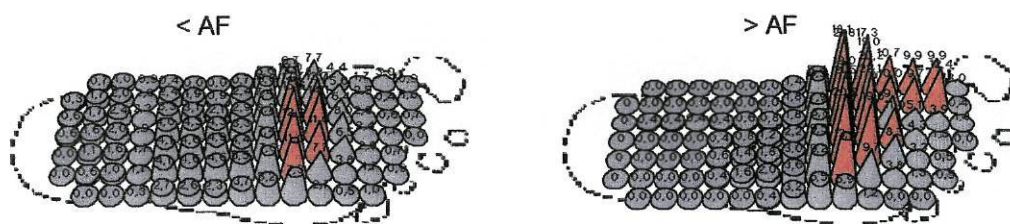


Figura 44. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no antepé direito dos sujeitos de < AF e dos sujeitos de > AF, na fase de apoio final.

Na fase de apoio inicial para o retopé esquerdo, os valores médios mais elevados das FRS na superfície plantar para os sujeitos de <AF foram registados nos sensores R7, R8, R9, R10, R11, R15, R16, R17, R18, com os respectivos valores de 12,9, 17,7, 18,4, 16,8, 14,9, 16,9, 18,2, 15,4, 14,1 N/cm^2 (Figura 45).

Nos sujeitos de > AF nos sensores R7, R8, R9, R10, R11, R14, R15, R16, R17 e R18 (Figura 45), com os respectivos valores de 16,3, 21,5, 22,9, 22, 19,1, 13,5, 17,8, 19,8, 19,2, 17,1 N/cm^2 .

Na fase de apoio final para o antepé esquerdo, os valores médios mais elevados das FRS na superfície plantar para os sujeitos de <AF foram registados nos sensores A2, A3, A4, A5, A6, A9, A10, A11, A12, A13, e A18 (Figura 46), com os respectivos valores de 13,2, 15,2, 20,5, 18,3, 17,5, 12,6, 15,7, 19, 16,2, 9,5 N/cm^2 .

Nos sujeitos de > AF nos sensores A1, A2, A3, A4, A5, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A16, A17, A18, A23, A29 e A30 (Figura 46), com os respectivos valores médios de 14,1, 17,4, 15,5, 16,6, 15,4, 15,7, 19,2, 20,3, 22,7, 18,8, 10,9, 12,4, 10,7, 10,4, 12,9 N/cm^2 .

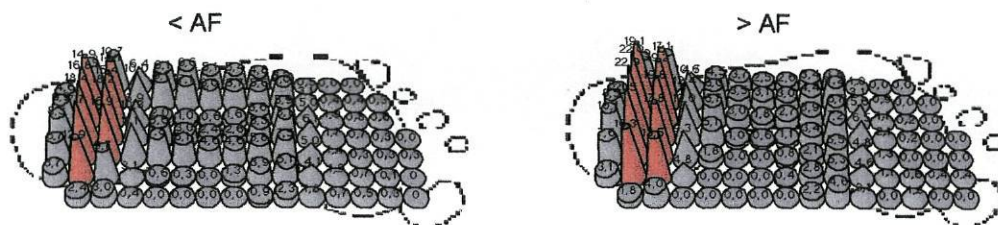


Figura 45. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no retropé esquerdo dos sujeitos de < AF e dos sujeitos de > AF, na fase de apoio inicial.

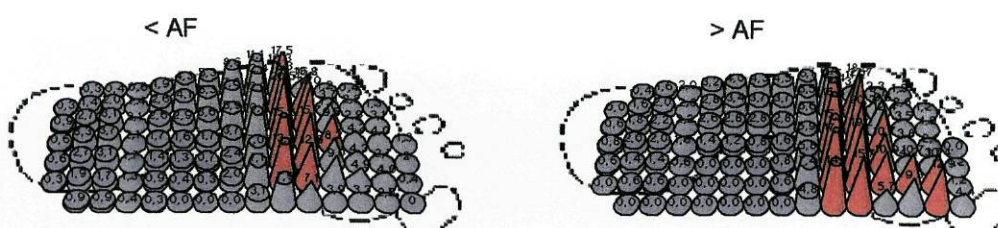


Figura 46. Distribuição das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), no antepé esquerdo dos sujeitos de < AF e dos sujeitos de > AF, na fase de apoio final.

Seguidamente determinámos os valores médios e desvios padrão das pressões plantares, considerando a divisão das áreas do antepé, o hálux (Área I), o metatarso medial (Área II), o metatarso lateral (Área III) e calcanhar (Área IV) de acordo com Sacco (1997).

Verificámos que os sujeitos com mais actividade física habitual, apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) no hálux, metatarso medial e calcanhar, comparativamente com os sujeitos com menos actividade física.

Podemos observar através do quadro 16, que os valores de pressão, nestas áreas, são mais elevados no hálux direito e esquerdo, metatarso medial

esquerdo e direito e no calcanhar esquerdo e direito, nos sujeitos com >AF, relativamente aos sujeitos de <AF.

Os valores de pressão mais elevados, demonstram que estas áreas, correspondentes ao hálux, metatarso medial e calcanhar, são utilizadas com maior incidência, na fase de apoio inicial (calcanhar) e na fase de apoio final (hálux e metatarso medial), pelos sujeitos com >AF, comparativamente com os sujeitos com <AF.

Quadro 16. Valores médios e desvios padrão (\pm), dos sujeitos que apresentam maior actividade física (>AF) e dos sujeitos que apresentam menor actividade física (<AF), das forças de reacção do solo, por unidade de superfície plantar (N/cm^2), das áreas correspondentes ao hálux, metatarso medial, metatarso lateral e calcanhar.

Área	Pé	AI	AM	AF
Hálux (<AF)	D	0 (\pm 2,3)	1,7 (\pm 5,8)	*13,1 (\pm 22,6)
	E	1,6 (\pm 2,2)	7,9 (\pm 9)	*25,9 (\pm 26,1)
Metatarso medial (<AF)	D	62,1 (\pm 40,7)	109,7 (\pm 61)	*213,5 (\pm 125,9)
	E	69,2 (\pm 32,9)	143,9 (\pm 80,1)	*234,3 (\pm 77,1)
Metatarso lateral (<AF)	D	45 (\pm 32,7)	81 (\pm 56,1)	168,5 (\pm 119,6)
	E	50,8 (\pm 27,4)	110,2 (\pm 71,4)	191,6 (\pm 82,4)
Calcanhar (<AF)	D	*215,6(\pm 43,6)	118,9(\pm 35,2)	29(\pm 49,9)
	E	*256,3 (\pm 55,9)	136,7(\pm 79,9)	40,4(\pm 82,9)
Hálux (>AF)	D	0,8 (\pm 1,8)	3,8 (\pm 7,4)	*32 (\pm 25,8)
	E	0,4 (\pm 0,9)	9,2 (\pm 12,9)	*37,8 (\pm 35,2)
Metatarso medial (>AF)	D	80,1 (\pm 51,7)	132,2 (\pm 83,3)	*310,7 (\pm 132,9)
	E	78,6 (\pm 50,3)	155,4 (\pm 129)	*294 (\pm 134,8)
Metatarso lateral (>AF)	D	56,5 (\pm 43,4)	94,4 (\pm 77,2)	235,3 (\pm 139,8)
	E	56,2 (\pm 38,9)	117,1 (\pm 114,3)	237,8 (\pm 126,3)
Calcanhar (>AF)	D	*270,4(\pm 47,9)	174,4(\pm 45,1)	1,2(\pm 45,1)
	E	*304(\pm 76,7)	201,4(\pm 128,5)	28(\pm 62,6)

* Variáveis que apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$).

6. Conclusões.

Na caracterização da actividade física dos sujeitos, observámos que os sujeitos do sexo masculino apresentaram um maior índice de actividade física habitual, comparativamente com os sujeitos do sexo feminino.

Os indivíduos do sexo feminino e do sexo masculino, não praticam actividades físicas moderadas e vigorosas, com excepção do sujeito J, que pratica actividade física moderada.

Os resultados do estudo experimental, revelaram diferenças, no que diz respeito às forças de reacção do solo (F_z e F_y) e na distribuição das forças de reacção por unidade da superfície plantar, entre sujeitos femininos e sujeitos masculinos.

Nas forças verticais (F_z) de reacção do solo, observou-se que os sujeitos do sexo feminino, no pico passivo atingiram um valor inferior ao seu peso corporal e no pico activo, um valor igual ao seu peso corporal.

Os sujeitos do sexo masculino, apresentaram para ambos os picos de força, um valor superior ao seu peso corporal.

Observámos que os sujeitos do sexo feminino, apresentaram uma taxa de crescimento de força para o primeiro pico de força, inferior à taxa de crescimento da força, para o segundo pico. Nos sujeitos do sexo masculino, a taxa de crescimento da força para o primeiro pico de força, foi superior à taxa de crescimento da força para o segundo pico de força.

Registaram-se diferenças significativas relativamente à taxa de crescimento da força, no pico activo, dos sujeitos femininos em relação aos sujeitos masculinos. Verificou-se que a taxa de crescimento do pico activo foi significativamente maior para os sujeitos do sexo feminino.

Os resultados da componente horizontal (F_y) das forças de reacção do solo, demonstraram, que os sujeitos femininos apresentaram diferenças significativas para o F_{yminPC} e no tempo para atingir F_{ymax} .

Não se verificou a existência de um padrão característico da marcha dos indivíduos com neuropatia diabética, mas com base na morfologia das curvaturas de F_z , verificámos que os sujeitos D, E, F, G, H, K e L, apresentaram padrões que revelam a existência de alterações na marcha.

Na comparação dos sujeitos, em relação à sua actividade física habitual, não se verificaram diferenças significativas, entre os sujeitos com maior actividade física e os sujeitos com menor actividade física habitual, na análise das forças de reacção do solo (F_z e F_y).

Observámos através da análise dos resultados, que os sujeitos de maior actividade física, apresentaram diferenças nas variáveis TC2 e no tempo para atingir F_z2 . A TC2 dos sujeitos de maior actividade física, foi inferior à dos sujeitos com menor actividade física.

Analisada a distribuição das forças de reacção do solo, na superfície plantar, verificámos que os sujeitos femininos na fase de apoio inicial, contactam o solo com o antepé e na fase de apoio final, revelam um prologamento do contacto do calcanhar.

Na fase de apoio médio, verificaram-se diferenças significativas, na distribuição das forças de reacção do solo, na superfície plantar, nas zonas do retropé, médiopé e antepé, nos sujeitos do sexo feminino comparativamente com os sujeitos do sexo masculino. Os sujeitos do sexo feminino, registaram um valor mais elevado na zona do médiopé.

Na fase de contacto final, os sujeitos do sexo masculino, apresentaram valores mais elevados no antepé, com uma ligeira contribuição do médiopé. Os sujeitos do sexo feminino, apresentaram um prolongamento do contacto do calcanhar.

Os resultados obtidos, dos valores das forças de reacção na superfície plantar, revelaram que os valores mais elevados registados, para os sujeitos femininos foram localizados no retropé, na zona central (calcanhar) e no antepé na zona correspondente aos metatarsos medial e lateral, para ambos os pés.

Nos sujeitos do sexo masculino, verificámos que as forças de reacção do solo se localizaram no retropé, na zona central. No antepé direito os valores mais altos foram registados nos metatarso medial e hálux e para o pé esquerdo na zona dos metatarsos medial e lateral.

Na comparação dos resultados entre os sujeitos que revelam mais actividade física com os de menor actividade física, verificámos diferenças significativas na fase de apoio inicial e fase de apoio final.

Os sujeitos de maior actividade física, revelam um contacto inicial, com um ataque forte do calcanhar no solo e na fase de propulsão, uma impulsão forte para a continuidade do ciclo da marcha.

Verificou-se que os sujeitos com mais actividade física habitual, apresentaram diferenças significativas, nas áreas que correspondem ao hálux, metatarso medial e calcanhar, comparativamente com os sujeitos com menos actividade física.

Os valores das FRS na superfície plantar, nestas áreas, são mais elevados no hálux direito e esquerdo, metatarso medial esquerdo e direito e no calcanhar esquerdo e direito, nos sujeitos com mais actividade física, relativamente aos sujeitos com menos actividade física habitual.

Os valores mais elevados, demonstram que estas áreas, correspondentes ao hálux, metatarso medial e calcanhar, são utilizadas com maior incidência, na fase de apoio inicial e na fase de apoio final, pelos sujeitos com mais actividade física.

Os indivíduos que participaram no nosso estudo, não apresentaram picos de pressão elevados, que em curto prazo, lhes possam provocar lesões ou úlceras nos pés.

Podemos concluir, que a análise das forças de reacção do solo verticais (F_z) e horizontais (F_y) e principalmente as forças de reacção do solo na superfície plantar, são um importante meio de diagnóstico de possíveis alterações da marcha e das suas repercussões biomecânicas, que podem vir mais tarde, a complicar-se, tendo como consequência a amputação do membro inferior dos indivíduos com neuropatia diabética.

7. Bibliografia.

AAFHER (1973). Guidelines for professional preparation programs for personnel involved in physical education and recreation for the handicapped. AAFHER. Washington.

Alencar, J.; Pereira, A.; Holanda, H. (2001). Análise cinemática da marcha em adultos normais, de ambos os sexos, na faixa etária de 20-40 anos, recrutados na região de influência da UFPB. *In Anais IX Congresso Brasileiro de Biomecânica*. Volume II. Escola de Educação Física da UFRGS. Porto Alegre, 265-270.

Amadio, A.; Sacco, I. (1999). Considerações metodológicas da biomecânica para a avaliação da distribuição da pressão plantar. *Diabetes Clínica*, 1, p. 42-49.

Amadio, A.; Sacco I.; Sá M.; Pereira, P.; Tolosa, E. (1996). Estudo da distribuição da pressão plantar na marcha e respostas somato-sensoriais em pacientes portadores de neuropatia diabética. *Revista de Medicina HU-USP*. 7 (2), p. 5-14.

Amadio, A.; Vecchia, E.; Fernandes, H. et al (1996). Fundamentos Biomecânicos para a Análise do Movimento. Laboratório de Biomecânica-Escola de Educação Física – USP, Brasil.

Amadio, C.; Barbanti, V.; (2000). *A Biodinâmica do Movimento Humano e suas Relações Interdisciplinares*, Estação Liberdade – ESFE/USP, São Paulo.

American Diabetes Association (2000). Diabetes Mellitus and Exercise, *Journal Diabetes care*, 23, sup 1, 1-12. Disponível em <http://journal.diabetes.org/Full>,

ext/Supplements/Diabetes Care/Supplement100/s50.htm, consultado em 13-11-2000.

A.P.D.P. (2000). *Associação Protectora dos Diabéticos de Portugal. Complicações tardias da diabetes.* Disponível em www.apdp.pt/por/pages/diabetes/diabetes_complicacoes.htm, 1-18, consultado em 30-10-2000.

Andriachi, T.; Alexander, E. (2000). *Studies of Human Locomotion: Past, Present And Future*, Journal of Biomechanics, 33, 1217-1224.

Araújo, R. (2000). Análise da actividade dos componentes do M. tríceps sural durante a marcha e suas correlações com a força de reacção do solo e variação angular in: Amadio e Barbanti. *A Biodinâmica do Movimento Humano e suas Relações Interdisciplinares*, Estação Liberdade – ESFE/USP, São Paulo. p. 133-161.

Arnheim, D. .; Auxter, D.; Crowe, W. (1977). *Principles and methods of adapted physical education.* 3ª edition. Mosby Company. Saint Louis.

Ávila, C.; Ramos, L.; Hadlich, V. (2001). Determinação da pressão na região plantar em indivíduos diabéticos de Blumenau/sc. *In Anais IX Congresso Brasileiro de Biomecânica*, Volume II, Escola de Educação Física da UFRGS, Porto Alegre, 310-315.

Bento, J. (1991). *Desporto, saúde, vida-Em defesa do desporto.* Livros Horizonte, Lisboa.

Barata, T .; Matos, L.(1997). Sistema endócrino e actividade física in Barata, T et Col. *Actividade física e saúde moderna.* Helsinn. Póvoa Sto. Adrião. Europress. 101-107.

Barata, T (1997). Benefícios da actividade física na saúde in Barata, T et Col. *Actividade física e saúde moderna*. Helsinn. Póvoa Sto. Adrião. Europress. 133 - 144.

Barata, T.; Lisboa, P. (1997). Diabetes e actividade física in Barata, T et Col. *Actividade física e saúde moderna*. Helsinn. Póvoa Sto. Adrião. Europress. 287 - 297.

Beger, B.; McInman, A. (1993). Exercise end the quality of life. In Singer, R.; Murfhey, M.; Tennant, Handbook of research on sport psychology. Macmillan. New Yorq.

Berg, K, (1986). *Diabetic's Guide to Healt and Fitness* , Human Kinetics, USA.

Bessou, M.; Dupui,P.; Séverac, A.; Bessou, P. (1996). Le pied, organe de l'équilibration. In : Villeneuve, P. *Pied, équilibre et posture*. Éditons Frison-Roche, Paris, p. 32-40.

Birke, J.; Novick, A.; Hawkins, C. (1992). A review of causes of foot ulceration in patients with Diabetes Mellitus. *Journal of Prosthetics and Orthotics*, 4(1), pp. 13-22.

Bonamigo, E.; Plentz, R.; Canfield, J. (2001). A reeducação da marcha do hemiplégico: um estudo da alteração na distribuição da pressão plantar após programa cinesiterapêutico. *In Anais IX Congresso Brasileiro de Biomecânica*, Volume II, Escola de Educação Física da UFRGS, Porto Alegre, 253-258.

Borelli, A. (1989). *On the movement of animals*. Promograph. Rome.

Boms,J.(1991). Exercício Físico, Aptidão Física e o Novo Paradigma da Saúde, In: *Desporto Saúde e Bem-Estar*, FCDEF-UP, 111 - 118, Porto.

Bouchard, C.; Shephard, R. (1993). Physical Activity Fitness and Health: The Model and Key Concepts. In: C. Bouchard, R. Shephard e 1. Stephens (Eds). *Physical Activity, Fitness and Health. Consensus Statement*. Champaign: Human Kinetics.

Boulton, A.; Hardysti, C.; Betts, R.; Worth, R.; Duckworth, T. (1983). Dynamic foot pressure and other studies as diagnostic and management aids in diabetic neuropathy. *Diabetes Care*. 6, 26-33.

Boulton, A. (1988). The diabetic foot. *Medical Clinique North American*. 72, 1513-1530.

Buceta, J.; Bueno, A. (1996). *Tratamiento Psicológico de Hábitos y Enfermedades*. Madrid: Ediciones Pirámide S. A.

Carasos, G.; Israel, R. (1991). Transtornos de la marcha del anciano. *Hosp. Practical*. 6 (10), 15-26.

Cavanagh, P.; Michiyoshi, A. (1980). Technique for the pressure distribution beneath the foot. *Journal Biomechanics*. 13, 67-75.

Cavanagh, P. (1978). A technique for averaging center of de pressure paths from a force plataform. *Journal of Biomechanics*. 11, 487-491.

Daroff, R. (1995). Tontura e vertigem In *Harrison Medicina Interna*, McGraw-Hill, 13ª Edição, Volume 2, 101-104, México.

Defontaine, J. (1980). Tercera edad, geriatría e reeducación psicomotriz In *Manual de reeducacion psicomotriz, Tercer año*. Editorial Médica e Técnica. Barcelona. 253-274.

Delp, S.; Loan, J.; Hoy, M.; Zagac, F.; Topp, E.; Rosen, J. (1990). An interactive graphics-based model of the lower extremity to study orthopaedic surgical procedures. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*. 37, 757-767.

Duckworth, T.; Boulton, A.; Betts, R, Franks, C.; Ward, J. (1985). Plantar pressure measurement and the prevention of ulceration in the diabetic foot. *Bone Joint Surg*. 67 (3), 438-442.

Gilman, S. (1995). Ataxia e distúrbios do equilíbrio e da marcha In *Harrison Medicina Interna*, McGraw-Hill, 13ª Edição, Volume 2, 131-139. México.

Coady, C.; Gow, N.; Stanish, W. (1998) – *Foot Problems in Middle-Aged Patients: Keeping Active People Up to Speed, The Physician And SportsMedicine*, 26, 5, May, 1-10, disponível em <http://www.physsportsmed.com/issues/1998/05may/stanish.htm>, consultado em 7-11-2000.

Corrêa, J.(2000). A Educação do Doente Diabético, *Mundo Médico*, Heska Portuguesa, Ano 2, Nº 10, Maio/ Junho, Publicação Bimestral, p.g. 14-16.

Costa, O, (1991). Desporto e Qualidade de Vida, In: *Desporto Saúde e Bem-Estar*, FCDEF-UP, p. 53-59, Porto.

Cruz, J.; Machado, P.; Mota, P. (1996). Manual de psicologia do desporto. Sistemas Humanos e Organizacionais Lda. Braga. 91-114.

Dingwell, J.; Cusumano, J.; Sternad, D.; Cavanagh, P. (2000). Slower Speed in Patients With Diabetic Neuropathy Lead to Improved Local Dynamic Stability of Continuous Overground Walking, *Journal of Biomechanics*, 33, 1269-1277.

Elrick, H. (1996). Exercise -*The Best*. The Physician and Sports Medicine, 24, 2, Fev., 1-3, disponível em www.physsportsmed.com/issues/feb_96/elrickpa.htm, consultado em 3-11-2000.

Eberhart, H. (1947). Fundamental studies of human locomotion and other information relating to design of artificial limbs. Berkeley. California.

Fontaine, O.; Kulberts, H.; Étienne, A. (1996). Stres e cardiologia. Climepsi Editores. Lisboa.

Florence, J.; Yeager, B. (1999). Treatment of Type 2 Diabetes Mellitus, American Academy of Family Physicians, disponível em www.aafp.org/afp/990515ap/2835.html, consultado em 12/09/2000.

Foster, D. (1995) Medicina Interna, McGraw Hill – Intramericana, 13ª Edição Volume 2, p.g. 2096-2098.

Frykberg, R.; Lavery, L.; Pham, H. (1998). Role of Neuropathy and High Foot Pressures in Diabetic Foot Ulceration, Diabetes Care, 21, 10, October, 1714-1719.

Gilman, S. (1995) – Ataxia e Distúrbios do Equilíbrio e da Marcha, in Harrison, T.; Medicina Interna, Vol 1, 13ª edição, 131-136.

Gomes, P. (1997). Benefícios da actividade física na condição física In Barata, T et Col. *Actividade física e saúde moderna*. Helsinn. Póvoa Sto. Adrião. Europress. 145-153.

Gordon, N. (1993). Diabetes - *Your Complete Exercise*, Human Kinetics, USA.

Grande, N. (1991). *Perspectivas Actuais dos Conceitos de Saúde e Doença*, In: *Desporto Saúde e Bem-Estar*, FCDEF-UP, 27-32, Porto.

Heyward, V. (1996). *Evaluación y Prescripción del Ejercicio*, Human Kinetics, Editorial Paidotribo, Barcelona.

Hutton, W.; Dhanendran, M. (1979). A study of the distribution of load under the normal foot during walking. *Int. Orthopodie*, 3, 153-157.

Grieve, D.; Rashid, T. (1984). Pressure under normal feet in standing and walking as measured by foil pedobarography. *Ann. Rheum. Dis.* 43, 816-818.

Huang A.; Glass, L. (1999). *Normal Gait*. Disponível em <http://sprojects.mmip.mcgill.ca/gait/normal/intro.asp>, consultado em 25-10-2000.

Inman, V.; Ralston, H.; Todd, F. (1981). *Human walking*. Williams & Wilkins. London.

Isselbacher, K .; Braunwald, E .; Wilson, J. et al (1994) *Harrison Medicina Interna*, McGraw-Hill, 13ª Edição, Volume 2, 2079-2101, México.

ISSP-International Society of Sport Psychology. (1992). Physical activity and psychological benefits: A position statement. *The Sport Psychologist*, 6, 199-203.

Jackson, A.; MORROW, J.; Hill, D.; Dishmani R. (1999). *Physical Activity for Health and Fitness*. Champaign: Human Kinetics Publishers.

Jacobs, N.; Shorecki, J.; Charnley, J. (1972). Analysis of the vertical component of force in normal and pathological gait. *Journal Biomechanics*. 5(1). 11-34.

Katoulis, E.; Parry, M.; Lansshammar, H. (1997). Gait Abnormalities in Diabetic Neuropathy, *Diabetes Care*, 20, 12, Dez, 1904-1907.

Kenion, G. (1968). A conceptual model for characterizing physical activity. *Research Quar.* 39, 96-105.

Lapi re, A (1968). La Re ducation Physique, Tome I , Cinesiologie et Re ducation, 5^a Edition, J.B. Balli re et Fils  diteurs, p.g. 218-222, Paris.

Lang-Stevenson, A.; Sharrad, W.; Betts, R.; Duckworth, T. (1985). Neurophatic ulcers of the foot. *Bonne Joint Surg.* 678(3), 438-442.

Leal, A. (1991). Desporto e Medicina Preventiva, In: *Desporto Saúde e Bem-Estar*, FCDEF-UP, 137-146, Porto.

Lord, M. (1981). Foot pressure measurement : A review of methology. *Journal Biomed.* 3, 91-99.

Macleod, D.; Mauganh, R.; Nimmo, M. et al.; (1987). *Exercise- Benefits, limits and Adaptations*, E. & F.N. Spon, New York.

Mann, R.; Baxter, D.; Lutter, L. (1981). Running symposium. *Foot ankle* 1 (4). 190-224.

Majem, L.; Cambra, S.; Salto, E.; Roura, E.; Rodriguez, F.; Vallbona, C. ;Salleras, L. (1994). Consejo y Prescripción de Ejercicio Físico. In: *Medicina Clínica*, 102, supl. 1, pp. 100-108.

Massada, J. (2001) – O Bipedismo no Homo Sapiens: Postura recente. Nova patologia, Editorial Caminho, Lisboa.

Marey.; E. (1977). La photographie du mouvement. Promograph. Rome.

Mayfield, J.(1998) – Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus: New Criteria, American Academy of Family Physician, October, 1-11, disponível em <http://www.aafp.org/afp/981015ap/mayfield.html>, consultado em 12-11-2000.

McMichael, A. (2001). La salud y el entorno urbano en un mundo cada vez más globalizado: problemas para los países en desarrollo. Boletín de la organización mundial de la salud. Recopilación de artículos, nº 4. Espanha.

Montoye, H. (2000). Introduction: evaluation of some measurements of physical activity and energy expenditure. *Médecine Science Sports Exercise*. (32), 9 Set, 439-441.

Moreno, A.(1991) – Desporto, Saúde e Bem-Estar, In *Desporto Saúde e Bem-Estar*, FCDEF-UP, 33 - 40, Porto.

Mota, J.(1991) – Educação Física e Saúde. Que Afinidades?, In: *Desporto Saúde e Bem-Estar*, FCDEF-UP, 305-317, Porto.

Mueller N. (1992). Untersuchungen zur verbesserung der meßgenauigkeit einer resitiven druckverteilungsbchole. DSHS. Köln

Muybridge, E. (1979). Muybridge's Complete human and animal locomotion. Dover Publications. New York.

Murray, M.; Kory, R.; Clarkson, B. (1969). Walking patterns of healthy old men. *Journal Gerontol*. 24 (2), 169-178.

Nunes, L. (1999). A Prescrição da actividade Física. Lisboa, Editorial Caminho.

Paffenbarger, R.; Blair, S.; Lee, L.; Hyde, R. (1993). Measurement of Physical Activity to Assess Health Effects in Free-living Populations. In: *Medicine and Science in Sport and Exercise*, vol. 25, pp. 60-70.

Palacios, M. (1978). *Deporte Y Salud. La Medicina en el Esfuerzo Psico físico*. Gijón: Stella.

Pataky, Z.; Faravel, L.; Silva, J.; Assal, J. (2000). A new ambulatory foot pressure device for patients with sensory impairment. *A system for continuous measurement of plantar pressure and a feed-back alarm. Journal of Biomechanics*, 33 (9) Set., pp. 1135-1138.

Pheam, C.; Scheidl, M.; Licka, T. (1999). Limb Locomotion-Speed distribution Analysis as New Method for Stance Phase Detection, *Journal of Biomechanics*, 32, 1119 – 1124.

Perry, J. (1992). *Gait analysis: Normal and pathological function*. Slack. Thorofare.

Perry, J. (1993). Anatomy and biomechanics of the hindfoot. *Clinical Orthopedics*, 177, 9-16.

Pérez, A.; Cros M. (1996) Ejercicio en Diversos Trastornos Metabólicos: Diabetes, Dislipemias e Obesidade in *Prescripción de Ejercicio Físico Para La Salud*, Capítulo XI. Editorial Paidotribo. 307-323. Barcelona.

Plas, F.; Viel, E.; Blanc, Y. (1983). *La Marche Humaine-Kinésiologie Dynamique, Biomécanique et Pathomécanique*. Masson. Paris.

Pollock, M.; Wilmore, J.; Fox, S. (1986). *Exercícios na Saúde e na Doença-Avaliação e Prescrição para a Prevenção e Reabilitação*.

Pollard, J.; Quesne, L. (1983). Method of healin diabetic forefoot ulcers. Brit Medical Journal. 286, 436-437.

Prat, J.; Lacuesta, J.; Fuentes, J.; Herrero, E.; Gracia, C. ; Clavijo, M.; Luna, P. (1999). Biomecânica de la marcha humana normal y patológica. IBV. Valencia.

Pribut, S. (1998) – Biomechanics of Foot and Leg Problems, Sports Medicine, disponível em <http://www.clark.net/pub/pribut/spgait.html>, pp.1-9, consultado em 30/10/2000.

Sacco, I.; Amadio, A. (2000). A Study of Biomechanical Parameters in Gait análisis and Sensitive Cronaxie of Diabetic Neuropathic Patients, Clinical Biomechanics, 15, Julho, 196-202.

Sallis, J.; Haskel, W.; Fortman, S.; Wood, P.; Vranizan, K. (1986). Moderate intensity physical activity and cardiovascular risk factors: The Stanford five city project. Preventive Medicine. 15, 561-568.

SAMFyC.(1998).Doença Cardiovascular, Neuropatia Diabética, Pé diabético. www.cica.es/aliens/samfyc.htm, consultado em 14-11-2000.

Sánchez, J.;Remacha P. (2000). El Pie Diabético, disponível em http://www.saludlatina.com/enfermedades/pie_diabetico/, 1-18.

Serrão, J. (2001). Locomoção humana: em busca da identificação de parâmetros reguladores do controle e geração do movimento. *In Anais do IX Congresso Brasileiro de Biomecânica*, volume I, Escola de Educação Física da UFRGS, Porto Alegre, 20-23.

Shaw, J.; Shie, C.; Carrington, A. et al (1998). An Analysis of Dynamic Forces Transmitted Throug the Foot in Diabetic Neuropathy, Diabetes Care, 21, 11, Nov, 1955-1959.

Shephard, R. (1990). Sport, physical fitness and the costs of public health. *Sport Science Review*, 9-13.

Shokes, A. (1979). Forces acting on the metatarsal during normal walking. *ANAT.* 579-590.

Soames, R. (1985). Foot pressure patterns during gait. *Journal Biomedical. Eng.* 7, 120-126.

Stevens, M.; Goss, D.; Foster, A. et al (1993). Abnormal Digital Pressure Measurements in Diabetic Neuropathic Foot Ulceration, *Diabetic Medicine*, 10, Jun, 909-915, USA.

Stott, J.; Hutton, W.; Stokes, I. (1973). Forces under the foot, *Journal Bone Joint Surg.* 55B(2), 335-344.

Vander, F. (1966). *La Marche in Analyse des Mouvements du Corps Humain*, Maloine, Paris, p.g. 146 -157.

Vannereau, D. ; Richard, J. (1995). Prévention des plaies du pied chez le diabétique. *Journal des plaies et cicatrisations.* 99-103. Grau du Roi.

Viladot, A. (1974). *Patologie del antepie.* Barcelona. Toray.

Veves, A.; Murray H.; Young, M.; Boulton, A. (1992). The risk of foot ulceration in diabetic patiente with high foot pressure: A prospective study. *Diabetologia.* 35, 660-663.

Weineck, J. (1995) - Análisis de Movimientos Combinados en Diversas Actividades Deportivas in *La Anatomía Deportiva*, Editorial Paidotribo, Barcelona, 255 – 259.

White, R.; Sherman, C.(1999) – Exercise in Diabetes Management- Maximizing Benefits, Controlling Risks, *The Physician and Sports Medicine*, 4, 27, Abril, 1-9, disponível em http://www.physsportsmed.com/issues/1999/04_99white.htm, consultado em 3-11-2000.

Wilmore, J. .; Costill, D: (1998) – Obesidade, Diabetes y Actividad Física in *Fisiología del Esfuerzo y del Deporte*, Editorial Paidotribo, Barcelona, p.g. 506-509.

WHOQOL Group (1993). Study protocol for the World Health Organization project to develop a quality of life assessment instrument. (2). Genebra. 153-159.

Wojtek, J.; Cchodzkozac, Z (1997). The World Health Organization Issues Guidelines for Promoting Physical Activity Among Older Persons. In: *Journal of Aging and Physical Activity*, vol.5, nº 1, pp. 1-8.

Winter, D. (1990). *Biomechanics and motor control of human movement*. John Wiley & Sons. New York.

Winter, D.; Patla A.; Frank, J.; Walt, S. (1990). Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. *Phys. Therapy*. 70(6), 340-347.

Winter, D. (1992). Foot trajectory in human gait: a precise and multifactorial motor control task. *Physical Therapie*. 70 (6), 340-347.

Wittle, M. (1991). *Gait analysis: An introduction*. Butterworth-Heineman. Oxford.

8. Anexos

Anexo I

Termo de concordância de participação em pesquisa




Termo de Concordância de Participação em Pesquisa

Ex.mo Senhor(a):

Como sabe, os doentes diabéticos podem desenvolver lesões graves nos pés, as quais podem ser prevenidas através dos seus cuidados diários e pela vigilância do seu médico.

Esta vigilância pode ser coadjuvada através de uma moderna e sofisticada tecnologia Biomecânica e de um teste simples, mas relativamente pouco acessível à generalidade das clínicas e pacientes.



O projecto de investigação no qual o(a) convidamos a participar, tendo como objectivo último, contribuir para a melhor compreensão das consequências mecânicas da neuropatia periférica do diabético. Ao aceder a participar, não apenas dá o seu contributo a uma causa nobre, como também usufrui das vantagens decorrentes do conhecimento, por si e pelo seu médico, dos resultados dos testes realizados, sem qualquer encargo financeiro.

Note que estes resultados constituem, de facto, um auxiliar precioso para o trabalho do seu médico e para a preservação do seu bem estar.

Trata-se de um exame gratuito e muito fácil de realizar. Só tem que andar em cima de uma passadeira. Pode ficar com as suas meias, tendo apenas que calçar umas sandálias com umas palmilhas especiais, sensíveis à pressão que o seu pé exerce sobre o solo. Todos os procedimentos a que estará sujeito, estão descritos abaixo.

Estes procedimentos serão aplicados em ambiente de laboratório, e os seus resultados, guardados e devidamente identificados, serão analisados e utilizados única e exclusivamente para fins científicos, para além de serem comunicadas ao seu médico.

Procedimento 1 – Integração do participante num ambiente calmo e familiarizado com o laboratório.

Procedimento 2 - O participante realiza várias passagens, caminhando no estrado onde está inserida a plataforma de forças, com as palmilhas transdutoras de pressão. São captadas imagens vídeo para posterior processamento cinemático.

Procedimento 3 – Avaliação da Estabilogrametria unipedal e bipedal, na Plataforma de Forças, consistindo num teste de equilíbrio estático de 30 segundos sobre um pé e de 3 minutos sobre ambos.

Procedimento 4 – Aplicação do Questionário Internacional de Avaliação da Actividade Física.

Se necessário será fornecido comprovativo de realização de exame técnico, de acordo com a Consulta de Endocrinologia.

Local do exame:

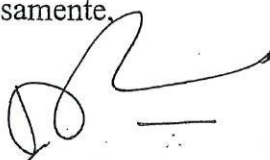
Laboratório de Biomecânica da Faculdade de Ciências do Desporto e de Educação Física da Universidade do Porto.

Rua Dr. Plácido Costa nº 91 (atrás do Hospital de São João, ver mapa anexo).

Pode deslocar-se de Matosinhos para o Hospital de São João através dos autocarros: 86 ou 88 (saindo na paragem do Hospital de São João).

Se tiver qualquer dúvida, não hesite em contactar-nos através do telemóvel nº: 917320110

Atenciosamente,



Prof. Doutor João Paulo Vilas Boas

(Coordenador do Laboratório de Biomecânica)

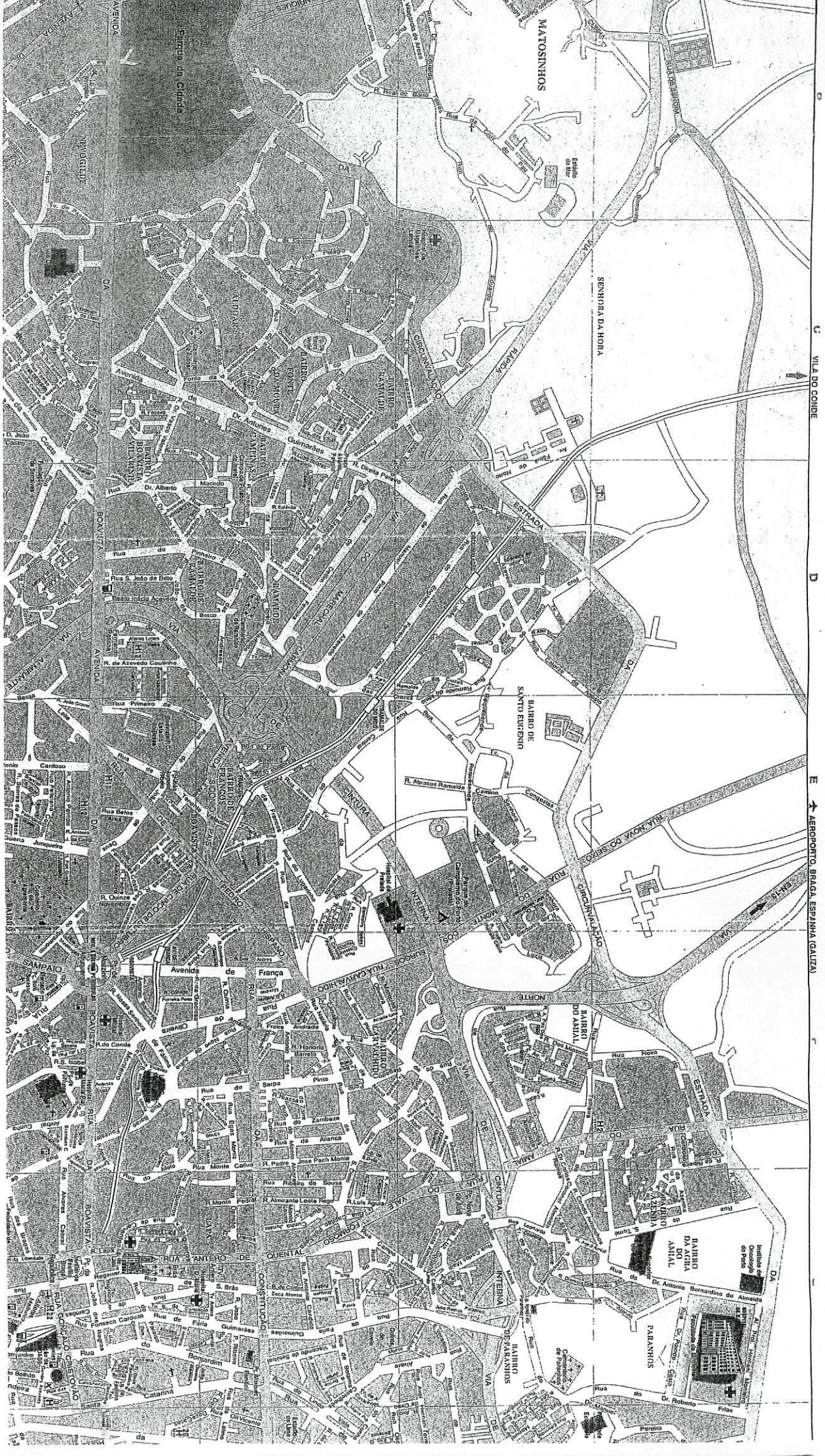
(Por Favor, destacar)

Estou informado do projecto de investigação “Biomecânica da Marcha e da Equilibração do Diabético Portador de Neuropatia Periférica” e aceito, voluntariamente, participar no mesmo.

Nome: _____

Assinatura: _____

Data: ____ / ____ / ____



MATOSINHOS

SENHORA DA HORA

ESTRADA

BARRO DE SANTO EUGENIO

AVENIDA DA FRANÇA

BARRO DO ANIMAL

BARRO DA AGUA ANIMAL

PARANHOS

AEROPORTO. BRAGA, ESPANIA GALIZA

VIA DO CONDE

D

E

L

1

3

Anexo II

Questionário internacional de avaliação da actividade física

Questionário Internacional de Avaliação da Actividade Física

Este estudo é realizado sob os auspícios da:

Organização Mundial de Saúde (OMS) e
National Institutes for Health (USA)

Conta com a colaboração portuguesa de:

Núcleo de Exercício e Saúde da Faculdade de Motricidade Humana -UTL
Gabinete de Desporto de Recreação e Tempos Livres da Faculdade de Ciências do
Desporto e de Educação Física -UP

Estamos interessados em conhecer os níveis de actividade física habitual dos Portugueses e compará-los com os de outros países. Este questionário faz parte de um estudo a ser realizado em vários países. As suas respostas vão ajudar-nos a compreender o quanto activos somos comparados com pessoas de outros países.

As questões referem-se ao tempo que dispense na actividade física numa semana. Este questionário inclui questões acerca de actividades que faz no trabalho, para se deslocar de um lado para outro, actividades referentes à casa ou ao jardim e actividades que efectua no seu tempo livre para entretenimento, exercício ou desporto.

As suas respostas são importantes. Por favor responda a todas as questões mesmo que não se considere uma pessoa activa.

Obrigado pela sua participação

Ao responder às seguintes questões considere o seguinte:

Actividade física vigorosa refere-se a actividades que requerem muito esforço físico e tornam a respiração muito mais intensa que o normal.

Actividade física moderada refere-se a actividades que requerem esforço físico moderado e torna a respiração um pouco mais intensa que o normal.

Ao responder às questões considere apenas as actividades físicas que realize durante pelo menos 10 minutos seguidos.

1a Habitualmente, por semana, quantos dias faz actividades físicas vigorosas como levantar e/ou transportar objectos pesados, cavar, ginástica aeróbica ou andar de bicicleta a uma velocidade acelerada?

___ dias por semana

___ Nenhum (passe para a questão 2a)

1b Quanto tempo costuma fazer actividade física vigorosa por dia?

___ horas ___ minutos

2a Normalmente, por semana, quantos dias faz actividade física moderada como levantar e/ou transportar objectos leves, andar de bicicleta a uma velocidade moderada ou jogar ténis? Não inclua o andar/caminhar.

___ dias por semana
___ Nenhum (passe para a questão 3a)

2b Quanto tempo costuma fazer actividade física moderada por dia?

___ horas ___ minutos

3a Habitualmente, por semana, quantos dias **caminha** durante pelo menos 10 minutos seguidos? Inclua caminhadas para o trabalho e para casa, para se deslocar de um lado para outro e qualquer outra caminhada que possa fazer somente para recreação, desporto ou lazer.

___ dias por semana
___ Nenhum (passe para a questão 4a)

3b Quanto tempo costuma caminhar por dia?

___ horas ___ minutos

3c A que passo costuma caminhar?

___ Passo **vigoroso**, que toma a sua respiração muito mais intensa que o normal;
___ Passo **moderado**, que toma a sua respiração um pouco mais intensa que o normal;
___ Passo **lento**, que não causa qualquer alteração na sua respiração;

As últimas questões referem-se ao tempo que está sentado diariamente no trabalho, em casa, no percurso para o trabalho e durante os tempos livres. Estas questões incluem o tempo em que está sentado numa secret(ria, a visitar amigos, a ler ou sentado/deitado a ver televisão.

4a Quanto tempo costuma estar sentado num dia de semana?

___ horas ___ minutos

4b Quanto tempo costuma estar sentado num dia de fim-de-semana?

___ horas ___ minutos