

**Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-graduação em
Engenharia de Produção**

**IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA
NA MENSURAÇÃO DO EQUILÍBRIO DA FORÇA MUSCULAR
ENTRE OS FLEXORES E OS EXTENSORES DO JOELHO**

Dissertação de Mestrado

Luís Fernando Requião

Florianópolis
2001

**IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA
NA MENSURAÇÃO DO EQUILÍBRIO DA FORÇA MUSCULAR
ENTRE OS FLEXORES E OS EXTENSORES DO JOELHO**

**Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-graduação em
Engenharia de Produção**

**IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA
NA MENSURAÇÃO DO EQUILÍBRIO DA FORÇA MUSCULAR
ENTRE OS FLEXORES E OS EXTENSORES DO JOELHO**

Luís Fernando Requião

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito parcial para obtenção
do título de Mestre em
Engenharia de Produção

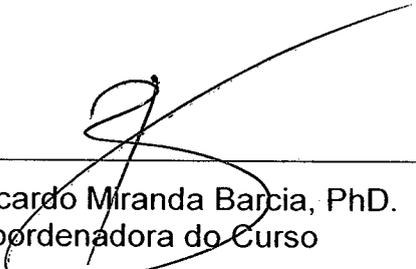
Florianópolis
2001

Luís Fernando Requião

**IMPORTÂNCIA DA AVALIAÇÃO ISOCINÉTICA
NA MENSURAÇÃO DO EQUILÍBRIO DA FORÇA MUSCULAR
ENTRE OS FLEXORES E OS EXTENSORES DO JOELHO**

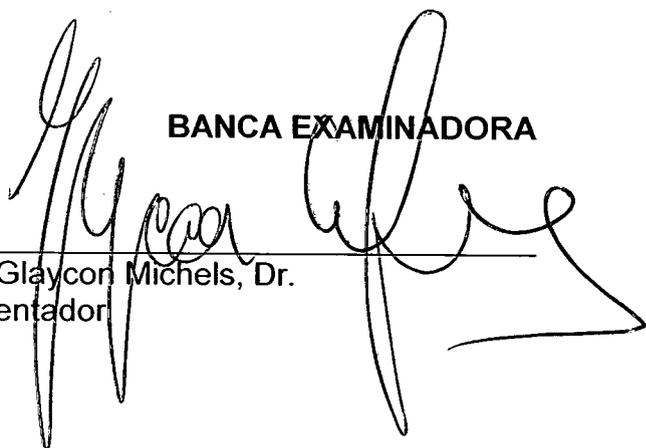
Esta dissertação foi julgada e aprovada para a
obtenção do título de **Mestre em Engenharia de produção**
no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**
da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 23 de novembro de 2001.



Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD.
Coordenadora do Curso

BANCA EXAMINADORA



Prof. Glaycon Michels, Dr.
Orientador



Prof.ª Edis Mafra Lapolli, Drª.



Prof.ª Sônia Maria Pereira, Drª.

Aos meus pais, Aníbal e Regina
pelo exemplo de companheirismo,
respeito, apoio e educação.

Agradecimentos

À Universidade Tuiuti do Paraná,
Ao meu Prof. e amigo João Henrique Faryniuk
Ao orientador Prof. Glaycon Michels
À minha namorada Flávia,
pela sua dedicação e paciência.

"A experiência pessoal demonstra, infelizmente, a dificuldade de integrar os programas preventivos no funcionamento de clubes de futebol profissionais. Esses negligenciam o investimento e preferem freqüentemente nos confiar seus jogadores no papel de uma aplicação curativa no isocinetismo, depois da freqüência da lesão!"

J. L. Croisier

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE QUADROS.....	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Problema.....	5
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo Geral.....	5
1.2.2 Objetivos Específicos.....	5
1.3 Hipótese e Questões a Investigar.....	6
1.4 Justificativa e Relevância.....	10
1.5 Delimitação do Tema.....	12
1.6 Limitações do Tema.....	12
1.7 Descrição dos Capítulos.....	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1 Anatomocinesilogia da Flexo-Extensão.....	15
2.2 Lesões Musculares.....	19
2.2.1 Lesões musculares induzidas pelo exercício excêntrico.....	22
2.2.2 Relação das lesões musculares com o desequilíbrio muscular.....	24
2.2.3 Papel do reflexo de estiramento e inibição recíproca na proteção do estiramento.....	26
2.3 Tipos de Fibras Musculares.....	28
2.4 Sistema Energético.....	31
2.5 Fisiologia da Contração Muscular.....	34
2.6 Tipos de Contrações Musculares.....	37
2.7 Potência Funcional do Músculo.....	39
2.7.1 Fatores musculares que afetam a potência funcional de um músculo.....	39
2.7.2 Fatores neurológicos que afetam a potência funcional de um músculo.....	47
2.8 Avaliação da Força Muscular.....	52
2.8.1 Avaliação clínica.....	52
2.8.2 Avaliação manual.....	53
2.8.3 Avaliação isométrica.....	54
2.8.4 Avaliação isotônica.....	56
2.8.5 Avaliação isocinética.....	59
2.9 Dados Isocinéticos.....	64
2.10 Desequilíbrio entre Grupos Antagonistas.....	68
2.11 Relação do Torque dos Isquiotibiais e do Quadríceps.....	69
2.12 Reforço Muscular Isocinético.....	71
3 METODOLOGIA.....	74
3.1 Classificação da Pesquisa.....	74
3.1.1 Natureza.....	74
3.1.2 Abordagem do problema.....	74
3.1.3 Objetivos.....	74

3.1.4	Procedimentos técnicos.....	75
3.2	Constituição de um Banco de Dados Preliminar das Publicações Pertinentes	75
3.2.1	Escolha da língua de trabalho para interrogação dos bancos de dados.....	76
3.2.2	Definição dos objetivos e identificação das palavras-chaves	76
3.2.3	Identificação dos bancos pertinentes	78
3.2.4	Identificação do meio de acesso às publicações não indexadas.....	79
3.2.5	Consulta dos bancos de dados pertinentes e utilização das palavras- chaves	79
3.2.6	Resultados.....	83
3.3	Metodologia da Avaliação Isocinética.....	84
3.3.1	Aparelho	84
4	RESULTADOS	89
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	102
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
	ANEXOS	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação agonista/antagonista do <i>Peak Torque</i> no lado dominante.....	90
Figura 2 - Relação agonista/antagonista do <i>Peak Torque</i> lado não dominante.....	90
Figura 3 - Relação agonista/antagonista do Trabalho Total no lado dominante.....	91
Figura 4 - Relação agonista/antagonista do Trabalho Total no lado não dominante.....	92
Figura 5 - <i>Peak Torque</i> individual dos extensores no lado dominante.....	93
Figura 6 - <i>Peak Torque</i> individual dos flexores no lado dominante.....	93
Figura 8: <i>Peak Torque</i> individual dos flexores no lado não dominante.....	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sistema Internacional de Unidades (Fatores de Conversão) Pertinente para a Utilização do Isocinético.....	110
Tabela 2 - Valores Normativos de Flexão e Extensão do Joelho - Relação entre os Grupos (Porcentagem) 60° por Segundo	111
Tabela 3 - Valores Normativos de Flexão e Extensão do Joelho - Relação Entre os Grupos (Porcentagem) 120° por Segundo	113
Tabela 4 - Valores Normativos de Flexão e Extensão do Joelho - Relação entre os Grupos (Porcentagem) 180° por Segundo	114
Tabela 5 - Valores Normativos de Flexão e Extensão do Joelho - Relação entre os Grupos (Porcentagem) 240° por Segundo	115
Tabela 6 - Valores Normativos de Flexão e Extensão do Joelho - Relação entre os Grupos (Porcentagem) 300° por Segundo	116
Tabela 7 - Sumário das Especificações dos Dinamômetros Isocinéticos.....	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Graduação do Teste de Força Manual.....	53
Quadro 2 - Pesquisa Realizada na PubMed	82
Quadro 3 - Pesquisa Realizada na Biblioteca da Associação Européia de Isocinetismo.	83
Quadro 4 - Especificações do Dinamômetro	85

RESUMO

REQUIÃO, Luís Fernando. **Importância da avaliação isocinética na mensuração do equilíbrio da força muscular entre os flexores e os extensores do joelho**. Florianópolis, 2001. 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

Pesquisa que aborda a prevenção das lesões musculares dos isquiotibiais com a utilização da avaliação isocinética ressaltando um novo parâmetro de mensuração, o equilíbrio de grupos musculares antagonistas (quadríceps/isquiotibiais). Através da avaliação isocinética realizada com vinte dois jogadores profissionais de futebol de campo foram monitoradas todas as lesões musculares dos flexores e dos extensores durante um ano de competição para que se pudesse correlacionar com um possível desequilíbrio muscular. Dos vinte dois jogadores avaliados sete, dos oito jogadores que apresentaram desequilíbrio muscular significativo, foram dispensados para serem emprestados para outros clubes no início da temporada. A musculatura isquiotibial é freqüentemente lesada nos esportes que exigem alta velocidade de arrancada como nos corredores de curtas distâncias e jogadores de futebol. Somada a hipertonicidade, freqüentemente encontrada na musculatura desses atletas, a diminuição da elasticidade e a necessidade de se opor as grandes forças simultâneas da flexão do quadril e da extensão do joelho, o isquiotibial é altamente exigido na contração excêntrica, que é exatamente o mecanismo da lesão desse grupo muscular. Graças a qualidade da avaliação isocinética, pode-se destacar, nos acidentes músculo-tendinosos, os desequilíbrios musculares existentes entre os agonistas e antagonistas ou déficits interessando especificamente um modo de contração, o excêntrico. Todas as técnicas que são normalmente utilizadas na avaliação da força muscular apresentam limitações importantes na sua mensuração, principalmente quanto a avaliação dinâmica, e portanto se tornam insuficientes para avaliar o integridade da musculatura. Além de criticar as principais formas de avaliação da força muscular, esse trabalho revisa os últimos resultados publicados sobre o assunto abordando questões do fortalecimento muscular isocinético na prevenção das lesões musculares.

Palavras chaves: agonista, antagonista, desequilíbrio, excêntrico, isocinético.

ABSTRACT

REQUIÃO, Luís Fernando. **Importância da avaliação isocinética na mensuração do equilíbrio da força muscular entre os flexores e os extensores do joelho**. Florianópolis, 2001. 131f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001.

Research that approaches the prevention of the muscular lesions of the ischiotibials with the use of the isokinetic evaluation standing out a new measurement parameter, the balance of antagonistic muscular groups (quadriceps / ischiotibials). Through the isokinetic evaluation accomplished with twenty-two professional players of field soccer all the muscular lesions of the flexing and the extending muscles were monitored for a year of competition so that if it could correlate with a possible muscular unbalance. Of the twenty-two appraised players, seven, of the eight players that presented significant muscular unbalance, they were released for they be borrowed for another clubs in the beginning of the season. The ischiotibial musculature is frequently hurted in the sports that demand high-speed from having started up as in the runners of short distances and soccer players. Added to the hypertonicity, frequently found in those athletes' musculature, the decrease of the elasticity and the need of opposing to the great simultaneous forces of the flexion of the hip and of the extension of the knee, the ischiotibial is highly demanded in the eccentric contraction, that is exactly the mechanism of the lesion of that muscular group. Thanks to the quality of the isokinetic evaluation, it can stand out, in the muscle-tendon accidents, the existent muscular unbalances among the agonist and antagonist or deficits specially interesting a contraction way, the eccentric. All the techniques that are usually used in the evaluation of the muscular force present important limitatios in its measurement, mainly with relationship to the dynamic evaluation, and therefore they become insufficient to evaluate the integrity of the musculature. Besides criticizing the main forms of evaluation of the muscular force, that work revises the last results published on the subject approaching invigoration in the prevention of the muscular lesions.

Key words: agonist, antagonist, unbalance, eccentric, isokinetic.

1 INTRODUÇÃO

A participação muscular na estabilidade de uma articulação é essencial. Os desequilíbrios entre músculos de ações antagonistas acompanham ou favorecem o aparecimento de uma lesão. A avaliação da função muscular é, então, primordial dentro de contextos patológicos variados, uma vez que a maior parte dos traumatismos esportivos, a cirurgia do aparelho locomotor, as patologias degenerativas e de sobrecarga se acompanham de uma modificação das performances musculares.

A noção do equilíbrio muscular é antiga e bem conhecida pelos biomecânicos. O equilíbrio muscular estabelecido em torno de uma articulação coloca em oposição e em sinergismo músculos agonistas e antagonistas, garantindo o bom funcionamento dessa articulação. Esta relação define o equilíbrio muscular (Procholle & Codine, 1999).

Numerosos autores estão igualmente interessados no equilíbrio entre músculos agonistas e antagonistas. Atualmente, a relação dos músculos agonistas e antagonistas constituem um dos indicadores privilegiados de prevenção. O valor de referência dessa proporção é um assunto de um grande número de pesquisas tendo definido o sexo, a idade, a posição do teste ou ainda o modo de contração muscular (Bernard & Prou, 1999; Middleton et al., 1998).

Os acidentes músculo-tendíneos constituem uma patologia freqüentemente notada na prática esportiva. Graças à avaliação isocinética, pode-se deixar em evidência, nestas afecções, os desequilíbrios musculares

que existem entre agonistas e antagonistas, ou déficits, interessando especificamente um modo de contração, excêntrica em particular (Codine, 1999).

O gesto desportivo associa trabalhos musculares frenadores, ou seja excêntricos, e trabalhos musculares concêntricos, efetuando o movimento. Em seu papel frenador o músculo se opõe à uma força externa (gravidade durante a absorção de um salto, movimento forçado durante um mecanismo de entorse), e ao músculo agonista efetor do movimento, durante a fase de desaceleração no fim de um gesto desportivo (Middleton, et al., 1998).

Croisier et al. (1999a) citam que os acidentes musculares são freqüentes na prática esportiva (cerca de 90%), particularmente ao nível dos membros inferiores. A freqüência das lesões nos isquiotibiais aparecem principalmente quando eles são solicitados durante certas modalidades esportivas, ou na contração excêntrica dos músculos flexores do joelho.

Os dinamômetros isocinéticos permitem o registro, em velocidades conhecidas e pré-estabelecidas, do "peak torque" instantâneo gerado pelo sujeito. Numerosos dispositivos são comercializados, e eles podem ser adaptados à diferentes articulações, que permitem uma padronização da posição do exame. Os dinamômetros modernos permitem selecionar um modo de ação do tipo isométrico, concêntrico e, ou excêntrico e oferecem também a possibilidade de testar o músculo em condições próximas de sua solicitação esportiva (Rabita & Lenseil-Corbeil, 1999; Bernard & Prou, 1999).

A avaliação isocinética, detectando as assimetrias bilaterais e os desequilíbrios dos agonistas e antagonistas, representa uma exploração da

chance de seqüelas nas lesões musculares. A persistência de anomalias da função, ao termo da cicatrização e da reeducação, favorisa efetivamente a recidiva. O resultado isocinético permite então a determinação do movimento mais oportuno para a volta das atividades esportivas (Croisier et al., 1999a).

O controle da qualidade de qualquer avaliação realizada com atletas de “ponta” deve satisfazer as necessidades e expectativas de todas as pessoas envolvidas na preparação e treinamento desses atletas. Como a performance máxima é o objetivo de qualquer atleta, ele fica submetido a um estresse físico e mental, que o deixa mais exposto a vários tipos de lesões. Vieira (1996) cita que o controle de qualidade se refere às atividades diárias para se controlar condições do processo, e que todos os processos estão sujeitos a derivas, se os controles não forem postos em prática. É o que pode acontecer no mundo esportivo; uma lesão pode ser evitada através de uma boa avaliação.

Quem trabalha no campo do esporte sabe o quanto é importante a prevenção de uma lesão para qualquer atleta, mas para que isso possa ocorrer é necessário a qualidade das avaliações.

Os métodos de avaliação da força muscular que o examinador dispõe atualmente, devem ser objeto de uma análise crítica, a fim de otimizar o tratamento do paciente. A avaliação da função muscular envolve a determinação das variáveis: força, trabalho, potência e resistência.

Os métodos mais comuns aplicados na avaliação da força muscular, não oferecem qualidade suficiente para descrever dinamicamente o grupo muscular; avaliação clínica (perimétrica) apresenta dificuldades como a região de medida, tensão variável da fita métrica, e presença de edemas que levam à

erros na avaliação (Andrews et al., 1990). O teste de força manual é útil nos períodos iniciais da lesão, mas, praticamente sem valor semiológico, no que diz respeito às condições preparativas para o retorno à atividade esportiva (Ghorayeb & Barros Neto, 1999).

A avaliação isométrica, embora seja um método barato, que permite análise da maioria dos grupos musculares, não traduz a natureza dinâmica de grande parte das tarefas esportivas, limitando sua função para descrever a força muscular (Ghorayeb & Barros Neto, 1999; Lazolli, 1996).

O método isotônico, que geralmente é realizado por intermédio de aparatos como pesos livres e máquinas de treinamento contra resistência, não se adapta às condições patológicas e também demonstram algumas limitações. Portanto, essas técnicas clássicas da avaliação da função muscular tornam-se insuficientes e sugerem o interesse por um método performante (Walace, 1996; Croisier, 1996).

A resistência isocinética tem muitas vantagens sobre as outras formas de avaliação; uma delas é que um grupo muscular pode ser exercitado em sua máxima potência através de toda amplitude de movimento da articulação. Perrine (1993) complementa que o exercício isocinético permite o isolamento de grupos musculares fracos, acomoda a resistência provida da máxima resistência através da amplitude do movimento exercitada e permite quantificação do torque, do trabalho e da potência.

1.1 Problema

Qual é o método de avaliação da força muscular que oferece mais qualidade no que diz respeito à identificação dos desequilíbrios musculares entre os flexores e extensores do joelho? O desequilíbrio entre esses dois grupos musculares pode ser considerado como um fator de risco para as lesões musculares?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar a importância da avaliação isocinética na mensuração da força muscular dos músculos extensores e flexores do joelho, como forma preventiva de lesões musculares.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o equilíbrio entre os extensores e os flexores do joelho em jogadores de futebol profissional;
- Controlar as lesões de todos os jogadores avaliados;
- Correlacionar as lesões acontecidas com os resultados das avaliações;

- Descrever os principais mecanismos de lesões musculares;
- Apresentar outros métodos de avaliação da força muscular citando suas vantagens e limitações;
- Discutir a importância do equilíbrio muscular entre a musculatura flexora e extensora do joelho, na prevenção de lesões musculares;
- Apresentar dados normativos da proporção entre os dois grupos musculares;
- Sugerir um protocolo de avaliação;
- Detalhar todo o processo da avaliação isocinética para a articulação do joelho.

1.3 Hipótese e Questões a Investigar

A primeira questão que deve ser investigada é, possivelmente, qual avaliação deve ser realizada para mensurar a força muscular e quais as limitações de cada um dos principais métodos de avaliação. A resistência isocinética acomodativa oferece grandes vantagens entre as modalidades de exercício e de avaliações. Uma das vantagens é inerente a capacidade do grupo muscular de gerar máximo potencial durante todo o arco de movimento. Por exemplo, no meio da capacidade da amplitude de uma articulação (em que o músculo está em sua ótima relação tensão/comprimento e de maior vantagem mecânica) o dinamômetro isocinético irá manter a velocidade e conseqüentemente maior força será produzida. Da mesma forma, nos extremos do movimento articular (em que existe desvantagem mecânica e

fisiológica), o dinamômetro irá manter sua velocidade e, conseqüentemente, menor força será produzida.

A avaliação isocinética, podendo correlacionar a força de grupos musculares antagonistas, mostra a influência que o equilíbrio da força entre grupos musculares contrários, tem sobre a recidiva e até mesmo na prevenção de lesões músculo-tendinosas. Atualmente, a relação dos músculos agonistas e antagonistas constitui, durante os exercícios do tipo concêntrico e, ou excêntrico, um dos principais parâmetros de controle para a prevenção de lesões músculo-tendíneas.

A avaliação isocinética se diferencia das demais formas de avaliação por poder ofertar uma sobrecarga máxima durante todo o arco de movimento. A gama de velocidades do exercício isocinético permite avaliações mais funcionais. Como a força muscular varia de acordo com o tipo e a velocidade de contração, e também com a angulação articular, a avaliação de um grupo muscular deve ser realizado com um teste que se aproxime de movimentos reais. Havendo a possibilidade de avaliar a força de grupos musculares contrários com contrações musculares concêntricas e, ou excêntrica, ela pode reproduzir uma situação prática lesiva e demonstrar que a falta do equilíbrio muscular entre grupos antagônicos pode ser responsável pela lesão.

Outra questão que deve ser investigada é se a relação agonista e antagonista pode ser considerada como um indicador da lesão muscular. Será que todo desequilíbrio entre o grupo flexor e extensor do joelho pode causar lesão muscular, ou ainda se todas as lesões musculares são causadas pelo desequilíbrio de grupos musculares antagônicos. Segundo Croisier et al.,

1999a, os acidentes musculares aparecem freqüentemente na prática esportiva, particularmente (90%) ao nível dos membros inferiores. Esses músculos apareceriam particularmente solicitados durante certas disciplinas esportivas onde a contração excêntrica dos músculos flexores do joelho devem se opor ao quadríceps e a inércia que levaria o segmento para frente. Ainda, segundo o mesmo autor, o acometimento dos músculos posteriores da coxa possui várias etiologias: caráter poliarticular da musculatura, extensibilidade insuficiente, coordenação intra e/ou intermuscular insuficiente, aquecimento incompleto e fadigabilidade excessiva ligada ao treinamento, volta precoce à competição, etc

A relação do déficit de força dos isquiotibiais comparativamente ao aparelho extensor leva um desequilíbrio agonista-antagonista. Para o joelho, em 1984, durante um estudo com 172 jogadores de futebol, Grace (*apud* Procholle & Codine, 1999) não destacou a relação entre a freqüência de uma lesão e a existência de um desequilíbrio muscular analisados pelos valores da relação isquiotibiais/quadríceps à diferentes velocidades angulares. Ele conclui que a existência de um desequilíbrio muscular não constitui um fator primordial de risco da probabilidade de lesões músculo-tendíneas.

Mais recentemente, Worrel (*apud* Procholle & Codine, 1999), analisando a força isométrica e a extensibilidade dos isquiotibiais em uma população de atletas apresentando lesões desses músculos, verificou que não há diferença da relação isquiotibiais/quadríceps a 60°/s ou 180°/s, pela relação à uma população controle. Ele coloca unicamente a causa da falta da extensibilidade tendíneo-muscular.

Inversamente, Jonhagen (*apud* Procholle & Codine, 1999, p.171) cita que em sujeitos apresentando lesões nos isquiotibiais, nota-se “uma baixa específica de sua força no modo excêntrico e concêntrico à baixa velocidade e que ele não achou sobre o quadríceps”. Mais recentemente, Midleton & Croisier (*apud* Procholle & Codine, 1999) propuseram uma análise diferente da relação agonista/antagonista ao nível do joelho, na definição de uma relação entre a força excêntrica dos flexores à 30°/s e a força concêntrica dos extensores a 240°/s. Croisier (*apud* Procholle & Codine, 1999), propôs uma relação um pouco diferente: isquiotibiais excêntricos 120°/s quadríceps 240°/s ou isquiotibiais excêntrico 30°/s / quadríceps concêntrico 240°/s. Para as duas relações, os valores são de ordem de 1 para o primeiro e permanece entre 0,8 e 1,1 para o segundo.

Alguns artigos mostram a incidência de lesões dos rotadores externos do ombro em atletas de vôlei, associadas com o desequilíbrio com a musculatura rotadora lateral (mais forte). Também artigos sobre epicondilites em tenistas profissionais mostram que os atletas lesionados apresentavam desequilíbrio entre os pronatoflexores do cotovelo e o supinatoextensores (mais fracos). Parece claro que o desequilíbrio pode ser a causa de lesões musculares dos grupos mais fracos.

A importância de determinar se realmente há ligação entre o desequilíbrio dos grupos musculares antagônicos é a possibilidade da prevenção da lesão muscular através da elaboração de protocolos de exercícios específicos. Bernard & Codine (1999) citam que a prevenção pode intervir, principalmente a dois níveis no esportista: quando ele foi lesado, e

depois em uma reeducação. Para eles, é necessário prevenir a instalação de uma patologia crônica, que recomeça por causa de uma prática.

Esse tipo de prevenção, na qual o isocinetismo já fez suas provas, diferencia-se de uma prevenção primária, no que concerne os esportistas independentes de patologias mais indefinidas, como sujeitos propensos, pelos resultados dos testes da avaliação. Bernard & Codine (1999) citam que esse tipo de prevenção associa-se uma questão incontrolável que incomoda todos os treinadores: o reforço muscular, como forma preventiva, poderia atrapalhar as performances dos esportistas.

Se o interesse de um reequilíbrio é reconhecido em um papel pós operatório ou para evitar uma cirurgia, ela é muito mais difícil de intervir sobre as características musculares dos esportistas que são, por definição, fora do padrão, o que justifica seus níveis de prática (Bernard & Codine, 1999). Para Croisier et al. (1998), a prevenção dos desequilíbrios musculares representam uma questão pertinente e os exercícios específicos de compensação, destinados aos músculos antagonistas, não devem reduzir o nível da performance dos grupos agonistas. Para o autor, essa atitude preventiva poderia contribuir na redução da frequência de lesões.

1.4 Justificativa e Relevância

A importância da avaliação isocinética na mensuração do equilíbrio da força entre os músculos flexores e extensores, está na qualidade dos dados oferecidos pela avaliação isocinética. Paladini (1990) coloca que, qualidade

corretamente definida, é aquela que prioriza o consumidor, no caso desta pesquisa, o atleta. Isto mostra que qualidade é mais do que simples estratégias ou técnicas estatísticas. É antes, uma questão de decisão, que reflete em políticas de funcionamento da organização.

A capacidade de se detectar alterações dos níveis de força considerados normais pode ajudar todos os profissionais envolvidos na preparação física de um atleta para evitar uma lesão. Mezomo (1995) define performance da qualidade como o reflexo de uma grande variedade de sistemas e subsistemas que congregam as funções essenciais do dia-a-dia. Nestes sistemas podem ocorrer falhas humanas, mas as ações corretivas de melhor resultado são as que visam a melhoria dos sistemas. Segundo o autor, uma das formas de garantir a qualidade dos produtos é por meio do controle de processos. Para esta pesquisa é o processo de avaliação e também de treinamento dos atletas. Segundo GIL (1992), as características presentes nos serviços não dão uma segunda chance para conquistar o cliente.

A avaliação isocinética é reconhecida atualmente como a melhor forma de avaliar dinamicamente a força muscular. O isocinético é o único aparelho que consegue determinar a velocidade do movimento angular e avaliar em diferentes tipos de contração a força muscular em cada grau de movimento. A confiabilidade dos dados permitem também o registro e o estudo de outras variáveis do desempenho muscular como: o trabalho, a potência, a velocidade, a resistência e a fadiga.

O interesse da avaliação da força muscular dos músculos extensores e flexores do joelho não limita-se apenas quanto a estabilização dinâmica da

articulação, mas também, quanto à prevenção de lesões músculo-tendinosas e na avaliação dos tratamentos ou programas de fortalecimento realizados ou propostos.

A possibilidade de criticar os principais métodos utilizados na avaliação da força muscular, de elucidar o método de avaliação escolhido (tipo de contração e velocidade angular), de focar o aspecto preventivo até na recidiva da lesão muscular e confirmar a importância da qualidade do método isocinético como forma de avaliação da força muscular, justifica a escolha desse tema. Além da vantagem de compreender como e por que avaliar grupos musculares antagônicos pode-se qualificar e quantificar o desequilíbrio.

1.5 Delimitação do Tema

O presente estudo limita-se a fazer uma extensa revisão da literatura sobre as principais formas de avaliação da força muscular, avaliação isocinética e lesões musculares, ligadas ao desequilíbrio entre os grupos musculares antagônicos, e mensurar o equilíbrio muscular através da avaliação isocinética em vinte dois jogadores de futebol profissional do Clube Atlético Paranaense, para verificar qualquer correlação de lesões com desequilíbrios existentes.

1.6 Limitações do Tema

As avaliações realizadas com os vinte dois jogadores de futebol

profissional do Clube Atlético Paranaense, limitaram-se ao modo de contração concêntrica em apenas três velocidades (60°/s, 180°/s e 300°/s), e apenas foram controladas as lesões musculares ou cirurgias constadas nos arquivos do departamento médico do Clube antes da data da avaliação e após a temporada de competição do mesmo ano (2000). Não foram pesquisadas outras velocidades e outras correlações como a relação concêntrica/excêntrica, pela limitação do conhecimento sobre o assunto na época da coleta de dados para a pesquisa, assim como também não foram considerados o grau de flexibilidade desses atletas.

1.7 Descrição dos Capítulos

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro, a introdução, é apresentada a estruturação conceitual sobre isocinetismo, formas de avaliação da força muscular e o desequilíbrio muscular, e sua relação com a lesão muscular, que dá sustentação ao desenvolvimento da pesquisa.

No segundo capítulo uma revisão bibliográfica realiza o levantamento e análise do que já foi publicado sobre o desequilíbrio muscular, correlacionado com a lesão muscular e o método de avaliação da força mais indicado para mensurar a força entre grupos musculares antagonistas, o que contribui para verificar se as opiniões dos autores são similares ou diferentes a respeito, conhecendo-se algumas das publicações existentes sobre o tema, e os aspectos que já foram abordados.

No terceiro capítulo a metodologia esclarece os caminhos que foram percorridos para se chegar aos objetivos propostos, cita o protocolo de avaliação isocinética escolhido e descreve os procedimentos metodológicos realizados na avaliação isocinética.

No quarto capítulo é feita uma discussão dos resultados descritos analiticamente, dos dados levantados com o que já foi embasado teoricamente sobre o tema. E, finalmente, no quinto capítulo, são arroladas as conclusões e as recomendações para futuras pesquisas sobre o tema.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Anatomocinesiologia da Flexo-Extensão

O joelho é a articulação intermediária do membro inferior. É, principalmente, uma articulação de um grau de liberdade (flexo-extensão) que permite aproximar ou afastar mais ou menos a extremidade do membro de sua raiz, controlando a distância do corpo em relação ao solo. O joelho trabalha essencialmente em compressão, sob a ação da gravidade. Acessoriamente o joelho comporta um segundo grau de liberdade, a rotação, que só aparece quando o joelho está fletido (Kapandji, 1990). Ainda segundo o mesmo autor:

“Os músculos posteriores da coxa, sartório e grácil, têm ações rotatórias no quadril e joelho, e o poplíteo é um rotador do joelho. Depois que o pé é plantado no solo durante a fase de apoio da marcha, o joelho e o quadril têm que rotar para que o movimento do corpo para frente ocorra sobre o pé de apoio. A rotação é iniciada e controlada pelos músculos rotadores. Em atividades como correr, virar-se, cortar ou manter equilíbrio sobre uma base instável de apoio, a força requerida dos músculos rotadores aumenta acentuadamente (Kapandji, 1990, p. 74).

O principal grupo muscular que contribui para a flexão da perna é o dos isquiostibiais e sua ação pode ser bastante complexa, porque representam músculos biarticulares que trabalham para estender o quadril. São também rotadores da articulação do joelho devido às suas inserções nos lados da

articulação (Hammil & Knutzen, 1999). O bíceps femoral tem duas cabeças que conectam na parte lateral da articulação do joelho e oferecem suporte lateral à articulação. O bíceps femoral também produz flexão e rotação lateral da perna. Tanto o semitendinoso quanto o semimembranosos produzem a flexão e a rotação medial da perna (Smith et al., 1997; Hammil & Knutzen, 1999; Kapandji, 1990).

Os isquiotibiais operam mais efetivamente como flexores de joelho a partir de uma posição de flexão do quadril que aumenta o comprimento e tensão do grupo muscular. Se os isquiotibiais ficam retraídos, eles oferecem maior resistência à extensão das articulação do joelho pelo quadríceps femoral, impondo uma maior carga sobre esse grupo (Hammil & Knutzen, 1999).

Movimentos de cadeia aberta de flexão e rotação do joelho são importantes para colocação e movimento do pé, mas exigem pouca força muscular para se executar (exceto para desaceleração da perna na marcha ou corrida). Grandes forças são exigidas destes músculos, no entanto, quando eles atuam sobre outras articulações ou em movimento de cadeia fechada (Smith et al., 1997).

Kapandji (1999) cita que, os isquiotibiais são extensores do quadril e flexores do joelho, e sua ação sobre o joelho é condicionada pela posição do quadril, já o reto anterior é flexor do quadril e extensor do joelho, e que sua eficácia na qualidade de extensor do joelho depende da posição do quadril, e, inversamente, seu papel de flexor do quadril está subordinado à posição do joelho. A ação dos músculos biarticulares é considerada nas seguintes combinações de movimentos:

- Flexão do joelho combinada com a flexão do quadril: Esta combinação proporciona alongamento dos posteriores da coxa sobre o quadril, enquanto a flexão do joelho é efetuada, resultando em relações favoráveis de comprimento-tensão. Durante a flexão de quadril-joelho, os flexores do quadril e os posteriores da coxa atuam sinergicamente para proporcionar um movimento funcionalmente útil, enquanto que, em outras combinações de movimentos, estes dois grupos musculares podem atuar como antagonistas (Smith et al., 1997). A flexão do joelho sob a ação dos isquiotibiais favorece a flexão do quadril pelo reto anterior. Kapandji (1990) cita que isso é útil durante um salto com os joelhos fletidos.

- Extensão de joelho combinada com flexão de quadril: O movimento prossegue sem esforço através de toda uma certa amplitude; então, surgem dificuldades, principalmente pela incapacidade dos posteriores da coxa de alongar-se suficientemente, e, em menor extensão, pela diminuição de força do músculo reto, que tem que encurtar-se sobre o quadril e o joelho, simultaneamente.

Ao efetuar um movimento passivo de flexão de quadril, primeiro com o joelho estendido e depois com o joelho flexionado, o efeito da interferência dos posteriores da coxa na flexão do quadril torna-se óbvio. Se o levantamento da perna reta for limitado por contratura ou espasticidade, o comprimento do passo normal é diminuído na marcha. O joelho pode ser estendido completamente em um lado quando o quadril é estendido, mas a perna oposta não é capaz atingir tão longe à frente quanto é o usual. O paciente é limitado a passos curtos e geralmente marcha com os joelhos fletidos (Smith et al., 1997).

Kapandji (1990) cita que, para estender o joelho com o quadril fletido, os vastos seriam mais eficazes pois o reto anterior estaria encurtado pela flexão do quadril.

- Flexão do joelho combinada com a extensão de quadril: Se o paciente estiver deitado em pronação, ou em pé, ereto, e flexionar o joelho enquanto estender o quadril, os músculos posteriores da coxa têm que encurtar-se sobre ambas as articulações simultaneamente, e a dificuldade é experimentada para completar a flexão do joelho.

Alguns pacientes queixam-se de uma câibra nos músculos da coxa posterior quando efetuam este movimento. Todos os pacientes perdem força rapidamente, à medida que a flexão do joelho prossegue, enquanto o quadril é estendido. Outro fator que, às vezes, limita a excursão completa dos posteriores é a incapacidade do reto da coxa, que está sendo estirado sobre o quadril e o joelho simultaneamente, alongar-se suficientemente.

Quando está presente espasticidade do reto da coxa, a interferência deste músculo torna-se acentuada, resultando em uma inclinação da pelve para a frente; na posição prona, as nádegas então se tornam elevadas de uma maneira desajeitada (Smith et al., 1997). Kapandji (1990) complementa que, nesta posição, os isquiostibiais estariam encurtados, o que explicaria que a flexão do joelho seja menos intensa e que ressalte a utilidade dos músculos monoarticulares (bíceps, porção curta e poplíteo) que conservariam sua função independente da posição do quadril.

- Extensão de joelho combinada com a extensão do quadril: Os posteriores da coxa então atuam com os extensores do quadril, enquanto o

quadríceps estende o joelho, e, realizar esse procedimento, alonga os posteriores da coxa sobre o joelho. Neste movimento, como no precedente, uma parte eficaz da curva de comprimento-tensão é usada.

Quando uma pessoa fica em pé a partir de uma cadeira, o quadríceps realiza uma contração concêntrica para estender o joelho, e os posteriores da coxa realizam uma contração concêntrica para estender o quadril. Quando a pessoa senta, contrações excêntricas de ambos os grupos musculares controlam a velocidade de flexão dos joelhos (quadríceps) e flexão dos quadris (posteriores das coxas) (Smith et al., 1997). Para Kapandji (1990), como nesta posição aumenta a distância entre a origem e a inserção, o alongamento do reto anterior aumenta sua eficiência.

- Extensão do joelho combinada com a extensão plantar do tornozelo: O quadríceps estende o joelho enquanto o gastrocnêmio (e o sóleo) fletem plantarmente o tornozelo. À medida em que o quadríceps estende o joelho, o gastrocnêmio torna-se alongado sobre o joelho, e resultam condições ótimas para flexão plantar do tornozelo. Esta combinação funcional é vista, comumente, por exemplo, ao elevar-se nas pontas dos pés, correr e saltar (Smith et al., 1997).

2.2 Lesões Musculares

Segundo Hammil e Knutzen (1999), podem ocorrer lesões no músculo esquelético durante uma série de exercício intenso, no exercício excêntrico, ou ao se exercitar um músculo por muito tempo. A lesão muscular propriamente

dita é, geralmente, uma microlesão com pequenas lesões na fibra muscular. O resultado de uma distensão muscular ou microruptura no músculo manifesta-se pela presença de dor, ou dor muscular tardia, edema, possível deformidade anatômica e disfunção atlética.

Nicholas & Hershman (1995) resumiram a classificação das lesões musculares em três graus de lesão: Grau 1, quando ocorre uma tensão sem ruptura gerando uma inflamação mínima, onde o paciente apresenta uma dor localizada, tanto na contração, quanto no alongamento ativo ou passivo; Grau 2, quando ocorre uma ruptura pequena, mas sem solução de continuidade, levando à uma tumefação, uma inflamação localizada, dor na contração e, também, durante o alongamento e espasmo muscular; Grau 3, quando ocorre uma ruptura completa do tecido, levando à uma hipersensibilidade local, depressão palpável e visível, e também uma equimose.

Xhardez (1995), em uma classificação mais detalhada, cita que as lesões poderiam ser divididas em duas grandes categorias: sem alterações anatômicas (dor muscular, contraturas e câimbras), e com alterações anatômicas (estiramento, ruptura e contusões importantes):

- Dor muscular tardia: que se caracteriza por uma reação muscular global, dolorosa à palpação, que aparece de 12 a 48 horas após o esforço, exacerbado pelo estiramento de um músculo ou de um grupo muscular. Os músculos ficam "enrijecidos e duros". Sem dor ao repouso. A sedação deverá ser obtida em um máximo de quatro dias. Rodrigues (1994) ainda cita que a mialgia (dor muscular) ocorre após uma atividade física além da capacidade metabólica do

músculo.

- Cãibra: que pode ser considerada como uma contratura dolorosa, intensa e involuntária de um músculo com um encurtamento máximo, freqüentemente durante uma atividade (ou ao repouso, à noite) e, em geral, isolada. Rapidamente, em sujeitos jovens, ela pode parar uma atividade de um sujeito mais velho. As cãibras acontecem geralmente durante períodos de atividade física excessiva. Elas podem ser devido a um aquecimento insuficiente, uma recuperação ativa depois de um exercício muito curto, uma técnica defeituosa, um esforço isométrico muito importante. Um déficit do potássio, magnésio, cálcio também pode ser responsável.
- Contratura: condição onde o paciente refere um estado doloroso ao repouso e ao estiramento, e, principalmente, a uma contração contra resistida. O excesso de trabalho provoca um acúmulo local de ácido láctico; o músculo fica hipercontraturado à palpação. A dor aparece progressivamente durante ou logo após o esforço. A contratura pode, em certos casos, proteger e esconder uma lesão (estiramento ou uma pequena distensão).

Rodrigues (1994) complementa que é uma contração involuntária permanente como forma de proteção de suas estruturas. E para as lesões com alterações anatômicas são classificadas como:

- Estiramento: Chegando além dos limites da elasticidade do músculo pelo alongamento forçado, levando a uma dor aguda, e uma impotência funcional moderada, o esportista poderá terminar seu esforço em um ritmo

mais lento. A dor cederá ao repouso, será de topografia bem localizada e aparecerá a dor por uma mobilização ativa simples ou contra resistência, mas sem uma mobilização passiva. Em caso de não tratamento e de não repouso, ela poderá evoluir para uma distensão muscular. Rodrigues (1994) classifica como um hiperalongamento com comprometimento de algumas microfibras.

- Distensão Muscular: Mal que pode ter vários graus de gravidade. O primeiro, quando tem a lesão de algumas miofibrilas, seguidas de um esforço violento; o segundo, quando há ruptura de um número mais importantes; e o terceiro, quando há uma ruptura parcial das fibras.

- Contusão Muscular: Leva à lesões das fibras musculares provocadas por um trauma direto sobre um músculo. Rodrigues (1994) ainda lembra que a contusão (colisão) também é chamada de “paulistinha” ou ainda “tostão”.

2.2.1 Lesões musculares induzidas pelo exercício excêntrico

Como na contração excêntrica a resistência externa é maior do que a força muscular o que ocorre na verdade é um mecanismo de freio. Antunes Neto & Vilartha (1998) explicam que o torque de uma articulação excede aquele produzido pela tensão em um músculo gerando alongamento dos sarcômeros. O alongamento ativo é considerado um fator decisivo para a ocorrência de ruptura mecânica de elementos ultraestruturais das fibras músculo-esqueléticas. Para o autor a região músculo-tendotendinosa deve ser mais suscetível à lesões pelo fato dela oferecer maior resistência e inflexibilidade.

Antunes Neto & Vilartha (1998) citam que o citoesqueleto das células

musculares é formado pelo exosarcômero, composto por sua vez por proteínas filamentosas intermediárias (vimentina, sinemina e desmina), que ligam miofibrilas vizinhas, limitam o comprimento dos sarcômeros e o rompimento da linha Z, e pelo endosarcômero, formado por filamentos que coexistem com os filamentos de actina e de miosina (nebulina, que funciona como uma “régua molecular” orientando e sustentando a actina; titina, que centraliza e orienta espacialmente a miosina).

A contração excêntrica pode induzir à alterações morfofuncionais na estrutura do sarcômero levando à uma instabilidade mecânica, dois sítios são potenciais de lesão: as conexões interdisciais (principalmente a desmina); e os filamentos elásticos de titina (centralizam as miozinas entre as linhas Z). A instabilidade mecânica induz a ruptura dos sarcômeros e do sarcolema (Antunes Neto & Vilarta, 1998).

Os autores ainda explicam que o cálcio pode entrar na célula pelos canais de cálcio do sarcolema ou pela ruptura de alguma estrutura do sarcolema e que quando o cálcio é acumulado pode alterar relações de síntese e degradação protéica no músculo e estimular processos sensíveis a sua concentração elevada. As estruturas do retículo sarcoplásmático e suas funções são alteradas com exercício excêntricos exaustivos assim como os canais de liberação e recaptura de cálcio. O cálcio teria uma grande participação na ativação degenerativa.

A atividade excêntrica favorece a desintegração miofibrilar; entre 24 e 28 horas parece provocar um edema - a pressão mecânica e o processo inflamatório provocam tensão e deformação sobre os elementos do tecido

conjuntivo, o que afeta receptores aferentes. Nas modificações biofuncionais induzidas pelo exercício excêntrico aparece o mais perceptível marcador da lesão tecidual, a dor muscular tardia (Antunes Neto & Vilarta 1998).

Estes autores citam que existem quatro teorias principais que explicam o aparecimento da dor muscular tardia (24 a 48 horas após o exercício):

- Teoria do ácido láctico (é a menos aceita, pois gasta menos energia e produz pouco lactato), o ácido láctico relaciona-se diretamente com a fadiga muscular e a dor aguda durante e imediatamente após o exercício.
- Teoria do espasmo, o exercício pode causar isquemia resultando a produção de substâncias geradoras de dor. O acúmulo dessas substâncias tenderia a estimular terminações nervosas, produzindo reflexos de espasmos.
- Teoria da lesão do tecido conjuntivo, o endomísio é a estrutura de tecido conjuntivo mais importante (menor elasticidade e pode promover uma elevada força tensil principalmente nas áreas de ligação musculotendínea).
- Teoria da lesão muscular, observa-se liberação de enzimas no sangue como a creatinacnase (enzima no processo de ativação de precursores da dor).

2.2.2 Relação das lesões musculares com o desequilíbrio muscular

Os músculos que correm maior risco de distensão são os biarticulares,

os que limitam a amplitude de movimento em um esporte e os usados excentricamente. Os músculos biarticulares correm risco de lesão porque podem ser alongados em duas articulações diferentes. Os músculos usados para terminar uma amplitude de movimento correm risco de lesão, pois são usados excentricamente para reduzir a velocidade de um membro que está se movendo muito rapidamente (Hamill & Knutzen, 1999).

Hamill & Knutzen (1999) citam que os isquiotibiais, por serem músculos que são distendidos enquanto freiam um movimento, são freqüentemente acometidos ao controlar a flexão do quadril. Smith et al. (1997) complementam que as lesões dos flexores do joelho são mais comuns devido às suas ações como rotadores, ou como desaceleradores dos membros, do que como flexores do joelho quando os isquiotibiais estão desacelerando o movimento para frente da coxa e perna com uma contração excêntrica máxima (alongamento), e então, instantaneamente, mudando com um golpe do pé para uma contração concêntrica máxima (encurtamento) para acelerar a coxa (extensão do quadril) e impedir a hiperextensão do joelho.

Croisier et al. (1999a) citam que os acidentes musculares são freqüentes na prática esportiva, particularmente (90%) ao nível dos membros inferiores. A freqüência das lesões nos isquiotibiais aparecem principalmente quando eles são solicitados durante certas modalidades esportivas ou na contração excêntrica dos músculos flexores do joelho.

2.2.3 Papel do reflexo de estiramento e inibição recíproca na proteção do estiramento

O reflexo de miotático ou reflexo de estiramento, se traduz por um aumento do nível de contração do músculo em resposta ao seu próprio estiramento. A contração suplementar que acontece tende a voltar o comprimento inicial (Richard & Orsal, 1994).

O alongamento experimental de um músculo ativa os fusos neuromusculares, que funcionam como receptores ao estiramento, informando o comprimento das fibras intrafusais (fuso muscular) e a velocidade com que o estiramento está ocorrendo. O trem de potenciais de ação que vai em direção à medula espinhal pelas fibras Ia tem dois efeitos centrais complementares. Por uma conexão monossináptica os motoneurônios alfa, que inervam o músculo estirado, são excitados, levando a contração reflexa do músculo. E, simultaneamente, os motoneurônios alfa do músculo antagonista são inibidos por mecanismos de inervação recíproca. A conexão é desta vez bisináptica, leva a um relaxamento do músculo antagonista. O conjunto desse dois efeitos, contração do músculo estirado e o relaxamento do músculo antagonista, faz que a articulação mova em um senso, permitindo o encurtamento do músculo estirado (que tende assim a voltar seu comprimento inicial) (Richard & Orsal, 1994).

Smith et al. (1997) explicam que, na inibição recíproca durante o estiramento do fuso, os nervos aferentes enviam informações do estiramento; o nervo aferente faz sinapse com o motoneurônio do próprio músculo para que ele se contraia e diminua o alongamento. Os nervos aferentes Ia também

fazem sinapse com o interneurônio inibidor do músculo antagonista, para que diminua a sua força, diminuindo o alongamento do músculo estirado, e o músculo que estava sendo estirado se contraía.

Enoka (2000) cita que um mecanismo neural pode modificar um reflexo. É um circuito de *feedback* local que pode modificar as respostas reflexas por meio de um interneurônio conhecido como célula de Renshaw. Ela pode ser ativada por impulsos supraespinhais ou por um ramo colateral do axônio dos motoneurônios alfa. Os motoneurônios maiores emitem mais ramos colaterais para células de Renshaw, mas recebem menos sinapses da célula de Renshaw, a inibição recorrente tem um efeito maior na excitabilidade dos motoneurônios menores. Além disso, pelo fato da inibição recorrente em um grupo de motoneurônios aumentar durante as contrações fracas, mas diminuir durante as contrações fortes, ela é alta quando os motoneurônios menores são ativados e diminui à medida que os motoneurônios maiores são recrutados.

A inibição também pode aumentar durante as contrações com a fadiga. Além de atuar nos motoneurônios, a inibição recorrente gera potenciais pós-sinápticas inibitórias nos motoneurônios gama e no interneurônio inibitório Ia. Portanto atuam sobre os motoneurônios gama, podendo modular a excitabilidade do fuso e influenciar a relação aferência-eferência para o reflexo do estiramento, além de atuar sobre os interneurônios Ia, podendo diminuir a excitabilidade do interneurônio inibitório (o interneurônio Ia é o mediador do reflexo de inibição recíproca (desinibição)).

Conforme Smith et al. (1997), os fusos musculares funcionam como receptores ao estiramento, enviando impulsos sensitivos por axônios aferentes.

Eles informam o comprimento do fuso e a velocidade do estiramento. São inervados por neurônios motores gama que estimulam a contração das fibras extrafusais. Os neurônios motores gama estimulam a contração das fibras intrafusais. Os fusos podem ser estirados por dois mecanismos diferentes, quando o músculo todo é alongado e quando as porções centrais do fuso são ativados.

2.3 Tipos de Fibras Musculares

Os exercícios resistidos solicitam basicamente dois tipos de fibras musculares distintas presentes no músculos esqueléticos e que foram identificados através da biopsia cirúrgica como fibras brancas e as fibras vermelhas. (McArdle, et al, 1998).

A musculatura estriada esquelética é constituída de três tipos de fibras. As fibras do tipo I e as fibras do tipo II, que por sua diversidade metabólica são subdivididas em IIa e IIb (Villiger et al.,1995; Spring et al.,1995; Smith et al.,1997).

As fibras do tipo I são fibras de contração lenta, resistentes a fadiga e de metabolismo aeróbico. Possuem número elevado de mitocôndrias, coloração vermelha por causa da alta concentração de mioglobina (hemoglobina muscular) e baixa velocidade de condução do estímulo devido ao pequeno número de placas mioneurais. A porcentagem de fibras do tipo I aparecem aumentadas nos atletas treinados em modalidades esportivas relacionadas à resistência, caracterizado pelos exercícios de baixa intensidade

e longa duração. Por exemplo: maratonistas, ciclistas (Villiger et al.,1995; Spring et al.,1995; Smith et al.,1997).

A fibra vermelha é predominantemente aeróbica e é solicitada isoladamente da fibra branca em atividades de baixa intensidade, de menor tensão muscular e resistente à fadiga. A capacidade de geração aeróbica de ATP (adenosina trifosfato), das fibras vermelhas, está relacionada ao grande número de mitocôndrias e níveis elevados de enzimas necessárias para manter o metabolismo aeróbico. Isso é particularmente verdadeiro para a capacidade de metabolização de ácidos graxos dessas fibras (Ghorayeb & Barros, 1999; Villiger et al.,1995; Spring et al.,1995).

O papel principal desse tipo de fibras é o de manter atividades contínuas do tipo *endurance*, que exigem um ritmo estável de transferência de energia aeróbica. Certamente, é a concentração de fibras musculares de contração lenta que contribui para os altos níveis de exercício, antes do início do acúmulo de lactato no sangue, observado entre os atletas de *endurance* (Ghorayeb & Barros, 1999).

As fibras do tipo II possuem contração rápida, alta fadigabilidade, e seu metabolismo é predominantemente anaeróbico. Sua coloração é pálida por ser pobre em mioglobina e apresenta baixo número de mitocôndrias. Possui numerosas placas mioneurais e uma alta velocidade de condução de estímulo (Villiger et al.,1995; Spring et al.,1995). As fibras brancas, também conhecidas como fibras de contração lenta, glicolíticas ou do tipo II, apresentam várias subdivisões e alta capacidade de produção anaeróbica de ATP durante a glicólise. Esse tipo de fibra é ativado durante as mudanças de ritmo e nas

atividades com paradas e arranques bruscos, assim como durante o exercício de intensidade máxima que depende da energia gerada pelo metabolismo anaeróbio (Smith et al., 1997).

As fibras do tipo IIa são consideradas intermediárias pelo fato de sua velocidade de contração rápida estar combinada com uma capacidade moderadamente bem desenvolvida para transferência de energia, tanto aeróbica quanto anaeróbica. Essas são as fibras rápidas-oxidativas-glicolíticas com tendência a fadigar bastante rapidamente. É resistente à fadiga devido a sua capacidade oxidativa e glicolíticas porque aparecem em uma posição intermediária entre a velocidade de contração e metabolismo. A fibra do tipo IIb possui maior potencial anaeróbico e constitui a “verdadeira” fibra rápida-glicolítica. Caracterizam-se pela sua capacidade glicolítica predominante, alta fadigabilidade, grandes depósitos de fosfato e glicogênio e extrema rapidez de contração. De um modo geral essas fibras aparecem numa porcentagem maior em atletas que realizam atividades esportivas de alta intensidade e curta duração. Por exemplo: corrida de 100 metros rasos (Villiger et al., 1995; Spring et al., 1995).

Embora não ocorra interconversão entre os tipos básicos de fibras musculares em função do treinamento, a atividade física em geral estimula a transformação das fibras brancas IIb, glicolíticas, em fibras brancas IIa, glicolíticas e oxidativas (Smith et al, 1997).

2.4 Sistema Energético

A fonte imediata de energia para o músculo é o ATP - adenosina trifosfato. A alta energia livre da ligação terminal de fosfato do ATP é utilizada para mudanças na conformação das moléculas de actina e miosina musculares, ocasionando a contração muscular (Ghorayeb & Barros Neto, 1999).

Para qualquer corpo realizar uma função necessita-se de energia. Esta energia provém da oxidação dos alimentos ingeridos pelo homem e é conduzida para célula em forma de um composto químico conhecido como ATP (adenosina trifosfato). A molécula de ATP encontra-se em quantidades limitadas no interior das células junto com outros componentes energéticos (Fox, et al., 1995; Junqueira & Carneiro, 1995; MCardle, et al., 1998).

Durante a hidrólise do ATP (catalizada pela enzima ATPase), são liberados de 7 a 12 kcal de energia, ocorrendo a formação de um composto menos energético ADP + PI (adenosina difosfato + fosfato inorgânico). Essa energia liberada durante a quebra do ATP, representa a fonte imediata de energia a qual pode ser usada, por exemplo, pela célula para realização do trabalho muscular (Fox et al., 1995; Villiger, et al., 1995; MCardle et al., 1998).

É importante ressaltar que existe um outro sistema energético que é ativado para dar continuidade a atividade celular, fornecendo energia ao mesmo tempo que ressintetiza o ATP no interior da célula muscular. Este sistema de fornecimento e ressíntese do ATP é denominado Fosfatocreatina (CP), que também está em quantidades limitadas na célula, porém 4 a 6 vezes

maior que o ATP. Assim como ATP, o grupo fosfatocreatina possui grupos de fosfatos e são conhecidos coletivamente como fosfagênios (Fox et al., 1995; Villiger et al., 1995; Smith et al., 1997; McArdle et al., 1998).

A hidrólise de fosfatocreatina libera uma grande quantidade de energia. Esta energia é maior do que a liberada na quebra do ATP e aciona a fosforilação do ADP através da ação de uma enzima conhecida como creatinaquinase (Fox et al., 1995; Villiger et al., 1995; Smith et al., 1997; McArdle, et al., 1998). O único meio em que a fosfatocreatina pode ser produzida novamente a partir de fosfato inorgânico (Pi) e creatina (Cr), é através da energia liberada pela quebra do ATP. Isso depende de processos glicolíticos e oxidativos provenientes da desintegração das substâncias alimentares primárias e durante a recuperação após o exercício (Fox et al., 1995; Villiger et al., 1995; McArdle et al., 1998).

Em uma experiência para analisar o tempo de recuperação de ATP-CP, na fase de recuperação rápida, a restauração do sistema fosfagênio completa é em torno de 3 a 5 minutos. Enquanto em outra análise, somente para restauração da fosfatocreatina completa, dura de 4 a 8 minutos (Fox et al., 1995). Segundo Villiger et al. (1995), a recuperação dos depósitos de fosfatocreatina (CP), volta a se completar entre 2 a 5 minutos, dependendo da capacidade de resistência aeróbica.

A importância do sistema fosfagênio para o esporte é exemplificada pelas poderosas e rápidas largadas dos velocistas, jogadores de futebol, assim como por outras atividades semelhantes de alta intensidade e curta duração (Fox et al., 1995; Villiger et al., 1995).

Os sistemas energéticos são sistemas metabólicos que envolvem uma série de reações químicas formando produtos residuais e fabricação da ATP (Kisner & Colbt, 2001).

Weineck (1999) considera dois tipos de obtenção de energia, a anaeróbia ou anaoxidativa e aeróbia ou oxidativa. Ao iniciar uma sessão de treinamento com alta intensidade, cujo suprimento energético não possa ser suprido somente por mecanismos aeróbios, o músculo é forçado a recorrer a processos anaeróbios de obtenção de energia, é a obtenção anaeróbia de energia. O estoque normal de ATP (6 mmol/quilo massa muscular) é suficiente para apenas alguns segundos de contração muscular máxima. A geração de energia nos primeiros 7 segundos de trabalho muscular é denominada "Fase alactácida da obtenção de energia". A "fase lactácida" compreende a glicólise (anaeróbia). Esta forma de obtenção de energia ocorre no sarcoplasma e representa o processo preferencial de obtenção de energia sob condições de escassez de oxigênio e estímulos intensos. O tempo máximo de fornecimento de energia através da glicólise é de 45 segundos. Por fim, algum trabalho anaeróbio pode ser necessário para ajudar atletas a se acostumarem com a acidose e adquirir eficiência em movimentos de alta intensidade. Para o autor, sob estimulação superior a 1 minuto, inicia-se o processo de obtenção aeróbia de energia, o que ocorre nas mitocôndrias.

Na presença de oxigênio, o ácido pirúvico penetra na mitocôndria do músculo e é convertido em uma forma de ácido acético, sendo desintegrado e oxidado no ciclo de Krebs e na cadeia respiratória produzindo CO_2 e H_2O como produtos finais. Por ser um processo dependente de oxigênio, foi denominado

metabolismo aeróbio. O metabolismo aeróbio utiliza como substrato energético não apenas carboidratos, mas, também de gorduras, proteínas e até mesmo, o ácido láctico, que mesmo na presença de oxigênio é reconvertido em ácido pirúvico e oxidado (Ghorayeb & Barros Neto, 1999).

2.5 Fisiologia da Contração Muscular

O responsável pelos movimentos corporais é o tecido muscular. Na sua estrutura existem células alongadas com a presença de grande quantidade de filamentos citoplasmáticos, que permitem a contração muscular. Com origem mesodérmica e com um processo de alongamento gradativo, simultâneo à síntese de proteínas filamentosas, a célula muscular se diferencia de acordo com suas formas e funções. Podemos caracterizar três tipos de tecido muscular: o músculo liso, o estriado cardíaco e o músculo estriado esquelético (Ross & Rowrell, 1993; Junqueira & Carneiro, 1995).

O músculo estriado esquelético é revestido por envoltórios de tecido conjuntivo que dão consistência e proteção. O epimísio envolve o músculo inteiro; o perimísio envolve feixes de até 150 fibras, e o endomísio circunda cada célula. Todo esse tecido conjuntivo mantém as fibras musculares unidas, permitindo que toda força de contração gerada em cada fibra atue sobre o músculo, contribuindo para sua contração (Junqueira & Carneiro, 1995; Tanaka & Farah, 1997; McArdle, et al, 1998).

Cada fibra muscular é formada por unidades funcionais menores, localizadas paralelamente ao eixo longitudinal da fibra. Essas fibrilas são

formadas por sub-unidades denominadas miofilamentos, que consistem principalmente de duas proteínas: actina e miosina. A molécula de miosina é composta por cadeias polipeptídicas: duas cadeias pesadas que se enrolam em espiral para formar uma dupla hélice, com uma estrutura globular em cada extremidade chamada de cabeça da miosina. Quatro cadeias leves também fazem parte da cabeça da miosina, sendo que participam durante o processo de contração (Junqueira & Carneiro, 1995; McArdle et al, 1998).

O filamento de actina é formado por três componentes protéicos: actina, tropomiosina e troponina. A tropomiosina inibe a interação da actina e da miosina e troponina, quando associado ao cálcio, e desencadeia a interação das miofibrilas e o deslizamento de umas sobre as outras. A troponina é formada por sub-unidades: TNT que liga-se à tropomiosina; TNI que realiza a interação entre miosina e actina e a TNC, com ligação com os íons cálcio, que proporciona modificações da troponina, fazendo com que os locais de ligação dos componentes globulares globulares da actina fiquem livres para interagir com as cabeças das moléculas de miosina (Ésberard, 1996; Fleck & Kraemer, 1999; Foss e Keteyian, 2000).

Durante o repouso, o ATP liga-se a ATPase das cabeças da miosina e para alcançar a molécula de ATP e liberar energia. A miosina precisa da actina, que atua como cofator. No repouso, a miosina não pode se juntar à actina, devido a repressão do local de ligação pelo complexo troponina - tropomiosina, localizado na actina. Todavia, quando há disponibilidade de íons cálcio, estes combinam-se com a TNC da troponina, ficando livres os locais de ligação da actina, permitindo com isso a interação de actina com as cabeças da miosina,

resultando em nova condição que conduz a contração. Com a combinação da troponina C, o complexo miosina com ATP é acionado, resultando em energia (Smith et al., 1997).

Apesar de persistirem algumas lacunas sobre os eventos que ocorrem durante a contração e o relaxamento muscular, a teoria mais aceita é a do filamento deslizante. Como está implícito no nome, admite-se que um conjunto de filamentos desliza sobre o outro, resultando em encurtamento muscular. Essa teoria propõe que um músculo se alonga ou se encurta porque os miofilamentos grossos e finos deslizam uns sobre os outros, sem que mudem seu comprimento. (Junqueira & Carneiro, 1995; Smith et al., 1997; McArdle et al., 1998).

A maneira exata pela qual o processo de deslizamento é feito ainda não foi elucidada por completo. O que irá acionar esse processo de encurtamento é a ação das pontes cruzadas da miosina que se unem ou se fixam, rodam e se separam dos filamentos de actina periodicamente, com a utilização de energia vinda das moléculas de ATP (McArdle et al., 1998; Foss & Keteyian, 2000).

Esta atividade contrátil realiza-se até que os íons cálcio sejam removidos da fibra muscular e o local de combinação da miosina com a actina seja impedido de ser ativado, desta forma, permitindo que a troponina retorne à sua conformação normal (Fox et al., 1995; Junqueira & Carneiro, 1995; Smith et al., 1997).

O processo de excitação da fibra muscular ocorre na placa motora, sendo facilitado pela acetilcolina, neurotransmissor responsável pela

transformação de um impulso neural em químico. Quando esse impulso chega a placa, a acetilcolina é liberada por vesículas dentro dos axônios terminais que se difundem e prendem-se à receptores específicos. Dentro de aproximadamente cinco milissegundos, depois que a acetilcolina é liberada, ela acaba sendo degradada por uma enzima chamada colinesterase, permitindo a repolarização da membrana. A ligação transmissor-receptor faz com que o sarcolema fique mais permeável ao sódio, resultando em despolarização e geração de um potencial de ação que percorre toda a fibra. Esse sinal de despolarização passa para o retículo sarcoplasmático e resulta na liberação de cálcio, iniciando o ciclo de contração (Smith et al., 1997).

2.6 Tipos de Contrações Musculares

Conforme afirma Lipert (1996), há três tipos de contração muscular: contração isométrica, isotônica e isocinética.

Na contração isométrica o comprimento muscular é constante, não existindo movimento articular, é uma contração estática normalmente usada na manutenção de posturas (Smith et al., 1997).

A contração isotônica é um dos tipos mais familiares de contração e, às vezes, também é denominada de contração dinâmica. Na verdade, o termo “contração dinâmica” é mais preciso, pois isotônica significa literalmente tensão igual ou constante. Em outras palavras, uma contração isotônica é aquela que produz o mesmo grau de tensão durante o encurtamento, ao superar uma resistência constante, porém isso não se aplica aos músculos intactos, porque

a tensão exercida por um músculo ao encurtar-se é influenciada por fatores importantes como: comprimento inicial das fibras musculares, ângulo de tração do músculo sobre o esqueleto ósseo e a velocidade de encurtamento.

Na contração isotônica o músculo se contrai e seu comprimento muda, havendo também mudança no ângulo articular (Lippert, 1996; Smith et al., 1997). Este tipo de contração pode ser dividida em concêntrica e excêntrica, pois em ambos os casos ocorre o movimento. A contração concêntrica, também conhecida como contração de encurtamento ou positiva, ocorre quando o músculo se encurta e ocorre movimento articular quando a tensão aumenta. As contrações concêntricas produzem aceleração de segmentos dos corpos (movimento) (McArdle et al, 1998; Smith et al, 1997). Os músculos se encurtam, enquanto desenvolvem tensão. A ação muscular ocorre com aproximação dos pontos de origem e inserção, com redução do seu comprimento. É característica nas atividades de aceleração ou impulsão e seu trabalho mecânico externo é sempre positivo (Leite, 1990; Monteiro, 1998).

Na contração excêntrica, também conhecida como contração negativa ou de afastamento, a resistência externa ultrapassa a força muscular e o músculo torna-se mais longo quando aumenta a tensão, diminuindo nas outras dimensões, e sofre um alongamento ou estiramento. As contrações excêntricas são geralmente utilizadas para resistir à gravidade (Fox et al., 1995). Segundo Smith (1997), as contrações excêntricas desaceleram (“mecanismo de freio”) segmentos do corpo e fornecem absorção de choque. A atividade muscular excêntrica, caracteriza-se quando o torque de uma articulação excede aquela produzida pela tensão em músculo gerando alongamento. É característica das

atividades de desaceleração ou frenagem e seu trabalho mecânico externo é sempre negativo (Leite, 1990; Lippert, 1996; Fleck & Kraemer, 1999; Foss & Keteyian, 2000).

Smith et al. (1997) explicam que a contração isocinética (do grego *isos*, igual; *knetos*, movendo-se) ocorre quando a velocidade de movimento é constante. A contração isocinética trabalha contra uma resistência que permite o movimento a uma velocidade fixa pré-estabelecida e possibilita ao músculos mobilizar a sua capacidade máxima de gerar tensão durante todo o movimento, enquanto está contraindo. É um tipo de contração menos comum, pois só pode ser utilizada com equipamento especial.

2.7 Potência Funcional do Músculo

2.7.1 Fatores musculares que afetam a potência funcional de um músculo

Segundo Enoka (2000), o movimento é executado pela ativação do sistema motor. O movimento humano, entretanto, é caracterizado não pela ativação do sistema motor, mas pelo controle cuidadoso e preciso da força muscular.

Para Smith (1997, p. 69):

“O movimento intencional é uma característica fundamental do comportamento humano. O movimento é realizado biomecanicamente pela contração de músculos esqueléticos atuando dentro de um

sistema de alavancas e polias formado pelos ossos, tendões e ligamentos. A individualidade de uma pessoa é expressada pelo padrão de contrações musculares que produz as expressões faciais, posturas corporais, desempenho de habilidades motoras delicadas, tais como datilografar ou tocar um instrumento musical, e a realização de atividades motoras grosseiras (Por exemplo, andar e correr)".

Alguns fatores capacitam o corpo humano a controlar a força muscular podendo realizar uma grande variedade de movimentos (Enoka, 2000).

Segundo Smith (1997, p. 76):

"Além dos fatores neurológicos, metodológicos e psicológicos que afetam a força muscular, muitos outros fatores determinam a força muscular ou uma contração voluntária máxima. Estes fatores incluem a arquitetura das fibras musculares, a idade e o sexo do sujeito, o tamanho dos músculos, o comprimento do músculo no momento da contração, a alavancagem do músculo e a velocidade de contração".

Enoka (2000) complementa que esses fatores musculares incluem as propriedades mecânicas do músculo e os efeitos estruturais devidos a diferenças na arquitetura do músculo. Segundo o autor, a mecânica muscular é o estudo das variáveis mecânicas externas (por exemplo: comprimento, velocidade, potência, força), dado o estado contrátil interno (por exemplo: frequência de disparo, disponibilidade do cálcio) do músculo.

2.7.1.1 Arquitetura das fibras

Existe forte correlação entre a área de secção transversa e a força máxima. Quanto maior for a secção cruzada fisiológica de um músculo, maior será a tensão que ele pode produzir. A razão pela qual os grandes músculos são geralmente mais fortes, é que, quanto maiores eles são, maior será a quantidade de filamentos de actina e miosina, e por isso, maior o número de pontes cruzadas que podem ser ativadas para produzir a força muscular durante a contração (Smith et al., 1997).

A secção cruzada de um músculo é averiguada através da porção mais espessa do ventre muscular em ângulo reto com as fibras, estando o músculo entre o alongamento e o encurtamento. A expressão "força muscular absoluta" é usada, algumas vezes, para indicar a tensão máxima que um músculo é capaz de produzir por unidade de secção transversa fisiológica. Geralmente, aceita-se como sendo de 3 a 4 Kg/cm² de secção transversa, Wirhed (1986), cita que um músculo pode desenvolver força máxima de cerca de 50N/cm² por secção transversa. Esta secção transversa é a fisiológica.

2.7.1.2 Idade e Sexo

Os homens são geralmente mais fortes que as mulheres e cada indivíduo ganha força muscular do nascimento à adolescência, apresentando o pico entre 20 e 30 anos, e diminuindo gradualmente com o envelhecimento. Esta força muscular por secção cruzada do músculo é similar entre homens e

mulheres, como também a proporção de fibras de contração rápida e de contração lenta (Smith et al., 1997).

2.7.1.3 O tamanho dos músculos

Segundo Smith et al. (1997), é bem conhecido que os músculos maiores normais são mais fortes do que os menores, e que os músculos podem aumentar ou diminuir em tamanho, com exercício ou inatividade (hipertrofia e atrofia).

2.7.1.4 Curva de tensão passiva

Se a partir do comprimento de repouso (quando um músculo ou fibra muscular não está estimulado e nenhuma força externa age sobre ele), uma fibra muscular não estimulada; é alongada lentamente por uma força exterior, produz-se uma tensão na fibra que cresce, no início bem devagar, e depois rapidamente. Já que a fibra muscular não está estimulada, isto é, os elementos contráteis estão inativos, esta é uma tensão passiva, pela qual o sarcolema, e não os filamentos de actina e miosina, é responsável (Smith et al., 1997).

2.7.1.5 Comprimento do músculo no momento da contração

Quando os músculos tornam-se alongados sobre duas ou mais

articulações simultaneamente, eles podem atingir o estado de insuficiência passiva e não permitir qualquer movimento adicional pelo agonista. Assim, mesmo que o agonista parar de contrair fortemente, o movimento pode estar limitado pelo "alongamento excessivo" do antagonista (Smith, et al., 1997).

Já em uma insuficiência ativa, os pontos de origem e inserção estão muito próximos e a força de tensão contrátil do agonista também pode ser diminuída. Segundo Enoka (2000, p. 91):

"À medida que o comprimento do músculo muda e os filamentos grossos e finos desligam entre si, o número de locais de ligação disponíveis nos filamentos finos para os pontos transversais se altera. Isso leva à observação de que a tensão varia com a quantidade de sobreposição entre os filamentos grossos e finos em um sarcômero".

O resultado final dessa mudança no número de ligações potenciais de pontos transversais (devido à variação no comprimento muscular), é que a força que o músculo pode exercer também vai variar com o comprimento do músculo.

2.7.1.6 Alavancagem do músculo

Mecanicamente, quanto maior a distância perpendicular entre a linha de ação do músculo e o centro articular (distância do braço de força), maior o torque produzido pelo músculo nessa articulação. Este princípio é, às vezes, chamado fator de alavancagem dos músculos. Proeminências ósseas, assim, desempenham um importante papel em fornecer distâncias de braço de força

para os músculos e em aumentar o ângulo de inserção do tendão no osso.

O princípio da alavancagem é uma consideração importante em um músculo cuja distância do braço de força altera-se à medida que o movimento ocorre, porque a sua emissão de torque também varia em diferentes pontos na amplitude de movimento (Smith et al, 1997).

É importante perceber que, embora a tensão muscular possa ser mantida durante um movimento articular, o componente rotatório e o torque irá variar dependendo do ângulo de inserção. Muitas das posições iniciais neutras são posições "fracas", já que a maior parte da força muscular é dirigida ao longo do comprimento do osso. À medida que o segmento move-se por uma amplitude média do movimento articular, o ângulo de inserção geralmente aumenta e direciona mais força muscular para mover o segmento. Conseqüentemente, quando se inicia um movimento de levantamento de peso a partir da posição completamente estendida, menos peso pode ser levantado em comparação com um levantamento iniciado com alguma flexão na articulação (Hamill e Knutzen, 1999).

2.7.1.7 Velocidade de contração

Segundo afirma Hamill & Knutzen (1999, p. 96):

"As fibras musculares encurtam-se em uma velocidade ou rapidez específica ao mesmo tempo que desenvolvem a força usada para mover em segmento ou carga externa. Os músculos criam uma força ativa que se iguala com a carga no encurtamento, e a força ativa

ajusta-se continuamente com a velocidade com que o sistema contrátil se move".

Para as forças musculares concêntricas e isométricas a carga que se espera que o músculo levante é próxima de zero, a velocidade de uma contração concêntrica é a maior de todas. À medida que a carga é aumentada, a velocidade de contração diminui, até que uma carga que não pode ser levantada é atingida. Nesse ponto, a velocidade de encurtamento é zero. Esta é uma contração isométrica máxima ou de velocidade zero (Smith et al., 1997).

À medida que a velocidade de encurtamento do músculo aumenta, a ciclagem de pontes transversais também aumenta, deixando menos pontes transversais ligadas de uma só vez (Hamill & Knutzen, 1999). Segundo Smith et al. (1997, p. 87):

"A diminuição de força contrátil com o aumento na velocidade de encurtamento é explicada com base no número de ligações que podem ser formadas por unidade de tempo entre os filamentos de actina e miosina. A baixa velocidades, o número máximo de pontes cruzadas podem ser formadas. Quanto mais rapidamente os filamentos de actina e miosina desligam em relação ao outro, menor o número de ligações que são formadas entre os filamentos, em uma unidade de tempo, e menor a quantidade de força que é desenvolvida".

Quanto forças musculares excêntricas a relação força-velocidade em uma ação muscular excêntrica é oposta ao que se vê no encurtamento, ou ação muscular concêntrica (Hamill & Knutzen, 1999).

"Contrações de alongamentos submaximais ocorrem a todas as

velocidades possíveis na amplitude de movimento. Entretanto, quando a carga imposta é aumentada além da força que pode ser desenvolvida pela contração isométrica máxima, o músculo não é mais capaz de manter a posição. A carga é abaixada ou desacelerada com uma contração excêntrica máxima” (Smith et al., 1997).

Segundo Hamill & Knutzen (1999, p. 105):

"Se a carga tem 50% ou mais que o isométrico máximo, o músculo se alongará em alta velocidade. A tensão aumenta com a velocidade de alongamento na ação muscular excêntrica porque o músculo está se alongando enquanto se contrai. A curva de força-velocidade excêntrica terminará abruptamente em alguma velocidade de alongamento quando o músculo não puder mais controlar o movimento de carga".

2.7.1.8 Contribuições do componente elástico

Se a ação muscular concêntrica, ou o encurtamento, de um grupo muscular for precedida por uma ação muscular excêntrica, ou pré-alongamento, a ação concêntrica resultante será capaz de gerar maior força. Isso ocorre porque o alongamento no músculo muda suas características, aumentando sua tensão por meio de armazenamento de energia elástica potencial no componente elástico em série do músculo (Hamill e Knutzen, 1999).

Ainda os mesmos autores explicam que, quando um músculo é alongado, ocorre uma pequena mudança no seu comprimento e do tendão,

além de acúmulo máximo de energia armazenada. Então, quando em seguida vem uma ação muscular concêntrica, há um aumento no efeito de recuo que se soma a força produzida pelo complexo músculo tendão. Se uma contração com encurtamento do músculo ocorre dentro de um tempo razoável após o alongamento (0,0 a 0,9s), a energia armazenada é recuperada e usada. Se o alongamento é mantido por muito tempo antes de ocorrer o encurtamento, a energia elástica armazenada é perdida e convertida em calor.

2.7.2 Fatores neurológicos que afetam a potência funcional de um músculo

A aplicação correta da força nos movimentos aprendidos relativamente complexos, tais como: saque no jogo de tênis, arremesso de peso e balanceio de golfe, depende de uma série de padrões neuromusculares coordenados e não apenas da força dos grupos musculares recrutados para a realização dessa atividade. Esses movimentos são regulados por mecanismos de controle neural unidos por vias existentes no sistema nervoso. O controle neural é devidamente organizado, orientado e transmitido com uma alta velocidade aos órgãos efetores, que são os músculos esqueléticos (McArdle, 1998).

2.7.2.1 A unidade funcional do movimento e a unidade motora

A maioria das unidades motoras podem ser classificadas com base nas propriedades fisiológicas e mecânicas das fibras musculares que inervam:

características de contração (força e velocidade de encurtamento), características de tensão. Quanto as características de contração as unidades motoras com baixa capacidade de força apresentam tempos de encurtamento lento mas são resistentes à fadiga. As unidades motoras com uma capacidade mais alta de força evidenciava um encurtamento mais rápido, mas são mais propensas à fadiga. Os três tipos são: tipo I - contração lenta, tensão baixa, resistente à fadiga inervadas por motoneurônios menores com baixas velocidades de condução; tipo IIa - contração rápida, força grande, fadiga rápida inervadas por motoneurônios grandes com velocidades mais altas de condução (normalmente contém entre 300 e 500 fibras musculares); e tipo IIb - contração rápida, força grande, fadiga rápida, inervadas por motoneurônios grandes com altas velocidades de condução (normalmente contém entre 300 e 500 fibras musculares) (McArdle, 1998).

Quanto as características de tensão pela ativação da unidade motora se o estímulo é suficientemente forte para desencadear um potencial de ação no motoneurônio, todas as fibras musculares que compõem a unidade motora são estimuladas a se contrair sincronicamente. Depois que o neurônio é "acionado" e o impulso alcança as junções neuromusculares, todas as fibras musculares da unidade motora agem ao mesmo tempo (Lei do "Tudo-ou-Nada") (McArdle, 1998). A força de contração máxima é modificada de ligeira e máxima de duas maneiras: aumenta o número de unidades motoras para a atividade e/ou aumenta sua frequência de descarga. Pela combinação do recrutamento das unidades motoras e o ritmo do seu acionamento, padrões ideais de descarga neural permitirão uma ampla variedade de contrações

musculares de intensidade controlada (cirurgia X arremesso) (McArdle, 1998; Smith et al., 1997).

2.7.2.2 Recrutamento ordenado das unidades motoras

Para Enoka (2000), o desempenho de um movimento particular sempre parecia ser conseguido pela ativação de unidades motoras numa seqüência estabelecida. Essa organização da ativação de unidades motoras é chamada de "recrutamento ordenado". À medida em que a força aumenta, unidades motoras adicionais são ativadas, e uma vez ativada, permanece até a força declinar. À medida em que a força é reduzida, unidades motoras são seqüencialmente desativadas, em ordem reversa ao recrutamento. McArdle (1998), cita que são ativadas poucas unidades motoras para as contrações musculares que produzem pouca força, enquanto uma força mais alta recruta progressivamente mais unidades motoras. A força gerada será considerável se forem ativadas todas as unidades motoras do músculo. Além disso, se estímulos repetitivos alcançam um músculo antes de o mesmo ter se relaxado, haverá um aumento adicional na tensão total produzida. Pela combinação desses dois fatores, o recrutamento das unidades motoras e o ritmo do seu acionamento, padrões ideais de descarga neural permitirão uma ampla variedade de contrações musculares de intensidade controlada - desde que o toque delicado necessário na cirurgia ocular até o esforço máximo para arremessar uma bola de beisebol (McArdle, 1998; Smith et al., 1997).

O controle diferencial do padrão de ativação das unidades motoras

constitui o principal fator que distingue o desempenho com ou sem perícia e os grupos atléticos específicos (Enoka, 2000). À medida que a força muscular aumenta, são recrutados motoneurônios com axônios progressivamente maiores. Essa função é conhecido como o princípio do tamanho, que proporciona uma base anatômica para o recrutamento ordenado de unidades motoras específicas, a fim de produzir uma contração muscular uniforme (McArdle, 1998). Segundo o autor (2000, p. 167) "como a ordem de recrutamento é fixa, o aumento gradual nas demandas de força de uma tarefa envolve o recrutamento progressivo de unidades motoras maiores".

Com base no princípio do tamanho, a unidade com o menor motoneurônio é ativado e a unidade com o maior motoneurônio é ativado depois. O autor destaca que a vantagem do recrutamento ordenado é que quando um músculo recebe o comando para exercer uma força, a seqüência de recrutamento de unidades motoras é predeterminada e não tem de ser especificada pelo cérebro. Conseqüentemente, o comando gerado pelo cérebro não precisa incluir informações sobre quais unidades motoras deverão ser ativadas; o recrutamento ordenado alivia o cérebro da necessidade de ocupar-se com esses detalhes na realização do movimento. Entretanto, como a ordem do recrutamento é pré-determinado amplamente pelos mecanismos espinhais, não é possível ativar seletivamente unidades motoras em nenhuma ordem diferente.

2.7.2.3 Freqüência de disparo

A força exercida pelo músculo é devido, em parte, às combinações variáveis do número de unidades motoras ativas, e à freqüência em que estas unidades disparam o potencial de ação. Se o recrutamento de unidades motoras se completa com 50% da força máxima, os aumentos subseqüentes são devidos às variações na freqüência de disparo. Se continua até 85%, somente os 15% finais são devidos às variações de disparo (Enoka, 2000).

2.7.2.4 Padrão de disparo

A força exercida por um músculo depende, não somente do recrutamento de unidades motoras e da freqüência em que os potenciais de ação são disparados, mas também do padrão da atividade do potencial de ação. Para Enoka (2000) o padrão de disparo refere-se à relação no tempo entre um potencial de ação e outros potenciais de ação gerados pela mesma ou por outras unidades motoras. Há ao menos três efeitos proeminentes do padrão de disparo: estratégia muscular, disparo duplo e sincronia das unidades motoras. A estratégia muscular refere-se as mudanças ao disparo das unidades motoras que ocorre durante a fadiga (processo adaptativo que é controlado pelo músculo). O duplo disparo refere-se ao disparo de dois potenciais de ação por uma única unidade motora em cerca de 10ms (normalmente o intervalo é entre 30 e 140ms entre potenciais de ação consecutivos). O disparo duplo leva a um aumento na força exercida pela

unidade motora (interposições do trem de estímulos). A sincronia das unidades motoras refere-se a relação entre as unidades motoras localizadas no mesmo músculo e em músculos sinergistas (Enoka, 2000).

2.8 Avaliação da Força Muscular

2.8.1 Avaliação clínica

A medida perimétrica constitui uma abordagem clínica clássica. A mensuração vem sendo usada há muito tempo para registrar graficamente a progressão durante o processo de reabilitação (Andrews et al., 1990). Efetuada bilateralmente a um nível idêntico em relação a um sinal ósseo ela permite, entretanto, uma apreciação grosseira do volume muscular pois reflete não somente a musculatura agonista e antagonista mas igualmente os tecidos cutâneos, adiposos e os elementos ósseos.

O uso de uma fita métrica flexível para medir a circunferência constitui provavelmente o método clínico mais comum para registrar a massa e a tumefação dos músculos (Andrews et al., 1990). Na realização de exames sucessivos, dificuldades como a região de medida dificilmente reproduzível, a tensão variável de fita métrica, a presença de um edema ou de um calo hipertrófico levam a erros na avaliação. Segundo Andrews et al. (1990) a maior parte da variabilidade em obter as mensurações da circunferência resulta do uso de diferentes pontos de referência anatômicos, de tensão aplicada na fita pelo terapeuta, e de estar o músculo contraído ou não. Para o autor são feitas

as seguintes recomendações para aprimorar a confiabilidade durante as avaliações da circunferências: tentar exercer o mesmo grau de tensão sobre a fita métrica com cada mensuração; todos os terapeutas devem usar os mesmos pontos de referenciais anatômicos ao determinarem o local das mensurações da circunferência; se possível, fazer a mensuração da circunferência com o músculo contraído.

2.8.2 Avaliação manual

Cipriano (1999) cita que a avaliação manual é útil para avaliar estruturas musculotendinosas e neurológicas. O autor apresenta uma graduação adotada pela Academia Americana de Ortopedistas onde os testes são graduados em uma escala de cinco a zero.

Quadro 1 - Graduação do Teste de Força Manual

05	Amplitude completa de movimento contra a gravidade com resistência completa.
04	Amplitude completa de movimento contra a gravidade com alguma resistência
03	Amplitude completa de movimento contra a gravidade
02	Amplitude completa de movimento com a gravidade eliminada (movimento no plano horizontal).
01	Evidência de leve contratibilidade
00	Nenhuma evidência de contratibilidade

Fonte: CIPRIANO (1999)

Segundo Croisier (1996) a avaliação pode ser precisada, para cada estágio, por sinais positivos ou negativos. Uma posição adequada do paciente

é indispensável para assegurar uma avaliação analítica, segundo a intervenção ou não da gravidade.

Ghorayeb & Barros Neto (1999) citam que a avaliação manual foi extensivamente estudada e padronizada do ponto de vista semiológico. “É um poderoso instrumento para o clínico, tendo porém menor objetividade e dificultando uma avaliação adequada do que se convencionou classificar como graus quatro e cinco de força muscular.”

Croisier (1996), ainda cita que este método apresenta várias vantagens em relação à simples medida perimétrica pois ele dissocia a ação dos grupos musculares agonistas e antagonistas, explora vários tipos de contrações (isométrica, concêntrica, excêntrica), assim como percursos angulares variáveis.

2.8.3 Avaliação isométrica

Ghorayeb & Barros Neto (1999) citam que a avaliação isométrica é um método barato que permite avaliar a maioria dos grupos musculares. Os testes isométricos são denominados com frequência testes estáticos (Foss & Kateyian, 2000). A contração isométrica não modifica o comprimento do músculo, a resistência externa estando igual mas de sentido oposto à tensão desenvolvida pelo grupo muscular. A força se mede ao curso de um esforço voluntário e os testes isométricos realizam em diferentes posições angulares sucessivas, a fim de explorar várias zonas de relação comprimento-tensão do músculo.

Walace (*apud* Monteiro, 1998) cita que a medida da força estática refere-se à geração de tensão muscular contra uma resistência, sem contudo vencê-la ou ser vencida por ela. Como exemplos de testes estáticos temos aqueles que utilizam um tensiômetro tipo cabo ou transdutor de força eletrônica (calibrador de tensão), acoplado em série com um sistema de ligação imóvel. A força máxima é medida nos ângulos articulares que se aproximam do ângulo mais favorável para determinado grupo muscular e articulação (Foss & Keteyian, 2000).

Dinamômetros convencionais são utilizados com o propósito de medir a força estática. Os equipamentos mais conhecidos em nosso meio são os de preensão manual e de tração lombar. De forma resumida, pode-se dizer que os dinamômetros envolvem um dispositivo que funciona ao se tracionar um sistema de molas acoplada a um ponteiro, que indica o nível de força produzida por determinado grupamento muscular Wallace (*apud* Monteiro, 1998). Ambos os dispositivos operam no princípio da compressão (McArdle, et al., 1998).

Molinari (2000) cita que o objetivo do teste de dinamometria dorsal e dos membros inferiores (tração lombar) é medir a força lombar e a força dos membros inferiores. O dinamômetro possui, geralmente, uma escala graduada em quilos que mede de 0 a 1.120 Kg. O instrumento é preso a uma plataforma, por uma corrente atada a uma barra, onde a pessoa avaliada segura com as mãos para exercer a força. Os membros inferiores devem estar em posição semiflexionada para o início do teste.

Normalmente executam-se duas tentativas computando-se o melhor resultado obtido pela força máxima exercida pela pessoa avaliada lida no

aparelho. O mesmo autor ainda ressalta que o objetivo do teste de preensão da mão é medir a força da mão. O aparelho é ajustado de acordo com o tipo de mão. Utiliza-se a mão dominante da pessoa avaliada, que deverá permanecer ao longo do corpo e com o braço estendido para a realização do teste. O dinamômetro possui uma escala que varia de 0 a 100 Kg. A monitorização da força de preensão da mão pode ser utilizada no diagnóstico e prognóstico de lesões cervicais. Para um indivíduo normal, existe uma correlação alta entre a força muscular das mãos e de outros vinte e dois grupamentos musculares do corpo. Molinari (2000), ainda lembra que, como não há unidade de tempo envolvida, este teste é mais para se medir força do que potência.

2.8.4 Avaliação isotônica

A força isotônica pode ser avaliada através de halteres e de vários dispositivos comerciais (Ghorayeb & Barros Neto, 1999). Wallace (*apud* Monteiro, 1998) cita que a avaliação é geralmente realizada por intermédio de aparatos como pesos livres e máquinas de treinamento contra resistência. Independente do material ou do equipamento utilizado, é importante que o mesmo possua amplas variações de carga para se obter maior sensibilidade nos resultados. Segundo Croisier (1996), duas provas definem classicamente a força isotônica:

- 1 RM: corresponde à carga mais elevada (dita máxima) que a pessoa pode, numa só vez, mobilizar dentro da amplitude total de movimento. A definição desta resistência máxima é efetuada por tentativas progressivas

(separadas por uma recuperação idealmente superior a um minuto), a partir de uma carga inicial arbitrária relativamente fraca.

- 10 RM: corresponde à carga mais elevada que a pessoa pode realizar em 10 vezes dentro da amplitude completa do movimento. A 10 RM representa aproximadamente 2/3 a 4/5 da 1 RM.

Em virtude de sua simplicidade e controle dos desvios da posição corporal, o teste de 1 RM com o levantamento de pesos com o indivíduo deitado em um banco (*Bench press*) utilizando pesos livres ou de máquinas, é um teste popular de força isotônica (Foss & Keteyian, 2000). Para testar 1 RM de determinado grupo muscular, é escolhido um peso inicial apropriado próximo, porém abaixo, da capacidade máxima de levantamento do indivíduo. Se foi completa uma repetição, acrescenta-se mais peso ao dispositivo do exercício, até se alcançar a capacidade máxima de levantamento. (McArdle, et al., 1998). No teste de 1 RM para se detectar a maior carga a ser alcançada, utiliza-se o método de ensaio e erro. Com o propósito de se prevenir possíveis lesões, é interessante iniciar o teste com cargas leves, posteriormente aumentando-se até a obtenção do valor máximo.

Como o teste pode ser composto por várias tentativas até que seja detectada a carga mais elevada para 1 RM, é necessário adotar intervalos entre cada estímulo. Este procedimento objetiva restaurar as reservas de ATP-CP no músculo. O tempo de intervalo entre cada tentativa deve ser de 2 a 3 minutos para que ocorra uma adequada ressíntese de fosfogênio; mas nem todas as atividades que envolvem a força máxima aplicada por curtos períodos necessitam deste tempo de recuperação para serem repetidas (Wallace, 1996).

Levando-se em conta que pode ser indesejável ou pouco prático realizar uma mensuração real de 1 RM com certas populações, tais como os pré-adolescentes, os idosos, os hipertensos ou os pacientes cardíacos, a 1 RM pode ser estimada com esforço submáximo utilizando equações de correção. As equações são fornecidas, tanto por indivíduos treinados quanto destreinados, pois o treinamento de resistência altera a reação entre um desempenho submáximo (7 a 10 RM) e um desempenho máximo (1 RM) em geral, o peso que pode ser levantado para um valor de 7 a 10 RM, representa cerca de 68% do escore de 1 RM para pessoas destreinadas e aproximadamente 79% do novo escore de 1 RM após o treinamento (McArdle, et al., 1998).

Walace (*apud* Monteiro, 1998) explica que o movimento do teste isotônico, apesar de lento, é realizado em velocidade máxima para aquela resistência. Devido aos altos graus de tensão, as pontes transversas de actina e miosina demandam níveis energéticos também altos para a fixação dos sítios ativos, "impossibilitando" o suprimento adicional de energia para geração de velocidade. Além disso Foss & Kateyian (2000) citam que em uma contração isotônica, a velocidade do movimento não é controlada, sendo relativamente lenta, o que constitui uma limitação pois torna-se cada vez mais evidente que a potência muscular (tanto força quanto velocidade de contração), representa um dos principais fatores de sucesso em muitas provas atléticas.

Segundo Croisier (1996), o método isotônico assimila a força desenvolvida pela pessoa à carga que ela pode deslocar. Entretanto, no começo do esforço, numa posição biomecânica freqüentemente desfavorável,

a força desenvolvida pelo paciente ultrapassa o valor do peso a ser mobilizado, levando a uma aceleração inicial. No final do movimento, em razão da inércia, esta força pode tornar-se inferior ao valor da carga resistiva.

2.8.5 Avaliação isocinética

Outra forma de avaliação da força muscular é o exercício isocinético. Na contração isocinética (do grego “*isos*” - igual; “*kinetos*” - movendo-se), a velocidade de movimento é constante (Smith et al., 1997). Thistle (1993) cita que o conceito de exercício isocinético tem sido desenvolvido e introduzido na literatura científica desde 1967, por Hislop & Perrine. Segundo Hamill & Knutzen (1999), esse exercício precisa ser feito em um dinamômetro isocinético que permita o isolamento da membro, estabilização dos segmentos adjacentes, e ajuste da velocidade do movimento que tipicamente varia de 0 a 600 graus por segundo. Hislop & Perrine (*apud* Smith, 1997 p. 150) consideram que durante o exercício isocinético “a resistência acomoda a força externa à alavanca esquelética de tal modo que o músculo mantém força máxima através de toda a amplitude de movimento”.

Enoka (2000) explica que na verdade a contração isocinética representa uma condição dinâmica (porque o tamanho do músculo se altera), em que o quociente de torque muscular para o torque de carga é igual a um. Ainda segundo o mesmo autor, nem a força muscular, nem a resistência imposta pelo aparelho é igual no início ou no fim da contração isocinética, pois se fossem o movimento nunca começaria ou pararia, porque para isso seria

necessário uma aceleração diferente de zero. À medida que o indivíduo tenta gerar tensão máxima na velocidade específica de contração, a tensão irá variar devido à mudança na alavancagem e inserções musculares pela amplitude de movimento (Hamill & Knutzen, 1999).

Conforme Smith et al.(1997, p. 150): “um dispositivo eletromecânico, que limita a velocidade de movimento de um braço de manivela ou uma polia, à uma velocidade pré-estabelecida, independente da força exercida pelos músculos que estão se contraindo, foi desenvolvido nos últimos anos”.

Boileau & Noury (1998) relatam que os materiais isocinéticos foram profundamente evoluídos depois das primeiras aplicações realizadas por Hislop & Perrine (1999), e, motivados pela NASA, as indicações de utilização dessa técnica se multiplicaram e evoluíram: primeiro para os grupos musculares das articulações periféricas tais como o joelho, o tornozelo, o polegar, o cotovelo, o ombro, o quadril; sobre a coluna vertebral dorso-lombar, depois cervical; no contexto osteoarticular pós traumático, pós operatório ou em patologias degenerativas; em modo concêntrico depois em excêntrico; em velocidade linear ou angular; sobre a espasticidade; e recentemente junto com a eletromiografia de superfície.

Segundo Enoka (2000, p. 293):

“Os aparelhos para exercícios nos quais a carga é controlada por sistema de engrenagem ou fricção (e. g., Cybex, Biodex), por cilindros hidráulicos (e. g., Kinkom, Lido, Omnitron), ou por sistemas pneumáticos (e. g., Keiser), proporcionam uma resistência com acomodação, que pode gerar uma carga com módulos igual mas

sentido oposto à força exercida pelo indivíduo. Por consequência dos sistemas de engrenagem e alguns dispositivos hidráulicos é que a velocidade angular do segmento do corpo deslocado se torna constante.”

Apesar de se poder manter a velocidade angular constante, deve-se ressaltar que a velocidade de encurtamento muscular não é constante. O exercício isocinético então, promove um tipo de ação muscular que acompanha um movimento angular constante em uma articulação. Assim que o membro atinge a velocidade angular predeterminada, a resistência no mecanismo iguala-se automaticamente à força exercida para manter constante essa velocidade, o que permite a sobrecarga de um músculo em 100% de sua capacidade máxima em toda a ADM (Shinzato & Batistella (*apud* Monteiro, 1998); Dvir, 1995).

Os mecanismos de isocinéticos podem ser classificados em passivos e ativos. Os sistemas passivos utilizam frenagem hidráulica, mecânica, elétrica ou magnética, e permitem a realização do exercício isocinético concêntrico. Os sistemas ativos possuem um servo motor hidráulico ou eletromecânico que acrescenta a possibilidade de realização de exercícios excêntricos e da movimentação passiva contínua (útil nos pós-operatórios).

A gama de velocidades do exercício isocinético permite avaliações mais funcionais, porém ainda não se aproxima das velocidade de atividade corriqueiras, tais como correr e atividades esportivas específicas. Alguns sistemas permitem a atividade em cadeia cinética fechada simulando um *leg-press* e permitindo a atuação de vários grupos musculares ao mesmo tempo

(Shinzato & Batistella (*apud* Monteiro, 1998); Dvir, 1995).

Segundo Andrews et al. (2000, p.180):

“O exercício isocinético contém três componentes principais: aceleração, desaceleração e a variação de carga. A aceleração é a porção da amplitude de movimento na qual o membro do atleta está acelerando para “alcançar” a velocidade angular pré-estabelecida; a desaceleração é a porção da amplitude de movimento na qual o membro do atleta está reduzindo a velocidade antes do encerramento dessa repetição; e a variação da carga é a porção real da amplitude de movimento na qual a velocidade angular pré-estabelecida é alcançada pelo atleta, que passa a receber uma carga isocinética verdadeira.”

Hamill & Knutzen (1999), lembram que a velocidade do aparelho influi significativamente nos resultados, de modo que os testes precisam ser conduzidos em diversas velocidades, ou em uma velocidade próxima do que será usada na atividade.

Estes sistemas foram progressivamente melhorados do ponto de vista da confiabilidade dos dados e da facilidade operacional, permitindo também o registro e o estudo de outras variáveis do desempenho muscular, como o trabalho, a potência, a velocidade, a resistência e a fadiga (Shinzato & Batistella (*apud* Monteiro, 1998); Dvir, 1995).

2.8.5.1 Indicações da avaliação isocinética

Segundo Voisin & Vanvelcenaher (1998, p. 10):

“Nas patologias, a avaliação isocinética serve de prova da verdade (sinal verde) tornando logo possível colocar em andamento a reeducação. O protocolo de treinamento será, na maior parte do tempo, adaptado e construído à partir dos resultados dos testes (noção de assimetria, intolerância à certas velocidades, dor em certos setores, etc.). Fora de qualquer patologia, o trabalho através do equilíbrio isocinético em uma situação provável (desequilíbrio muscular, assimetria) contribui o enriquecimento do dossier médico do estado do componente muscular. Testar essa musculatura quando ela é sã, permite justificar ações preventivas.”

2.8.5.2 Contra-indicações da avaliação isocinética

As principais contra-indicações da avaliação isocinética são: uma consolidação incompleta óssea, um estado agudo de patologias das partes moles (cicatrização deve ser obtida antes de solicitar a avaliação máxima do tecido lesado), uma dor (se ela é presente quais são as velocidades? É maior antes ou depois da avaliação? É em função do modo de contração?), sinais inflamatórios ou um estado geral fraco (estado cardio vascular, gravidez). A redução importante da amplitude articular deixa a avaliação muito criticada e mecanicamente pouco confortável (Voisin & Vanvelcenaher, 1998).

2.9 Dados Isocinéticos

Os dinamômetros isocinéticos trabalham com uma grande quantidade de medições e variáveis, mas as de maior importância são:

- Pico de torque, que é medido de acordo com as mudanças devido às forças de alavanca biomecânicas e da relação comprimento-tensão muscular que ocorre através de toda amplitude de movimento. O pico de torque é um indicativo da máxima capacidade de tensão muscular. O torque é uma força aplicada no eixo da rotação, ou seja, uma medição instantânea realizada em cada meio grau de toda amplitude de movimento. A fórmula do torque é:

$$\text{TORQUE (N . m)} = \text{FORÇA (N)} \times \text{DISTÂNCIA (m)}.$$

A distância indica a distância perpendicular aplicada pela força ao centro da rotação. Como o dinamômetro isocinético mede o torque diretamente no seu centro de rotação, os componentes força e distância não são avaliados. O torque gerado está relacionado aos níveis de tensão músculo-tendinosos, forças de contato articulares e, em alguns casos, forças de translação articulares. O torque diminui com o aumento das velocidades angulares, por isso, deve ser mensurado em baixas velocidades por seu valor ser maior (ex: 60% / seg) (Croisier, 1996; *Cybex Norm – User's Guide*, 1996; Perrin, 1993).

- Trabalho total, que indica o trabalho total em joules (J), realizado pelo paciente na melhor repetição de trabalho (BWR - *Best Work Repetition*), ou seja, na curva que apresentar a maior área calculada pelo próprio computador. O trabalho é a área encontrada dentro da linha de torque. Ele descreve como o paciente produz torque através de toda amplitude de movimento. É medido em velocidades médias (ex: 120% / seg) Este valor é dependente da capacidade energética muscular do paciente na velocidade do teste, ou seja, das reservas de energia anaeróbica avaliadas e a tolerância do pH no trabalho muscular (*Cybex Norm – User's Guide*, 1996). Perrin (1993) cita que pode ser feita uma correlação clínica entre o peak torque e o trabalho total ("*Total work*") e que as vezes duas curvas podem ter o mesmo peak torque mas com um trabalho total diferente.

- Energia Média (potência), onde o cálculo é uma expressão de trabalho por unidade de tempo e é um indicador preciso da atual situação de

trabalho do sujeito quando medido em altas velocidades (ex: 300% / seg). O sistema divide a quantidade de trabalho realizado na melhor repetição (BWR) pelo tempo total gasto nesta contração. Isto é computado separadamente para cada direção de movimento. A unidade utilizada é o watt (W). Utilizando esta medição, nós podemos encontrar a intensidade individual máxima de velocidade de exercício para cada agrupamento muscular testado, o que muitos pesquisadores e cientistas chamam de "velocidade de pico de energia" (*Cybex Norm – User's Guide, 1996*).

- Torque em relação ao peso corporal, que é adequado para comparações clínicas entre indivíduos em um grupo e para avaliar a relação entre a função de uma musculatura de sustentação e a sua carga. Permite a comparação com dados normativos (*Cybex Norm – User's Guide, 1996*).

- ADM (Amplitude de Movimento), que é registrada em graus (*Cybex Norm – User's Guide, 1996*).

- Variância Média entre os pontos das curvas de torque registradas nas diversas repetições. Permite avaliar se o paciente realizou consistentemente o esforço voluntário máximo e se o teste foi efetivo, ou mesmo se há simulação de incapacidade (*Cybex Norm – User's Guide, 1996*).

- Índice de resistência e recuperação, onde um teste de resistência, com 6 a 60 repetições de um determinado movimento, o computador registra o trabalho total desenvolvido na metade inicial e na final do teste, calculando um índice de resistência. Quando o índice é elevado indica que houve pequena queda do trabalho muscular ao longo do trabalho prolongado.

São testes que envolvem metabolismo predominantemente anaeróbicos devido ao pequeno tempo necessário a execução do teste. Quando se repete o teste de resistência após um breve intervalo de repouso, pode ser determinado um índice de recuperação, ou de reprodução do trabalho no segundo conjunto de resistência. Este índice indica a capacidade de restaurar as fontes energéticas e processar os metabólitos após trabalho muscular intenso (*Cybex Norm – User's Guide*, 1996).

Comparações bilaterais são a chave para determinar se o paciente tem ou não fraquezas ou um desequilíbrio significativo. É importante entender o modo no qual são calculados os déficits. Embora expressos como uma porcentagem dentro do relatório, déficits são diferentes de proporções, também expressas em porcentagens, usadas para avaliar grupos de músculos opostos. Déficits sempre comparam o mesmo grupo de músculos de lados opostos. O valor para o lado envolvido é dividido pelo valor para o lado não envolvido. O resultado é convertido em porcentagem e subtraído de 100%. Calculando déficits, o valor para o lado não envolvido é considerado 100%. Um déficit de 60% indica que o lado envolvido tem menos que a metade (só 40%) da capacidade do lado não envolvido. Alguns déficits podem ser negativos porque em algumas condições específicas, o lado envolvido pode ser superior ao lado não envolvido. Isto poderia ser o resultado da reabilitação específica prévia ou treinamento, ou ser o efeito de certos mecanismos compensatórios. Proporções de grupos de músculos opostos são calculados dividindo a pontuação de grupo de músculos normalmente mais fraco pela pontuação de

grupo de músculos normalmente mais forte e multiplicando o resultado por 100 para obter uma porcentagem (*Cybex Norm – User's Guide*, 1996).

2.10 Desequilíbrio entre Grupos Antagonistas

Nos esportistas, a supercompensação e o supertreinamento são dois estados que devem respectivamente estudar e prevenir com todas as dificuldades inerentes à sua gestão. De um ponto de vista muscular, o esporte treina em função das disciplinas, um certo número de adaptações de natureza metabólica e mecânica. As vezes, o desenvolvimento dessas capacidades musculares podem se efetuar de maneira desharmoniosa, entre os lados dominantes e contralateral, grupos agonistas e antagonistas, e favorecer assim o aparecimento de traumatismos (Bernard & Prou, 1999).

Bernard & Codine (1999) citam que os desequilíbrios musculares aparecem frequentemente nos esportistas. A análise do gesto esportivo explica a prevalência de um ou de um grupo muscular, na assimetria existente entre o lado dominante e o lado oposto. Croisier et al., 1998, cita que o esporte de alto nível faz com que a repetição de um gesto estereotipado e a especificidade do treinamento ocasionam modificações freqüentes da força muscular. Ele explica ainda que as adaptações concernem regularmente os músculos agonistas pela atividade condicionada ao nível da performance, tanto que seus antagonistas, não solicitados, ficam poucos desenvolvidos.

2.11 Relação do Torque dos Isquiotibiais e do Quadríceps

A baixas velocidades de movimento (abaixo de 30(/seg.), os valores de torques máximos são semelhantes aos obtidos em condições isométricas. Os torques máximos diminuem com a velocidades das contrações musculares excêntricas a velocidades de 30° à 360° (por segundo). A contração muscular excêntrica produz torques máximos que são mais altos do que os torques isométricos máximos e torques que não se alteram com a velocidade de movimento (Smith et al., 1997).

Conforme os autores, quando os torques do quadríceps e dos posteriores são corrigidos quanto ao efeito da gravidade sobre o peso da perna e o braço do dinamômetro, o ângulo ao qual a força máxima ocorre, permanece constante em torno dos 50 à 60° de movimento. Essas correções da gravidade na flexão e extensão isocinética de joelho na posição sentada exigem a medição e acréscimo do torque do peso da perna e do braço do dinamômetro ao torque registrado do quadríceps e a subtração deste torque daquele produzido pelos músculos posteriores da coxa. Muito pouco torque é requerido do quadríceps ao ficar de pé ereto.

Funcionalmente, a necessidade de grande torque na posição joelho estendido-quadril flexionando ocorre em um movimento de cadeia fechada, quando os músculos posteriores da coxa são o principal grupo muscular usado para elevar e baixar o peso do tronco e braços quando uma pessoa está se arqueando para tocar no solo ou inclinando-se para frente na posição sentada (Smith et al., 1997). A autor explica que os torques máximos dos músculos

quadríceps são maiores que os dos flexores do joelho. Isto não é inesperado, porque os extensores do joelho tem mais que o dobro da área de secção transversal dos flexores do joelho, e os extensores do joelho tem uma distância mais longa de braço de força do que os flexores. O desequilíbrio de forças entre estes grupos musculares foi sugerido como base de lesões, tais como, distensões dos posteriores da coxa. Os valores normativos das razões dos posteriores da coxa/quadríceps (torque máximo dos posteriores da coxa dividindo pelo torque máximo do quadríceps) são 0,60 a 0,69 a 60°/s aumentando para 0,85 a 0,95 a 300°/s não corrigidos quanto a gravidade, a razão é mais baixa (isto é, 0,45 a 0,55) e não muda com a velocidade.

Segundo Bernard & Codine (1999, p. 177):

“Para a proporção I/Q medidas em concêntrica, os valores são influenciados pela velocidade do teste e variam de 0,5 à 0,6 à 30-60°/s até 0,8 à 300°/s e 1,0 à 450°/s. Em condições excêntrica, a proporção fica próxima dos valores observados em concêntrica e varia então globalmente entre 0,6 e 0,7. A relação excêntrico/concêntrico oferece informações complementares e permite de controlar se a superioridade do modo excêntrico é efetivo, se a prática esportiva treina uma adaptação específica ou se as limitações aplicadas revelam uma insuficiência ou uma lesão mascarada. Nos sedentários, a relação Q.exc/Q.conc varia de 1,30 à 30°/s à 1,70 à 180°/s. Em esportistas, esses valores extremamente variáveis em função da atividade praticada e do protocolo já que eles vão de 1,05 (30°/s) e 1,35 (180°/s) em *sprinteurs* à valores superiores a 2 para dançarinos testados por

Westblad et al ou jogadores de *rugby* testados por Denot-Ledunois e Fossier. Em fim, alguns estudos escolheram uma proporção mista do tipo I.exc/Q.conc para o joelho”.

2.12 Reforço Muscular Isocinético

Junto com o repouso e a fisioterapia, classicamente descritos, são desenvolvidos programas de reforço muscular, visando reequilibrar a "balança" muscular perturbada e/ou aumentar seletivamente a força de um grupo deficiente segundo uma modalidade precisa de contração, concêntrica ou mais freqüente excêntrica, se o déficit está especificamente sob este modo de contração (Codine, 1999). Mazas et al.(1998), cita que a introdução do reforço muscular no modo isocinético traz um benefício aos pacientes e ressalta que deveriam ser realizados trabalhos mais aprofundados para confirmar ou não o seu interesse.

Para o joelho, Heiser (*apud* Procholle & Codine, 1999, p.171) por um estudo longitudinal mostrou que a execução regular de treinamentos isocinéticos permitem uma redução das recidivas de lesões musculares dos isquiotibiais. Em sujeitos acometidos de uma lesão unilateral dos isquiotibiais são achados freqüentemente desequilíbrios musculares musculares do lado acometido e do lado são. Parece então lógico reharmonizar o equilíbrio dos dois lados, com enfoque curativo de um lado e preventivo do outro (Procholle & Codine, 1999).

No trabalho de prevenção das lesões devido ao esporte, o modo

isocinético excêntrico é cada vez mais utilizado pois ele prepara os grupos musculares ao tipo de trabalho ao qual eles são submetidos. Uma solicitação excêntrica específica dos antagonistas tais como os isquiotibiais permitiriam uma preparação ótima do grupo muscular e da junção miotendinosa ao seu modo de ação. Paralelamente, um certo número de autores insistem sobre a necessidade de um trabalho de manter as amplitudes e a elasticidade músculo-tendinosas. Muito freqüente, na prática esportiva, as qualidades de força e de potência não ganham a flexibilidade. Se o desequilíbrio pode ser uma das razões da frequência de lesões, nos parece que um trabalho preciso e longitudinal permitiriam definir as relações entre qualidades contráteis, mobilidade articular e lesões músculo-tendinosas. À velocidades baixas, entre 30 e 120°/s, o isocinetismo excêntrico permite um trabalho de estiramento ativo do músculo. Em certos esportistas tais como jogadores de futebol que sofrem de hipertonicidade dos isquiotibiais, esse modo de trabalho permite recuperar uma flexibilidade que condiciona um trabalho fisiológico. A importância da flexibilidade é a capacidade do músculo trabalhar em um pré-estiramento antes de sua contração e na sua capacidade de tolerar as inversões de modo de ação (concêntrico-excêntrico) rápido como é o caso durante a prática esportiva.

À questão, o reforço muscular isocinético pode prevenir os acidentes tendíneos-musculares do esportistas, nós somos tendenciados a responder que sim, mas... Sim, graças à precisão dos parâmetros mensurados e a variedade dos modos de trabalho que oferece o isocinetismo. Depois de ter definido um protocolo de avaliação adaptado ao sujeito, selecionado os parâmetros que tem um senso no trabalho de prevenção, o reforço muscular

isocinético constitui um instrumento da prevenção. Numerosos estudos estão se dirigindo para identificar a pertinência dos modos de trabalho e de parâmetros preventivos tais como a relação agonista/antagonista. Graças aos estudos longitudinais, as relações existentes entre o desenvolvimento das qualidades contráteis, a evolução da mobilidade articular e a frequência das lesões facilitarão a prevenção das lesões tendíneo-musculares (Bernard & Codine, 1999).

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da Pesquisa

3.1.1 Natureza

Aplicada, gera conhecimentos para a aplicação prática do isocinético dirigidos a pacientes com lesão ou com propensão à lesão muscular.

3.1.2 Abordagem do problema

Quantitativa, considera que o desequilíbrio muscular pode e deve ser quantificado. De acordo com dados quantificáveis oferecidos pela avaliação isocinética são classificados os desequilíbrios a partir daí poderão ser tratados.

3.1.3 Objetivos

Quanto à questão do isocinético, é uma pesquisa descritiva, pois descreve as características de uma determinada população, constituída de pacientes com desequilíbrios musculares. Através das avaliações isocinéticas padronizadas são constatados desproporções entre grupos musculares antagonistas, diferença quanto ao lado contralateral e formação de dados referenciais.

Quanto à questão da comparação das diversas formas de avaliações da força muscular, é exploratória, pois proporciona uma maior familiarização, através do levantamento bibliográfico, com as indicações, as aplicações e com os limites, encontrados nestas avaliações.

3.1.4 Procedimentos técnicos

Pesquisa bibliográfica, realizada a partir de materiais já publicados sobre o assunto. Constituído de artigos de periódicos encontrados em bancos de dados específicos sobre o assunto, sites da Internet e livros publicados na área biomédica e da biomecânica.

3.2 Constituição de um Banco de Dados Preliminar das Publicações Pertinentes

Constituição de um banco preliminar de publicações pertinentes (n=2.580) a partir da indicação de "experts", da associação europeia de isocinetismo (n=445), da PUBMED (n=2135) e listas de referências. A utilização desse banco de dados preliminar para a validação posterior do procedimento desenvolvido para a consulta da literatura mundial. Depois examinar, foi constatado que a maioria dessas publicações estavam citadas em dois bancos de dados, a lista de referências de autores francofônicos, fornecida pela associação europeia de isocinetismo, e a PUBMED. Dentro das publicações restantes, estavam previstos que certos não seriam indexados em

nenhum banco de dados e que outros estariam em outros banco de dados. Foi então necessário consultar fornecedores de banco de dados.

3.2.1 Escolha da língua de trabalho para interrogação dos bancos de dados

Presentemente, só as publicações em francês e inglês são consideradas.

3.2.2 Definição dos objetivos e identificação das palavras-chaves

3.2.2.1 Definição dos objetivos

Apanhar toda literatura relativa à isocinético. Mais precisamente, essa literatura deve ser sobre:

- avaliação isocinética;
- fortalecimento isocinético;
- relação entre grupos antagonistas utilizando a avaliação isocinética;
- prevenção das lesões musculares utilizando o isocinético.

3.2.2.2 Identificação das palavras-chaves

A palavra chave de identificação foi isocinético e foi feita combinações

com relação a avaliação, o músculo ou grupo muscular e a população ou intervenção.

- Avaliação:
 - avaliação propriamente dita;
 - relação;
 - comparação;
 - desequilíbrio;
 - equilíbrio;
 - eletromiografia.
- Músculo:
 - joelho;
 - quadríceps/isquiostibias;
 - extensores/flexores do joelho;
 - agonistas/antagonistas.
- População ou intervenção:
 - força;
 - jogadores;
 - futebol;
 - corredores.

Também foram determinadas algumas combinações de palavras chaves:

- isocinético/avaliação;
- relação/comparação;
- joelho/extensores, flexores/quadríceps isquiostibias;

- agonistas/antagonistas;
- jogadores/futebol/corredores;
- desequilíbrio/equilíbrio.

1 e 3

1,3 e 4

1,3 e 5

1 e 4

2 e 3

3 e 6

3.2.3 Identificação dos bancos pertinentes

Consulta dos fornecedores dos bancos de dados com o objetivo de identificar os bancos de dados existentes e consulta da Associação Européia de Isocinetismo para identificar autores fornecedores de banco de dados.

Os seguintes fornecedores de dados foram consultados:

Alta vista (<http://www.altavista.digital.com>).

Biblioteca da Associação Européia de Isocinetismo (info@e-i-s-org).

Pubmed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed>).

Université de Montréal (<http://www.universitedemontreal.com>).

Webcrawler (<http://www.webcrawler.com/>)

3.2.4 Identificação do meio de acesso às publicações não indexadas

Consulta na biblioteca da Universidade de Montréal (Canadá).

3.2.5 Consulta dos bancos de dados pertinentes e utilização das palavras-chaves

Foi escolhido consultar a PUBMED e a Biblioteca da Associação Européia de Isocinetismo por duas razões: elas são gratuitas e são as que contém a maioria das publicações sobre o assunto.

3.2.5.1 Consulta na PUBMED

O primeiro banco de dados consultado, PUBMED, possui a literatura internacional em biomedicina, incluindo os campos de pesquisas interrelacionados. A informação encontrada nesse banco provem de 25.459 jornais científicos de todo mundo. PUBMED cobre os anos de 1966 à 2001. O banco PUBMED é produzido pela "*National Library of Medicine*".

A pesquisa na PUBMED foi realizada em duas etapas: uma etapa de validação das descrições e das publicações da PUBMED pertinentes ao assunto da pesquisa realizado até 2001 e outra de procura das referências utilizadas nos artigos escolhidos.

Foi estabelecido que a validação da pesquisa na PUBMED seria de

100% das publicações (n=926) do banco preliminar indexados pela PUBMED estando, entre os anos de 1995-2001, encontradas a partir de uma pesquisa na PUBMED, com ajuda das descrições que tem no banco de dados.

Com a palavra chave “isocinético” foi achada (n=2.135), mas foram selecionadas as mais pertinentes à pesquisa. Na tentativa de se resumir o número das publicações para serem consultadas foram adotadas algumas estratégias. A primeira etapa foi a constituição do banco inicial achado pela palavra chave **isocinético (isokinetic)**. Depois foram eliminadas as publicações anteriores a 1995 reduzindo o número das publicações pesquisadas para n=926 publicações. A combinação da palavra-chave **isocinético** com a descrição **joelho (knee)** permitiu identificar uma combinação chave, a combinação **isocinético-joelho**, que reduziu para n=431 publicações. Após foram feitas novas combinações. A combinação da palavra-chave **isocinético-joelho** (n=431) com **força (force)** diminuiu significativamente o número das publicações para n=103.

Com a leitura de todos os títulos foram separadas as mais pertinentes. Além dessa combinação **isocinético - joelho - força** foram feitas mais 5 combinações com a palavra **isocinético**: **agonista (agonist)**, **corredores (sprinters)**, **isquiostibias (hamstring)**, **jogador (player)**. Duas combinações foram eliminadas porque não ofereceram nenhum artigo pertinente (**isocinético - corredores**, **isocinético - jogadores**). Todos os artigos que interessaram foram separados por apresentarem um certa pertinência ao assunto de estudo (Quadro 2). Finalmente foi feita a escolha das publicações pertinentes com o assunto (7, sendo apenas uma relacionada diretamente com

o assunto).

3.2.5.2 Consulta na Associação Européia de Isocinetismo

O segundo banco de dados procurado foi a Associação Européia de Isocinetismo, a qual possui uma biblioteca com autores francofônicos na área do isocinetismo.

A estratégia da procura utilizada na PUBMED não pode ser utilizada na biblioteca da Associação Européia de Isocinetismo devido ao funcionamento diferente dos dois bancos de dados. De fato, a parte de escolher palavras chaves não pode ser utilizado, pois a biblioteca da Associação Européia de Isocinetismo oferece uma lista com todos os autores francofônicos e suas respectivas citações.

Imediatamente foram fornecidas 445 referências diferentes de vários autores e depois de excluir todas as referências julgadas não pertinentes, o banco de dados permaneceu com 50 e após uma seleção mais criteriosa restaram apenas 26 referências.

Quadro 2 – Pesquisa Realizada na PubMed

Resumo do número de artigos encontrados e julgados pertinentes com o assunto. (as descrições com a sigla "#" significa que é repetida)

Combinação com a palavra chave isocinético (N=2.135)	Artigos pertinentes	Descrição do assunto do artigo
Knee	Não avaliados	
Force-Knee (103)	5	Coativação dos antagonistas na extensão força de flexão em jogadores jovens efeitos da fadiga lesão dos isquios, diagnóstico e tratamento flexores na estabilização do joelho
Agonist (20)	1	novo conceito da relação isquio/ quadríceps
Soccer (18)	2	força de flexão em jogadores jovens # fatores de risco em jogadoras europeias
Players (05)	0	
Hamstring (5)	1	novo conceito da relação isquio/ quadríceps #
Sprinters (4)	0	

Quadro 3 - Pesquisa Realizada na Biblioteca da Associação Européia de Isocinetismo, Autores Francofônicos.

Resumo do número de artigos encontrados e separados de acordo com a área de interesse.

ÁREA DE INTERESSE	ARTIGOS PERTINENTES	DESCRIÇÃO DO ASSUNTO
Básica	05	realidade e perspectiva do isocinetismo crítica na utilização do isocinético análise das curvas análise dos gráficos análise dos parâmetros numéricos
Relação agonista/ antagonista	12	isquio/quadríceps (2) relação em jogadores de futebol (3) avaliação da relação agonista/antagonista (4) no esportista (1) o interesse dessa relação (1) estudo crítico no esportista (1)
Desequilíbrio muscular	04	ombro do tenista (1) ombro do nadador (1) na epicondilite (1) nas patologias do joelho (1)
Reforço muscular	03	reforço isocinético no treinamento esportivo (3)
Músculo	02	escolha da avaliação com a patologia reparação músculo-tendinosa

3.2.6 Resultados

A estratégia de procura informatizada de artigos na PUBMED e na Biblioteca da Associação Européia de Isocinetismo permitiu achar artigos contendo três aspectos particulares: 1) conhecimento básico do aparelho e da análise dos dados oferecidos pelo isocinéticos, 2) importância do equilíbrio entre músculos antagonistas na prevenção de lesões músculo-tendinosas e 3) o fortalecimento muscular isocinético como forma preventiva das lesões.

Ao total, 586 artigos foram julgados pertinentes ou não para a composição do banco de dados da pesquisa. Apenas 35 artigos foram julgados

pertinentes à pesquisa, pois estavam mais particularmente ligados aos três aspectos citados acima.

Avaliando as duas fontes foi verificado que os artigos encontrados pela biblioteca da Associação Européia de Isocinetismo eram mais específicos ao assunto e, portanto, foram mais exploradas dentro da pesquisa. Na procura desses artigos foi descoberta um série francesa publicada anualmente, chamada Progresso na Medicina Física e em Readaptação (*Progrès en médecine physique et de réadaptation*) onde constam as principais pesquisas realizadas sobre vários assuntos, incluindo o assunto da pesquisa.

3.3 Metodologia da Avaliação Isocinética

3.3.1 Aparelho

O aparelho escolhido foi o Dinamômetro Isocinético da marca Cybex, modelo Norm, versão 2.04 (Cybex Norm – User's Guide, 1996).

3.3.1.1 Configuração básica do sistema

Dinamômetro:

Quadro 4 - Especificações do Dinamômetro

MODOS	VELOCIDADES/SEGUNDO	TORQUE
Concêntrico	5-500°/segundo	500 ft. Lbs. / 678 Nm
Excêntrico	5-500°/segundo	500 ft. Lbs. / 678 Nm
	5-500°/segundo	500 ft. Lbs. / 678 Nm
CPM	5-500°/segundo	500 ft. Lbs. / 678 Nm
Isométrica		

Fonte: USER'S GUIDE, 1996.

- **SOFTWARE:**

- Software Baseado em Windows.
- Windows para Workgroups 3.11.
- Capacidade de Network Integrada.
- Software Inglês ou Métrico.
- Múltiplos idiomas disponíveis .

- **COMPUTADOR (Configuração Doméstica):**

- IBM - compatível 486 DX2 - 66 Mhz.
- 8 megabytes RAM.
- Disco rígido de 520+ megabytes formatado de acesso rápido.
- 1.44 megabyte 3.5" floppy disc.
- Teclado estendido com caneta de luz introduz dispositivo.
- 28.8 Kbps Fax/Modem Interno.
- Impressora Colorida

- **GRÁFICOS:**

- Monitor gráfico de 15" Super VGA de alta resolução.
- Elétrico:
- Voltagem: 220 V
- Freqüência: 50/66 Hz

3.3.1.2. Descrição das provas

As repetições preliminares, necessárias para a boa compreensão da prova, precederam cada velocidade de execução. O paciente realizava os movimentos sucessivos de flexão e extensão permitindo a avaliação simultânea do quadríceps e dos flexores do joelho (isquiotibiais e tríceps sural). A posição de saída e do final da prova correspondia a flexão total do joelho. O sinal verbal do terapeuta anunciava o início e o fim do exercício. Durante a prova, o paciente não se beneficiava de nenhuma estimulação visual do monitor mas recebia um rápido encorajamento verbal pelo terapeuta. Era controlada permanentemente a altura das curvas e suas superposições para assegurar a boa colaboração do paciente.

Foram realizadas 5 (cinco) repetições da força máxima de flexão e extensão a 60°/seg.

3.3.1.3 Preparação do paciente

- **Aquecimento do Paciente:** realizado com a utilização de uma bicicleta ergométrica, sob o tempo mínimo de 10 minutos, com uma velocidade intermediária confortável ao paciente e sem carga. Após o aquecimento o paciente era submetido a um alongamento prévio dos extensores e flexores do joelho com duração de 30 segundos para cada grupo muscular no mínimo três vezes.

- **Seleção do Protocolo e Preparação do Paciente:** na janela de

“*Pattern selection*”, era selecionado o protocolo de flexão e extensão do joelho cadastrado com o código 0101 (*Knee Extesion / flexion*). Era registrado o membro avaliado como direito (*Right*) ou esquerdo (*Left*) e também se o membro é o envolvido (*Involved*), não envolvido (*Uninvolved*) ou nenhum (*None*). Uma série de quatro botões, que acessam outras janelas e caixas de diálogo, estão localizadas na tela de Seleção de Padrão podem ajudar o clínico no posicionamento adequado do paciente para o padrão selecionado (*Patient Setup, Set Az, Set Rom e Set GC*) (*Cybex Norm – User’s Guide, 1996*).

- Ajuste do Zero Anatômico (*Set Az*) : o ajuste do zero anatômico proporciona ao sistema uma posição inicial fixa a partir da qual se calcula os dados do teste selecionado. Na articulação do joelho o zero anatômico corresponde a extensão total do paciente (*Cybex Norm – User’s Guide, 1996*).

- Ajuste do Alcance do Movimento: após identificado o zero anatômico o atleta era instruído a realizar a extensão e a flexão total da articulação, quando então era marcada a amplitude de movimento. O registro da ADM é marcado por letras localizadas no dinamômetro e freios de segurança são colocados nas respectivas marcações.

- Ajuste da Correção da Gravidade (*Set GC*) : a correção da gravidade foi utilizado para todos os atletas. O posicionamento do teste e acessórios de input são projetados para minimizar o efeito da gravidade e/ou usá-la para vantagens de grupos musculares mais fracos recíprocos. Para o registro, a articulação precisa ser posicionada à uma angulação de 45° da extensão do joelho e o paciente é instruído para relaxar. Após o aparelho calcular o *GET MAX* o terapeuta registrava o valor.

- Posicionamento da Cadeira do Dinamômetro: a cadeira foi posicionada em uma rotação de 40° (escala de rotação da cadeira). O ângulo das costas da cadeira era de 85° e a posição do assento da cadeira era levantada e a cadeira ficava presa no monotrilha a 38° . A perna contralateral ficava apoiada atrás do estabilizador do membro contralateral.

- Posicionamento Dinamômetro: a escala de inclinação do dinamômetro era zero, a escala da altura do dinamômetro era 8 e a escala de rotação do dinamômetro era 40. O eixo da rotação do dinamômetro correspondia ao eixo do côndilo femural que realiza flexo-extensão.

- Estabilização do Paciente na Cadeira: o paciente era fixado com o cinto do assento e dos ombros, a coxa era fixada com a correia de estabilização e a almofada dos braços da alavanca que é utilizada para os exercícios do joelho era posicionada e presa na região distal da perna que o atleta pudesse realizar a flexão e a extensão confortavelmente.

4 RESULTADOS

A análise dos resultados da avaliação isocinética dos 22 jogadores profissionais empregados no clube, foi dividida em duas partes, a primeira específica à relação dos flexores e extensores (relação agonista-antagonista) quanto ao *peak torque* e ao trabalho total e a segunda parte quanto ao desempenho muscular individual. Ressalte-se que, para que estes profissionais desenvolvam adequadamente suas funções, é necessário que se tenha um controle das variáveis que afetam sua produtividade.

Quanto à análise da proporção do *peak torque* do lado dominante (Figura 1), o grupo obteve uma média de 63% com um desvio padrão de 11,5 e para o lado não dominante (figura 2) uma média de 56,6% com um desvio padrão de 8,6. A diferença entre os dois lados não foi considerada significativa ($p < 0,016$). O jogador de nº 21 (87,5%) foi o que mais se afastou da média do *peak torque* do lado dominante provavelmente porque um mês antes da avaliação sofreu uma entorse no joelho. No lado dominante os atletas de nº 17 (76,9%), 18 (77,5%), e 19 (79,7%) se afastaram da média do *peak torque* por apresentarem uma força mais baixa nos extensores e o atleta de nº 5 (43,6%) por apresentar uma força mais baixa nos flexores. Do lado não dominante os atletas de nº 3 (44,2%), 5 (40,5%) e 15 (41,2%) se afastaram da média do *peak torque* por apresentarem uma força mais baixa nos flexores e o nº 12 (76,1%) por apresentar uma força menor nos extensores. Apenas o nº 5 apresentou alteração do *peak torque* tanto no lado dominante quanto do lado não dominante. Mesmo sendo uma fraqueza maior dos isquiostibiais ele sofreu um

estiramento no reto femural no meio da temporada de competição.

Figura 1 - Relação agonista/antagonista do *Peak Torque* no lado dominante

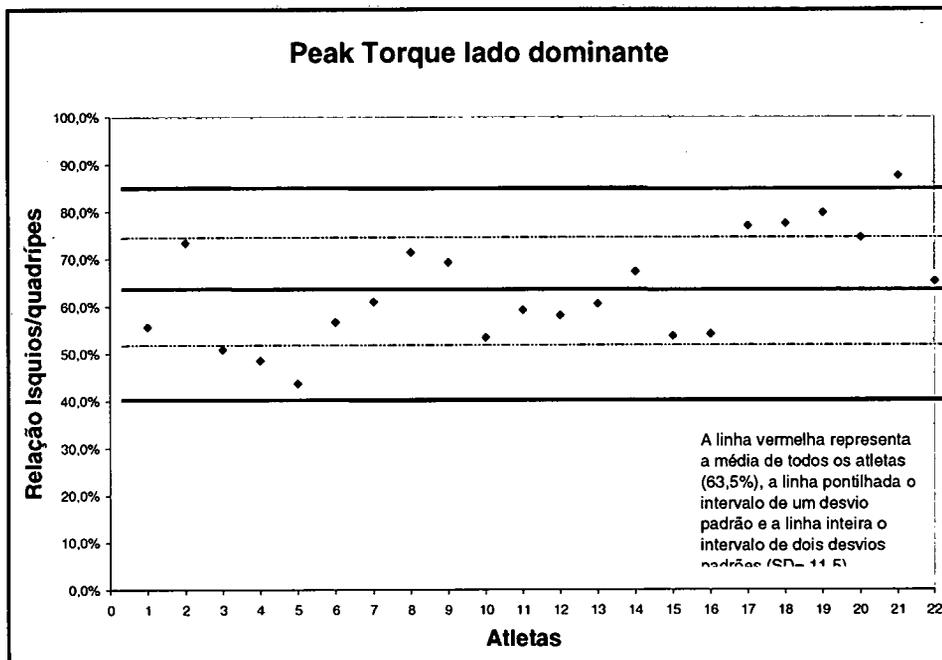
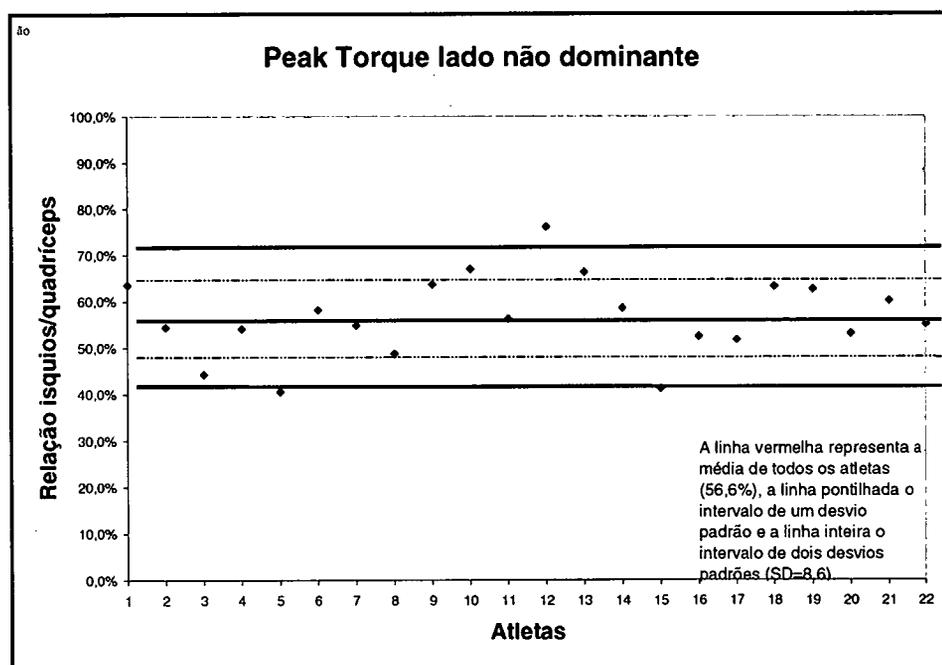


Figura 2 - Relação agonista/antagonista do *Peak Torque* lado não dominante.



Em relação à proporção do trabalho total do lado dominante (Figura 3) o grupo obteve uma média de 68,9% com um desvio padrão de 10,4 e para o lado não dominante (Figura 4) uma média de 62,1% com um desvio padrão de 11,9. A diferença entre os dois lados também não foi considerada significativa ($p < 0,014$). Os atletas de nº 2 (81,2%), 12 (80,7%), 22 (81,7%) e principalmente o 20 (92,9%) apresentaram uma deficiência significativa do trabalho total do quadríceps do lado dominante, e do lado não dominante os atletas de nº 5 (46,1%), 8 (39%) e 15 (37,8%) apresentaram uma deficiência significativa do trabalho total dos isquiotibiais em relação ao quadríceps. Já o atleta de nº 12 (81,2%) apresentou uma deficiência do quadríceps em relação ao isquiotibial.

Figura 3 - Relação agonista/antagonista do Trabalho Total no lado dominante

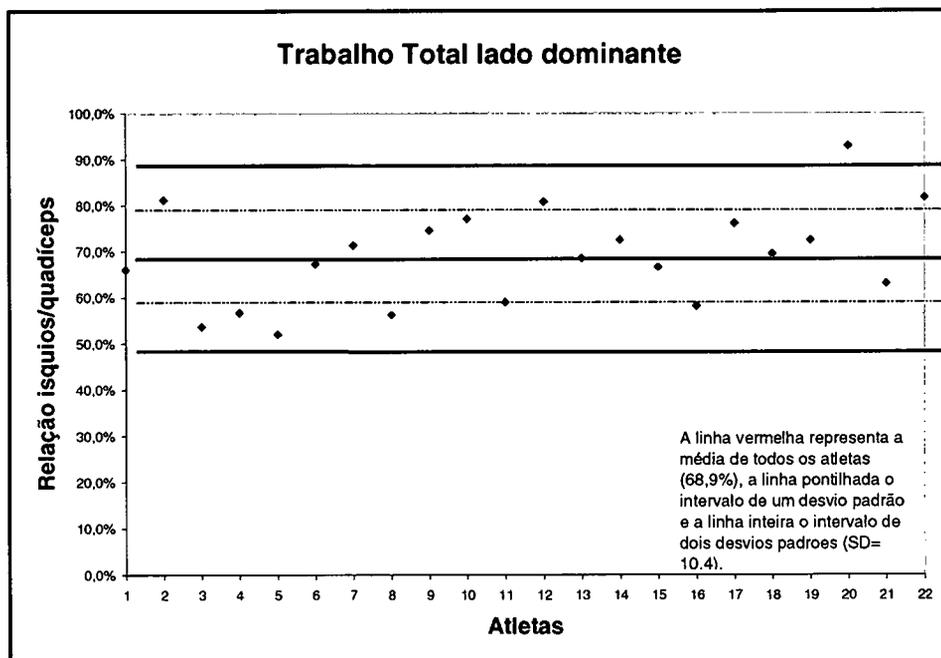
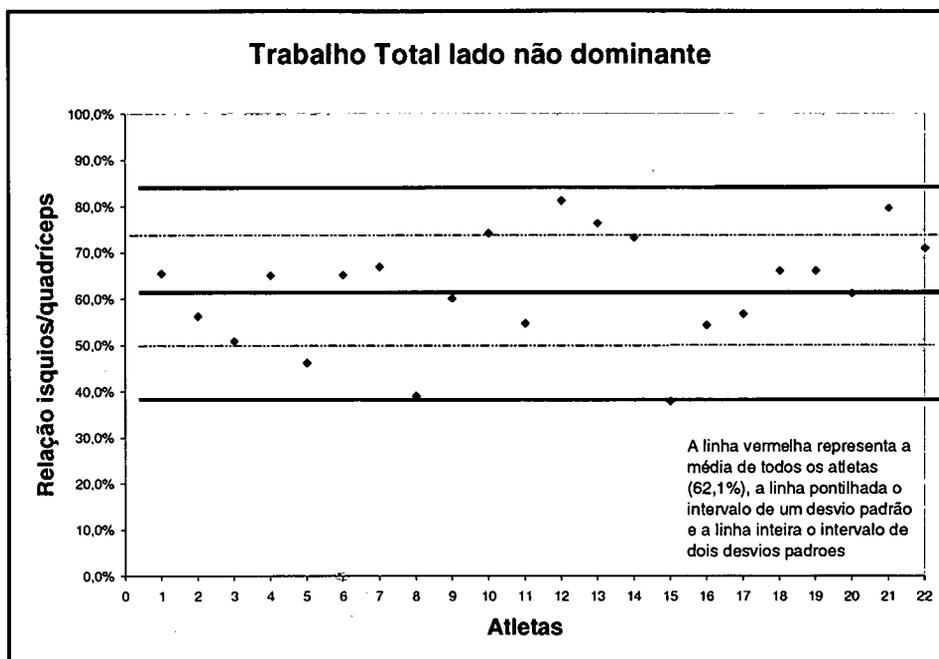


Figura 4 - Relação agonista/antagonista do Trabalho Total no lado não dominante.



Quanto ao desempenho muscular individual do peak torque, os atletas de nº 4 e 21 apresentaram uma diminuição significativa da média do grupo tanto para quadríceps quanto para os isquiotibiais do lado dominante (Figuras 5 e 6).

Do lado não dominante (figuras 7 e 8) foram estes dois atletas (nº 4 e 21) que desenvolveram menos força de todo o grupo mas ainda ficaram perto da média. O atleta de nº 21 foi o que sofreu uma entorse no joelho e o atleta nº 4, mesmo não apresentando valores considerados longe da média da correlação isquiotibiais/quadríceps, teve recidivas de lesões musculares nos isquiotibiais do lado dominante.

Figura 5 - Peak Torque individual dos extensores no lado dominante.

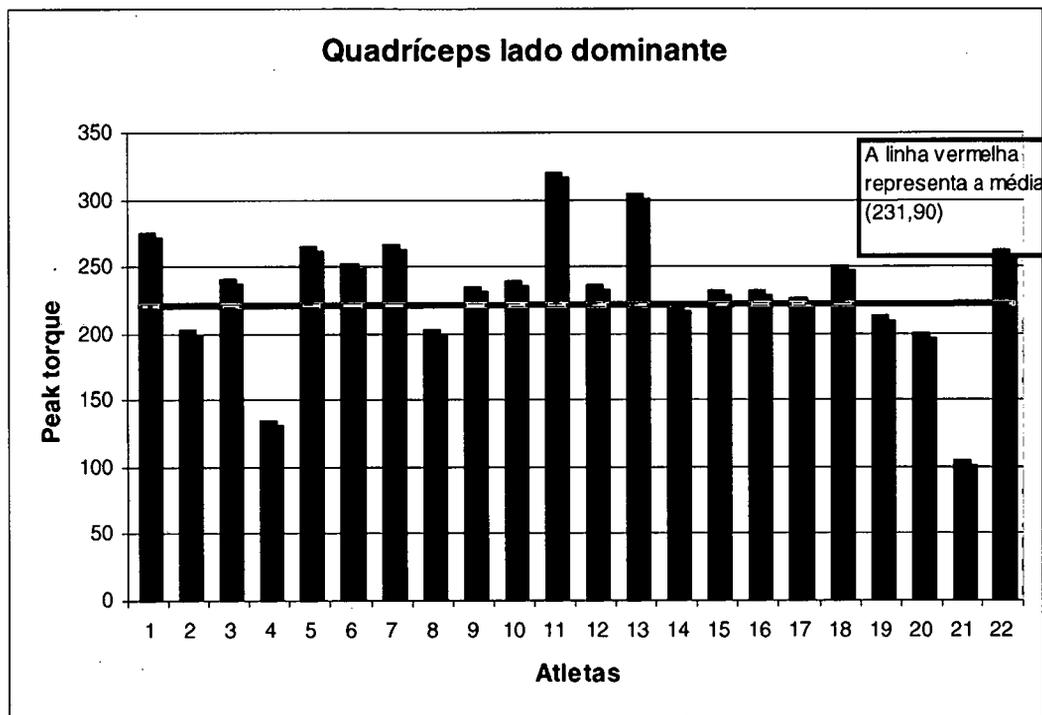


Figura 6 - Peak Torque individual dos flexores no lado dominante.

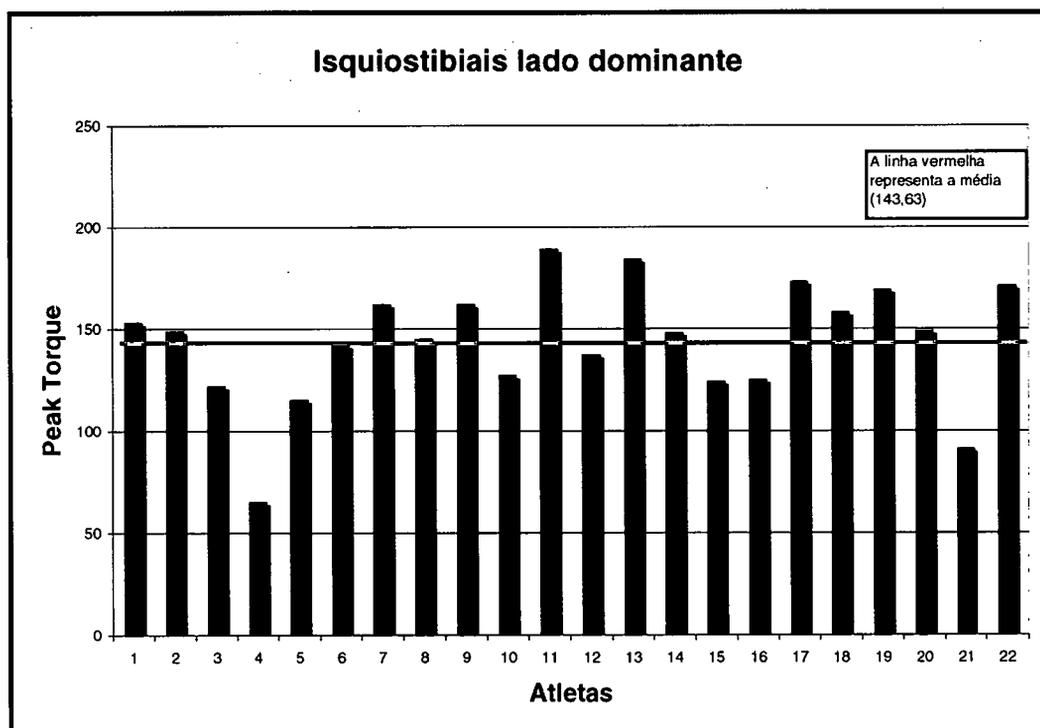


Figura 7: Peak Torque individual dos extensores lado não dominante.

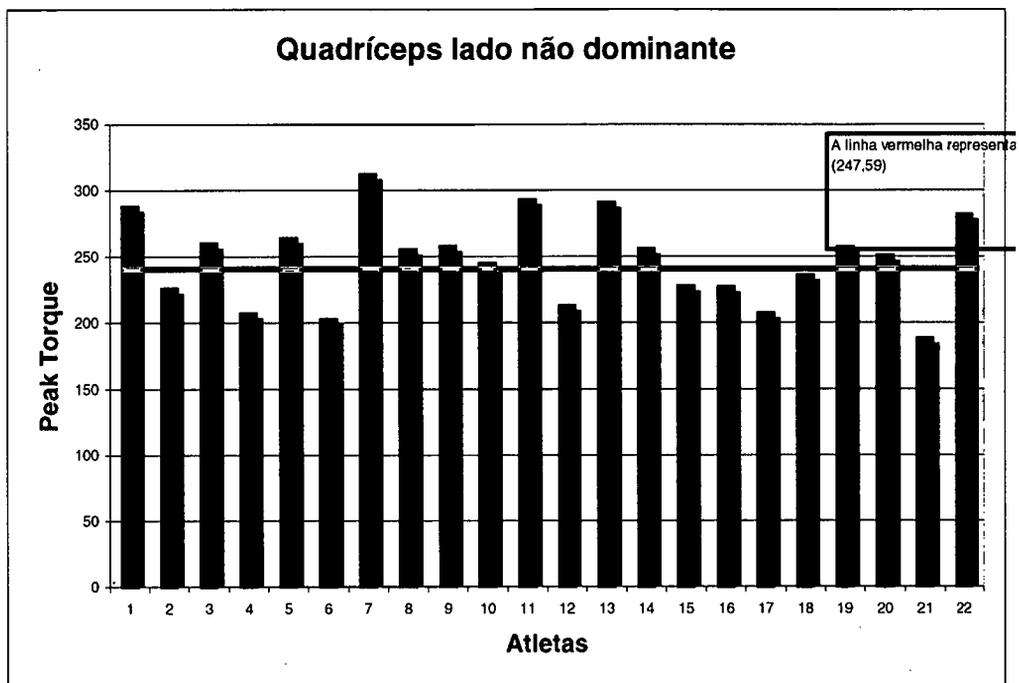
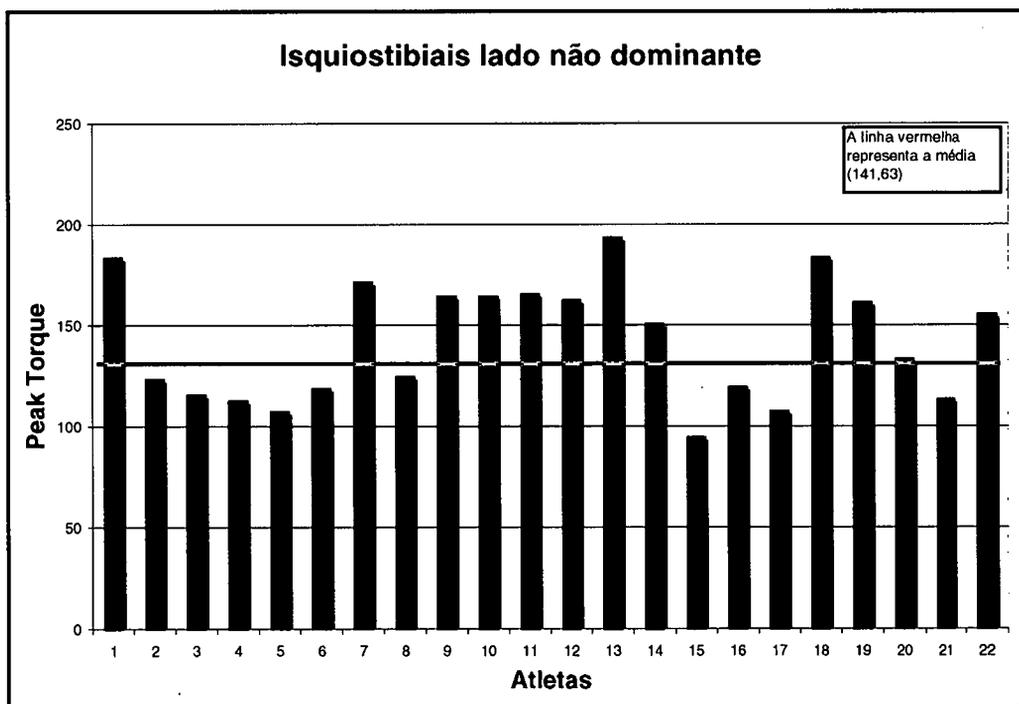


Figura 8: Peak Torque individual dos flexores no lado não dominante.



Dos 22 jogadores avaliados, 7 foram dispensados para serem emprestados para outros clubes (3, 4, 8, 15, 17, 19, 21). Os 7 jogadores que foram dispensados apresentaram alterações consideradas importantes e dos 15 jogadores que permaneceram no clube, durante a temporada de competição do ano 2000, só o atleta de nº 2 (goleiro) apresentava alguma alteração importante. Nenhum atleta avaliado que permaneceu no clube sofreu lesão muscular dos isquiotibiais no ano 2000. O atleta de nº 2, que apresentava uma alteração, era um goleiro cujo gesto biomecânico é totalmente diferente, onde os principais esforços de explosão muscular são para os lados, diferentes das outras posições onde os esforços são mais dirigidos para frente.

Embora tenha sido perdido o controle dos atletas que apresentaram alterações da proporção ideal para que se pudesse correlacionar com possíveis lesões, os atletas que permaneceram não apresentaram lesão muscular em toda a temporada de 2000.

Atualmente, a relação dos agonistas e antagonistas constituem um dos indicadores privilegiados da prevenção (Bernard & Codine, 1999). Procholle & Codine (1999) citam que este equilíbrio possa desajustar em favor de um ou de outro grupo muscular depois de um traumatismo, uma lesão articular ou muscular, e esse desequilíbrio pré-dispõe certas patologias. Citam ainda que um músculo e seu tendão trabalham sucessivamente em fase concêntrica e em excêntrica e que todo desequilíbrio agonista/antagonista em concêntrico/concêntrico ou concêntrico/ excêntrico pode ser a origem de um disfuncionamento articular e de lesões tendinosas.

Conforme Bernard & Prou (1999), a primeira etapa da prevenção se

compõem de procedimento regulares de avaliação utilizando métodos confiáveis e reprodutíveis de caracterização das adaptações e que o isocinético, que é um desses métodos, permite graças aos protocolos e aos parâmetros mensurados, identificar precisamente as qualidades contráteis dos grupos musculares antagonistas solicitados à velocidade constante segundo o modo de ação e sobre uma amplitude determinada da articulação. Eles complementam que a prevenção dos traumatismos músculo-tendinosos e articulares necessitam em um segundo tempo, fazer, ao senso da quantidade de variáveis mensuradas, uma seleção dos parâmetros que tenham um sentido preventivo e que em uma terceira etapa necessita enfim definir o meio de prevenção entre os quais o reforço muscular constitui a base.

A avaliação isocinética oferece todas as informações desejáveis para uma boa análise da correlação da força muscular entre grupos antagônicos. Brunon et al. (1998) citam que uma das vantagens da avaliação muscular isocinética é de permitir o cálculo das proporções musculares agonistas/antagonistas para uma articulação e mais precisamente um movimento articular dado. Com os mais diversos tipos de relatórios o terapeuta pode optar pelo o tipo de análise que deseja realizar. Observar a curva realizada por um grupo muscular, verificar dados relativos a angulações específicas, poder correlacionar e comparar a força máxima, o trabalho, a potência e a resistência de um músculo ou grupos musculares antagônicos, obtendo dados numéricos precisos e reprodutíveis, diferencia a avaliação isocinética das demais formas de avaliação da força muscular. Muito tempo restrito à avaliação da força concêntrica, o isocinetismo também permite

atualmente, graças ao aperfeiçoamento dos materiais, uma avaliação fiel da força excêntrica e pode-se calcular diferentes relações concêntricas/concêntricas, concêntricas/excêntricas para um grupo muscular ou grupos musculares antagonistas, o que constitui um bom reflexo do equilíbrio muscular (Procholle & Codine, 1999). De todos os métodos avaliados nesse trabalho apenas o isocinético oferece a possibilidade de verificar assimetrias bilaterais entre grupos musculares ou detectar a correlação exata entre músculos antagonistas. Mesmo cada tipo de avaliação apresentando suas vantagens específicas todas apresentaram limitações importantes.

Para o método de avaliação clínica, Croisier (1996) confirma a ausência de relação entre a amiotrofia da coxa, estimada pela perimetria, e o déficit de força do quadríceps. Após um treinamento, a medida perimétrica estimando o desenvolvimento muscular não parece ligado ao ganho de força. As adaptações neurológicas não são levadas em consideração e a medida não avalia as modificações da massa adiposa, particularmente na mulher.

Para Ghorayeb & Barros Neto (1999), a avaliação manual da força é útil nos períodos de doenças e praticamente sem valor semiológico no que diz respeito as condições preparativas para o retorno à atividade esportiva. Mesmo o teste de força manual apresentando vantagens sobre a avaliação clínica Croisier (1996) destaca que seus limites devem ser ressaltados: a característica visível ou palpável da contração dos músculos profundos parecem difícil de ser estimulados; a contração, adaptada a déficits importantes, se torna mais difícil, à medida que se aproxima da normalidade; e a característica subjetiva da medida reduz seu interesse dentro de um quadro

de uma avaliação longitudinal, particularmente se ela é feita por diferentes examinadores. Os progressos ligados ao fortalecimento muscular não podem ser quantificados e o método de verificação manual não pode estimar um eventual desequilíbrio entre grupos de ações antagonistas. Já quanto a avaliação isométrica, o autor cita vários inconvenientes: pouca especificidade para uma avaliação de músculos onde a modalidade de contração é principalmente dinâmica; definição limitada da relação comprimento-tensão do músculo; dificuldades técnicas para avaliar simultaneamente grupos musculares agonistas e antagonistas; impossibilidade de se estimar o trabalho desenvolvido em razão da ausência de deslocamento ao longo do exercício. Lazolli (1996) cita que os testes isométricos não traduzem a natureza dinâmica da maioria das tarefas esportivas e que, além disso, as medidas da força isométrica são específicas para o grupo muscular e o ângulo envolvido no movimento e, portanto, a sua utilidade para descrever a força muscular de um indivíduo como um todo é um tanto limitada. Croisier (1996) explica que na avaliação isotônica Croisier a resistência deslocada não poderá jamais ultrapassar a força desenvolvida em posições angulares desfavoráveis.

Certos aparelhos, graças a uma transmissão particular (elíptica pelo sistema Nautilus), oferecem uma resistência variável mais próxima da realidade fisiológica. Eles conservam, entretanto, um registro limitado de resistência, não podendo se adaptar a cada condição patológica. A fadiga inerente às condições da avaliação isotônica por tentativas sucessivas pode comprometer a validade da avaliação da força isotônica máxima. As técnicas clássicas da avaliação da função muscular utilizadas pelo examinador ficam, portanto,

insuficientes, e sugerem o interesse por um método mais performante.

O isocinetismo permite a avaliação exata e reprodutível da força de músculos de uma articulação e calcula a relação agonista/antagonista. Estudos realizados em sujeitos são permitem determinar os valores normais dessa relação por diversas articulações. Assim, para um dado paciente pode-se comparar os valores obtidos de um lado ao lado contralateral e também aos valores de referência afim de colocar em evidência um déficit sobre um grupo muscular preciso (Procholle & Codine, 1999). Poucos estudos, de fato, foram consagrados à esse assunto. Se uma perturbação do equilíbrio agonista-antagonista foi destacado em certas patologias tendíneo-musculares do ombro, do cotovelo, do joelho, do tornozelo, resta ainda precisar vários pontos: qual é a relação mais pertinente para levar em consideração, agonista concêntrica/agonista excêntrica, agonista concêntrica /antagonista concêntrica, agonista concêntrica/antagonista excêntrica?; a perturbação do equilíbrio muscular é a causa ou a consequência da patologia?; e em que lugar deve estar a reharmonização do equilíbrio muscular dentro do tratamento e da prevenção dos acidentes dos acidentes tendíneo-musculares e quais os resultados a esperar?

Graças à avaliação isocinética, pode-se deixar em evidência, nos acidentes músculo-tendinosos, os desequilíbrios musculares que existem entre os agonistas e os antagonistas ou déficits interessando especificamente um modo de contração, excêntrica em particular (Codine, 1999). Avaliando a correlação dos desequilíbrios musculares em pacientes com lesões nos isquiotibiais Croisier et al. (1999a) demonstraram que esta musculatura, sem

anteriores de lesão, não correspondia de forma alguma às características normais. As anomalias estavam sobre: a reeducação da relação mixta Isquiotibiais-excêntrico/Quadríceps-concêntrico; uma relação momento de força máxima – velocidade angular modificada, especificamente nas contrações excêntricas; uma mudança no ângulo de eficiência máxima durante as contrações excêntricas, o músculo não podendo manter uma tensão elevada na posição de alongamento acentuado. Os autores destacaram uma relação entre as modificações dessa relação e as lesões dos músculos isquiotibiais, a relação flexores-excêntrico 30°/s/quadríceps-concêntrico 240°/s estando significativamente abaixo durante a lesão dos isquiotibiais comparativamente ao lado são ou uma população de referência.

Uma última relação foi proposta por Denot-Ledunois (*apud* Procholle & Codine, 1999) e Croisier et al. (1999a) por refletir melhor a fisiologia do quadríceps e dos isquiotibiais ao curso de diversas atividades esportivas, é a relação isquiotibiais excêntrico/quadríceps concêntrico. Denot-Ledunois (*apud* Procholle & Codine, 1999) avaliando a força excêntrica dos isquiotibiais e concêntrica do quadríceps na mesma velocidade, achou em sete sujeitos esportistas praticantes de rugby valores de 1,41 a 60°/s e 1,94 a 150°/s. Esses valores observados em sujeitos são são modificados em pacientes que apresentam lesão dos isquiotibiais, estando inferiores a 0,8. Isso corresponde à uma diminuição da força excêntrica dos isquiotibiais em sujeitos com lesão músculo-tendinosa. Isso já havia sido notado em 1994 por Jonhagen (*apud* Procholle & Codine, 1999) que tinha mostrado, em corredores com lesão dos isquiotibiais, uma diminuição da força excêntrica desses músculos, mas que

sua força concêntrica não estava modificada. Worrel (*apud* Procholle & Codine, 1999, p.170) não achou uma modificação da força concêntrica e excêntrica dos isquiotibiais em sujeitos que tinham lesão desses músculos, mas estas diferenças são talvez ligadas a uma falta de homogeneidade do grau das lesões antigas e/ou evoluídas. Esses resultados discordantes são, também, de grande variabilidade individual notada por Croisier (*apud* Procholle & Codine, 1999) impondo a realização de estudos complementares para definir valores normativos, objetivar precisamente modificações da proporção isquiotibiais excêntrico/quadríceps concêntrico dentro de lesões musculares e correlacionar eventualmente essas variações de proporção ao estado anatômico músculo-tendineo. Croisier et al. (1999a), sugerem a existência de uma pré-disposição particular às lesões dos músculos dos isquiotibiais. A repetição de um gesto estereotipado e a especificidade do treinamento ocasionam freqüentes adaptações musculares afetando preferencialmente os músculos "motores" ou "propulsores" (músculos agonistas). A aplicação preventiva do equilíbrio isocinético às populações esportivas com risco constitui uma atitude judiciosa, susceptível de reduzir a freqüência das lesões musculares. A detecção de anomalias deveriam se acompanhar de um reforço de compensação, particularmente ao nível dos músculos antagonistas deficitários (Croisier et al., 1999a).

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A correlação agonista-concêntrico/antagonista-excêntrico aparece na literatura como sendo a melhor maneira de avaliar esses grupos musculares estando mais perto da fisiologia real do movimento mas, as poucas publicações realizadas sobre essa nova correlação não possibilita o estabelecimento de dados normativos. Parece que a principal comparação que deve ser realizada em um exame isocinético é com o lado contralateral, os dados normativos entre os atletas devem apenas ser utilizado como referencial.

A quantificação das assimetrias e dos desequilíbrios entre grupos musculares agonistas e antagonistas permite a individualização do tratamento e um seguimento longitudinal constante, regularmente adaptado e também a determinação do momento o mais oportuno ao retorno das atividades esportivas. Com base nos resultados dos exames isocinéticos programas específicos de exercícios podem ser elaborados, principalmente exercícios do tipo excêntrico. Uma questão que deveria ser melhor investigada é se o fortalecimento isocinético como forma paralela de treinamento de um atleta atrapalha o seu rendimento. Vários treinadores tem receio ainda de realizar esta atividade com medo que diminua a performance do atleta.

A contração excêntrica parece ser o principal mecanismo das lesões nos isquiotibias, e, portanto, o desequilíbrio entre os grupos agonistas (quadríceps) e antagonistas (isquiotibias) pode ser responsável pela lesão do grupo mais fraco (isquiotibias) que precisará desacelerar os movimentos do grupo agonista. Avaliação excêntrica deve fazer parte do protocolo de qualquer

avaliação de força muscular pois como foi visto é o tipo de contração que mais provoca a lesão muscular. Como a contração excêntrica forçada pode levar à dor muscular tardia, causada pela lesão da estrutura do sarcômero, talvez fosse bem prudente fazer uma aplicação de crioterapia para minimizar os efeitos da inflamação. Mesmo sabendo que contração excêntrica gera uma tensão mecânica dentro do sarcômero, é muito importante que qualquer trabalho de recuperação após uma lesão muscular contenha exercícios progressivos excêntricos na fase final de tratamento.

A utilização de estudos longitudinais e não transversais devem completar os conhecimentos dos fatos, da eficácia e da prevenção ligadas à prevenção das lesões musculares. O controle da força de diferentes grupos musculares envolvidos na prática do futebol poderia ser realizado com os atletas durante uma temporada de competição, para observar as mudanças específicas ocorridas na musculatura e para que se pudesse também elaborar programas preventivos, assim como orientação ao tipo de treinamento realizado.

Esta técnica original de avaliação permite estabelecer, em um maior número de sujeitos, um perfil característico de uma determinada lesão. A compreensão dos principais mecanismos de lesão, ou o comportamento de um treinamento ou de um tratamento só poderão ser comprovados cientificamente com pesquisas quantificando fidedignamente as variáveis envolvidas, como as valências físicas: a força, a resistência, a potência, a coordenação, e a flexibilidade. Talvez uma variável importante que deveria ter sido controlada neste estudo fosse a flexibilidade do atleta.

Comparativamente às técnicas de avaliação, o isocinetismo possibilita uma medida precisa e reproduzível da força muscular dinâmica (principalmente excêntrica). O isocinético trata-se igualmente de um instrumento de reflexão. A reavaliação de conceitos empíricos de avaliação, tratamento e a análise das teorias de reeducação representam perspectivas animadoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS; HARRISON; WILK. **Reabilitação física das lesões desportivas**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

ANTUNES NETO, J.M.F., VILARTA, R. Noções morfofuncionais do tecido músculo esquelético induzidas pela atividade muscular excêntrica. **Treinamento desportivo**. v 3: 62-74, São Paulo, 1998.

BERNARD, L.-P, PROU, E., CODINE., P. Le renforcement musculaire isocinétique peut-il prévenir les lesions musculo-tendineuses du sportif. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 3 série – Paris, 1999.

BOILEAU, G. NOURY, H. COIFFE Des rotateurs opérée et isocinétisme: est-ce Réaliste? In: SIMON, L.; PÉLISSIER, J.; HÉRISSON, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2 série – Paris, 1998.

BRUNON, A.; CODINE, P.; BERNARD, P.; POCHOLLE, M.; HÉRISSON, C., Évolution de la balance musculardes rotateurs de l'épaule en fonction de l'activité sportif. In: SIMON, L., PÉLISSIER, J., HÉRISSON, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2 série – Paris, 1998.

CIPRIANO, J. J. **Manual fotográfico de testes ortopédicos e neurológicos**. 3 ed. São Paulo: Manole, 1999.

CODINE, PH. Isocinétisme et affections tendino-musculares. In: SIMON, L.; PÉLISSIER, J.; HÉRISSON, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2 série – Paris, 1999.

CROISIER, J. L. **Contribution fondamentale et clinique à l'exploration musculaire isocinétique**. Thèse de doctorat en Kinésithérapie. Université de Liège. 1996

CROISIER, J.L.; CRIELAARD, J.M. Exploration isocinétique: analyse des courbes. **Ann. Réadaptation Méd Phys**. 42: 497-502. 1999b.

CROISIER, J.L.; GODON, B.; GIORDANO, F.; FORTHOMME, B.; NAMUROIS, M.; CRIELAARD, J.M. Intérêt de l'isocinétisme dans la prévention des lésions musculaires intrinsèques: application aux ischio-jambiers. In: SIMON, L., PÉLISSIER, J., HÉRISSON, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2 série – Paris, 1999a.

CROISIER, L. J, LHERMEROUT, C. MOMMER, R., CRIELAARD, M.J. Déséquilibres musculaires de l'épaule chez le jouer de tennis. Une étude isocinétique. In: SIMON, L., PÉLISSIER, J., HÉRISSON, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2 série – Paris, 1998.

CYBEX NORM. **Testing rehabilitation system.** User's Guide. Apêndice C, 1995/96.

DVIR, Z. **Isokinetics, muscle testing, interpretation and clinical applications.** New York: Churchill Livingstone, 1995.

ENOKA, R. M. **Bases neuromecânicas da cinesiologia.** 2ed. São Paulo: Manole, 2000.

ÉSBERARD, C. Contração do músculo esquelético. In: GUYTON, A.; HALL, J. **Fisiologia humana e mecanismos das doenças.** 6ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

FARINATTI, P. T. V.; MONTEIRO, D. W. Força Muscular. In: **Fisiologia e avaliação funcional.** v. 1. São Paulo: Sprint, 1992.

FOX, E. L.; BOWERS, R. W.; MERLE, L. F. **Bases fisiológicas da educação física e dos desportos.** 6ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.

FOSS, M.; KETAYIAN, S. **Bases fisiológicas do exercício e do esporte.** 6ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

GHORAYEB, N.; BARROS NETO, T. **O exercício: preparação fisiológica, avaliação médica, aspectos especiais e preventivos.** São Paulo: Atheneu, 1999.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 1999.

HAMILL, J.; KNUTZEN, K. N. **Bases biomecânicas do movimento humano.** São Paulo: Manole, 1999.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Tecidos musculares. In: _____. **Histologia básica.** 3ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.

KAPANDJI, I.A. **Fisiologia articular.** 5ed. São Paulo: Manole, 1990.

KISNER, C.; COLBY, L. A. **Exercícios terapêuticos.** fundamentos e técnicas. 3ed. São Paulo: Manole, 2001.

LAZZOLI, J. K. **Manual para teste de esforço e prescrição de exercício.** 4ed. Rio de Janeiro: Revinter, 1996.

LEITE, P. F. Bases científicas do condicionamento físico. In: _____. **Aptidão física, esporte e saúde.** 2ed. São Paulo: Robe, 1990.

LIPPERT, L. **Cinesiologia clínica para fisioterapeutas.** Rio de Janeiro: Revinter, 1996.

MAZAS, Y., LANOY, J.F., ADELE, M.F. Isocinétisme et instabilité de l'épaule. In: SIMON, L., PÉLISSIER, J., HÉRISSON, CH. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2 série – Paris, 1998.

McARDLE, W. D.; KATCH, V.L.; KATCH, F. I. **Fisiologia do exercício**. Energia, nutrição e desempenho humano. 4ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 1998.

MEZOMO, J. C. **Gestão da qualidade na saúde – princípios básicos**. São Paulo: J. C. Mezomo, 1995.

MIDDLETON, PUIG, P.L.; TROUVE, P.; SAVALLI, L. Le renforcement musculaire excentrique dans le cadre de la pathologie tendino-musculaire du sportif. In: SIMON, L., PÉLISSIER, J., HÉRISSON, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2 série. Paris, 1999.

MIDDLETON, P., TROUVE, P.; SAVALLI, L. Intérêt de l'évaluation musculaire isocinétique exc;ntrique dans la pathologie de l'épaule du sportif. In: SIMON, L., PÉLISSIER, J., HÉRISSON, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2 série – Paris, 1998.

MOLINARI, B. **Avaliação médica e física**. São Paulo: Rocca, 2000.

NICHOLAS, J. A.; HERSHMAN, E. B. **The lower extremity & spine**. In sports medicine 2 ed. St. Louis, Missouri: Mooby, 1995.

PALADINE, E. P. **Qualidade total na prática**. São Paulo: Atlas, 1994.

PERRINE, D. H. **Isokinetic exercise and assessment**. USA: Huan Kinetics Publishers, 1993.

PROCHOLLE, M.; CODINE, P. Influence de la balance musculaire sur la survenue d'accidents tendino-musculaire, Apport de isocinétisme. In: SIMON, L.; PÉLISSIER, J., HÉRISSON, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. Paris, 1999.

RABITA, J.; LENSEL-CORBEIL, G.; A. THEVENON, Méthodes d'évaluation du comportement musculaire à étirement. In: SIMON, L., PÉLISSIER, J., HÉRISSON, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2 série, Paris, 1999.

RICHARD, D.; ORSAL, D., **Neurophysiologie : motricité et grandes fonctions du système nerveux central**. Paris: Nathan, 1994.

RODRIGUES, A. **Lesões musculares e tendinosas no esporte**. São José do Rio Preto, 1994.

SENAC. **Qualidade em comércio e serviços**. São Paulo: Makron Books,

1992.

SHINZATO, G.; BATISTELLA. **Exercício isocinético** – sua utilização para reabilitação e avaliação músculo-esquelética. Âmbito Medicina Desportiva, 1996.

SMITH, L. K. et al. **Cinesiologia de Brunnstrom**. 5ed. São Paulo: Manole, 1997.

SPRING, H.; KUNZ, H. R.; SCHNIDER, H.; TRITSUCHIER, T. **Força muscular**. Teoria e prática. São Paulo: Santos, 1995.

TANAKA, C.; FARAH, E. A. **Anatomia funcional das cadeias musculares**. São Paulo: Ícone, 1997.

THISTLE, H.; HISLOP, H.; MONFFROID, M.; HOFKASH, I. LOWMAN, E. Isokinetic contractions: a new concept of exercise. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**. n. 8, p. 279-82, 1967.

VIEIRA, A. **Qualidade de vida no trabalho e o controle da qualidade total**. Florianópolis: Insular, 1996.

VILLIGER, B.; et al. **Resistência**. São Paulo: Santos, 1995.

VOISIN, T., WEISSLAND, T., MAILLET, M., SCHUMAKER, P., J.

VANVELCENAHÉ. Revue critique de l'évaluation isocinétique de l'épaule. Méthodologies et résultats chez le sujet sain. In: SIMON, L.; PÉLISSIER, J.; HÉRISSON, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2 série, Paris, 1998.

XHARDEZ, Y., **Vade-Mecum de kinésithérapie et de rééducation fonctionnelle**, 4 édition, Paris: Maloine, 1995.

WEINEK, J. **Anatomia aplicada ao esporte**. 7ed. São Paulo: Manole, 1999.

WIRHED, R. **Atlas de anatomia do movimento**. São Paulo: Manole, 1986.

ANEXOS

Tabela 1 - Sistema Internacional de Unidades (Fatores de Conversão)
Pertinente para a Utilização do Isocinético

Quantidade	Nome de unidade	Símb.	
SI Base de unid.	Comprimento	Metro	m
Massa	Kilograma	Kg.	
Tempo	Segundo	s	
SI Unidade	Força	Newton	N
Torque	Newton metro	Nm	
	Trabalho	Joule	J
	Potência	Watt	W
Conversão			
Força	(lb) x 4.45 = N	(N) x .22 = (lb)	
Torque	(ft-lb) x 1.36 = (Nm)	(Nm) x 0.74 = (ft-lb)	
	(ft-lb) x 0.13825 = (kg-m)	(Kg-m) x 7.233 = (ft-lb)	
Trabalho	(ft-lb) x .74 = (j)	(j) x 1.36 = (ft-lb)	
Potência	(ft-lb/s) x 1.36 = (W)	(W) x 7.4 = (ft-lb/s)	
	(hp) x 745.7 = (W)	(W) x .0013 = (hp)	
	(hp) x .17 = (Kcal/s)	(kcal/s) x 5.88 = (hp)	
	(ft-lb/s) x .00031 = (Kcal/s)	(Kcal/s) x 3234.00 =	
(ft-lb/s)			
Ângulo	(deg) x 0.18 = (radian)	(radian) x 57.30 =	
(deg)			
	(revolution) x 6.28 = (radian)	(radian) x 16 =	
(revolution)			
	(deg) x .0028 = (revolution)	(revolution) x 360 =	
(deg)			

Fonte: PERRINE, David H. *Isokinetic exercise and assessment*. USA: Huan Kinetics Publishers, 1993.

Tabela 2 - Valores Normativos de Flexão e Extensão do Joelho - Relação entre os Grupos (Porcentagem) 60° por Segundo

Estudo e população	Sexo	Idade	Perna dom.	Pernan. dom.
Holmes & Aldernik (1984)				
High school students	F	16	.55	
	M	17	.58	
Schlinkman (1984)				
High school footb. play (GC)	M	17	.58	
Thomas (1984)				
Nondisabled (left side)	F	35	.35	
Berg et al. (1985)				
College basketball players	F	20	.63	.67
Tabin et al. (1985)				
Prepubescent (PreP) and	F	PreP	.64	
Postpubescent athletes	M	PreP	.66	
	F	PstP	.62	
	M	PstP	.59	
Fillyaw et al. (1986)				
University coccer players	F	19	.67	
			.54 (GC)	
Appen & Duncan (1986)				
College track athletes	M	18-21	.64	
			.54 (GC)	
Burnie (1987)				
Preadolecents	M	11	.65	.67
Preadolecents gymnasts	F	11	.61	.58
Chmelar et al. (1988)				

Ballet and modern dancers	F	25	.62	
Kannus (1988c)				
Chronic ACL-insuf. Subj.	F e M	35	.64	.68
Lucca & Kline (1989)				
Nondisabled	F	21	.66	.67
	M	21	.66	.58
Worrell et al. (1991)				
Healthy athletes and athletes	M	21	.65*	.61*
c/ hist de lesão no isquio ND		(E)	.51	.52*
Dominante mas sem lesão(CG)			.54	.64
		(E)	.56	.59

Fonte: PERRINE, David H. Isokinetic exercise and assessment. USA: Huan Kinetics Publishers, 1993.

Tabela 3 - Valores Normativos de Flexão e Extensão do Joelho – Relação Entre os Grupos (Porcentagem) 120° por Segundo

Estudo e população	Sexo	Idade	Perna dom.	Pernan. dom.
Gilliam et al. (1979)				
Active children	M	7-13	.75	
(Dom. média dos lados)	F	7-13	.76	
Berg et al. (1985)				
College basketball playres	F	20	.67	.71
Burnie (1987)				
Preadolecents gymnasts	F	11	.67	.71

Fonte: PERRINE, David H. Isokinetic exercise and assessment. USA: Huan Kinetics Publishers, 1993.

Tabela 4 - Valores Normativos de Flexão e Extensão do Joelho – Relação entre os Grupos (Porcentagem) 180° por Segundo

Estudo e população	Sexo	Idade	Perna dom.	Pernan. dom.
Smith et al. (1981)				
Professional / elite amateur ice hockey players	M	24	.81	
Holmes & Alderink (1984)				
High school students	F	16	.68	
	M	17	.70	
Costain & Williams (1984)				
Adolecent soccer player	F	15-17	.79	.77
Stafford & Grana (1984)				
	M	20	.73	.75
Berg et al. (1985)				
College basketball players	F	20	.72	.74
Appen & Duncan (1986)				
College track athletes	M	18-21	.79	
			.60 (GC)	
Oberg et al. (1986)				
Soccer playres (GC)	M	24-24	.75	
Nonsoccer players (GC)	M	21	.62	
Hageman et al. (1988)				
Nondisabled	M	21-33	.76	.88
	(E)	.67	.73	
	F	21-33	.84	.87
	(E)	.70	.70	
Chmelar et al. (1988)				
Ballet and modern dancers	F	25	.80	

Fonte: PERRINE, David H. Isokinetic exercise and assessment. USA: Huan Kinetics Publishers, 1993.

Tabela 5 - Valores Normativos de Flexão e Extensão do Joelho – Relação entre os Grupos (Porcentagem) 240° por Segundo

Estudo e população	Sexo	Idade	Perna dom.	Pernan. dom.
Schlinkman (1984)				
High school footb. Play (CG)	M	15-17	.66	
Thomas (1984)				
Nondisabled (left side)	F	35		.81
Berg et al. (1985)				
College basketball players	F	20	.76	.79
Fillaw et al. (1986)				
University soccer playres	F	19	.79	
			.51(GC)	
Burnie (1987)				
Preadolecents	M	11	.77	.81
Chmlar et al. (1988)				
Ballet and modern dancers	F	25	.90	
Lucca & Kline (1989)				
Nondisabled	F	21	.86	.82

Fonte: PERRINE, David H. Isokinetic exercise and assessment. USA: Huan Kinetics Publishers, 1993.

Tabela 6 - Valores Normativos de Flexão e Extensão do Joelho – Relação entre os Grupos (Porcentagem) 300° por Segundo

Estudo e população	Sexo	Idade	Perna dom.	Perna n.dom.
Schlinkman (1984)				
High school footb. Play. (GC)	M	15-17	.67	
Stafford & Grana (1984)				
College football players	M	20	.82	.85
Berg et al. (1985)				
College basketball players	F	20	.79	.84
Appen & Duncan (1986)				
College track athletes	M	18-21	.84	.60(GC)
Brunie (1987)				
Preadolecent gymnasts	F	11	.91	.98

Fonte: PERRINE, David H. Isokinetic exercise and assessment. USA: Huan Kinetics Publishers, 1993.

Tabela 7 - Sumário das Especificações dos Dinamômetros Isocinéticos

Dinamômetro	Modos	Velocidade do teste	Torque/limite de força
Biodex	Isocinético		
	Concêntrico	30-450°/s	450 ft-lb
	Excêntrico	5-150°/s	300 ft-lb
	Isométrico	0°/s	450 ft-lb
	Isotônico	0-450°/s	300 ft-lb
	Passivo	2-150°/s	300 ft-lb
Cyber 6000	Isocinético		
	Powered excêntrico	15-55°/s	250 ft-lb
		60-120°/s	300 ft-lb
	Powered concêntrico	15-300°/s	500 ft-lb
	CPM	60-120°/s	300 ft-lb
		5-55°/s	250 ft-lb
Kin-Com 500H	Isocinético		
	Concêntrico	1-250°/s	455 ft-lb
	Excêntrico	1-250°/s	455 ft-lb
	Isotônico		
	Concêntrico	1-250°/s	455 ft-lb
	Excêntrico	1-250°/s	455 ft-lb
	Isométrico	0°/s	455 ft-lb
	Passive	1-250°/s	450 ft-lb
Kin-Com 125 E	Isocinético		
	Concêntrico	1-250°/s	450 ft-lb
	Excêntrico	1-250°/s	450 ft-lb
	Isotônico		
	Concêntrico	1-250°/s	450 ft-lb
	Excêntrico	1-250°/s	450 ft-lb

	Isométrico	0°/s	450 ft-lb
	Passivo	1-250°/s	22 ft-lb
Lido	Isocinético		
	Concêntrico	1-400°/s	400 ft-lb
	Excêntrico	1-250°/s	250 ft-lb
	CPM	1-120°/s	250 ft-lb
	Isométrico	0°/s	350 ft-lb
	Isotônico		
	Concêntrico	1-400°/s	400 ft-lb
Merac	Isocinético		
	Concêntrico	15-500°/s	500 ft-lb
	Isotônico		
	Concêntrico	1-1000°/s	500 ft-lb
	Dinamômetro variável	1-1000°/s	500 ft-lb
	Isométrico	0°/s	500 ft-lb

Fonte: DVIR, Zeevi. Isokinetics, muscle testing, interpretation and clinical applications. New York: Churchill Livingstone, 1995.