

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUÇÃO**

A evidência de distúrbios músculo-tendíneos é observada comumente na arte das antigas civilizações. A noção do equilíbrio muscular é antiga e 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 desta articulação. Esta relação define o equilíbrio muscular (PROCHOLLE & CODINE, 1999).

A participação muscular na estabilidade de uma articulação é essencial. Portanto, torna-se necessário realizar uma avaliação funcional que aproxime a fisiologia real do gesto desportivo. Os desequilíbrios entre músculos de ações antagonistas acompanham ou favorecem o surgimento 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 são acompanhadas de uma modificação das performances musculares.

Vários autores estão igualmente interessados no equilíbrio entre músculos agonistas e antagonistas. Atualmente, estas relações constituem um dos indicadores privilegiados de prevenção. O valor de referência dessa proporção tem sido tema de grande número de pesquisas, sendo considerado o sexo, a idade, a posição do teste ou ainda o modo de contração muscular (BERNARD & PROU, 1999; MIDDLETON et al., 1998).

As lesões músculo-tendíneas constituem-se em uma patologia freqüentemente notada na prática esportiva. Graças à avaliação isocinética, pode-se evidenciar, 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 opõe-se a 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, particularmente (90%) ao nível dos membros inferiores. A freqüência das lesões nos ísquiotibiais surgem principalmente quando estes são solicitados durante certas modalidades esportivas ou na contração excêntrica dos músculos flexores do joelho.

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, favorece efetivamente a recidiva. O resultado isocinético permite, então, a determinação do movimento mais oportuno para o retorno às atividades esportivas (CROISIER et al., 1999a).

Os métodos mais comuns, aplicados na avaliação da força muscular, não oferecem qualidade suficiente para descrever dinamicamente o grupo muscular e, portanto, tornam-se insuficientes, surgindo assim o interesse por um método de performance (WALACE, 1996; CROISIER, 1996).

Os dinamômetros isocinéticos permitem o registro, em velocidades conhecidas e pré-estabelecidas, do *peak torque* instantâneo gerado pelo sujeito. Numerosos dispositivos são comercializados e podem ser adaptados à diferentes articulações, permitindo 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 & LENSEL-CORBEIL, 1999; BERNARD & PROU, 1999).

A resistência isocinética tem muitas vantagens sobre as outras formas de avaliação, e uma delas é a de 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 a isolação 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. Com isto pretende-se identificar os desequilíbrios musculares e, conseqüentemente, desenvolver um trabalho muscular que busque o equilíbrio necessário para prevenir mais lesões e desenvolver a performance do atleta.

A avaliação isocinética pode correlacionar a força de grupos musculares antagonistas e mostrar a insuficiência do desequilíbrio da força

entre os grupos musculares contrários, podendo ocasionar uma recidiva de lesões músculo-tendíneas, bem como sua prevenção.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Identificar o desequilíbrio dos músculos flexores e extensores do joelho de atletas profissionais de futebol, de modo a elaborar valores de referência que permitam a identificação de possíveis desequilíbrios musculares.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Avaliar o equilíbrio entre os extensores e os flexores do joelho em jogadores de futebol profissional;
- Apresentar tabela de referência da proporção entre os dois grupos musculares da coxa (quadríceps e ísquiotibiais);
- Comparar os valores entre jogadores com e sem história de lesão;
- Verificar se existe alteração nos grupos musculares de atletas com história de lesão.

## 1.2 Questões a investigar

Quais são os valores de referência na mensuração da força muscular dos extensores e flexores de joelho em atletas de futebol profissional?

## 1.3 Justificativa e relevância

Na prática desportiva, hoje, existe uma preocupação em verificar e mensurar as lesões ocorridas com mais frequência em membros inferiores, devido à sobrecarga músculo-tendínea que ultrapassa os limites fisiológicos, ocasionando assim um aumento de lesões no período de competições e treinamento.

A relação dos músculos agonistas e antagonistas constitui-se, durante exercícios do tipo concêntrico e/ou excêntrico, em um dos principais parâmetros de controle para a prevenção de lesões músculo-tendíneas.

A avaliação isocinética se diferencia das demais formas de avaliação por oferecer uma sobrecarga máxima durante todo o arco de movimento.

A gama de velocidade 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 realizada com um teste que se aproxime dos movimentos reais.

A importância de determinar se realmente há ligação entre o desequilíbrio entre grupos musculares antagônicos é a possibilidade de prevenção da lesão muscular através da elaboração de protocolos de exercícios específicos. BERNARD & CODINE (1999) citam que a prevenção pode interferir principalmente em dois níveis no esportista, quando ele foi

lesado e depois, em uma reeducação. Para os autores, é necessário prevenir a instalação de uma patologia crônica, que recomeça em função de uma prática. Esse tipo de prevenção diferencia-se de uma prevenção primária, o que concerne aos esportistas, independentemente de patologias mais indefinidas como sujeitos que apresentam maior propensão a outros tipos de lesões, conforme constatado nos resultados dos testes de avaliação. Referem-se ainda ao fato de que a esse tipo de prevenção associa-se uma questão importante, que incomoda todos os treinadores: o reforço muscular como forma preventiva poderia prejudicar a performance dos esportistas. Se o interesse por um reequilíbrio é reconhecido em um papel pós-operatório ou para evitar uma cirurgia, ele é muito mais difícil de interferir 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 representa 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, e justificando esta pesquisa, esta atitude preventiva poderia contribuir na redução da frequência das lesões.

A possibilidade 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 quê avaliar grupos musculares antagonistas, pode-se ainda qualificar e quantificar o desequilíbrio.

## 1.4 Delimitação do estudo

A presente pesquisa busca realizar uma revisão da literatura sobre a avaliação isocinética e as lesões musculares ligadas ao desequilíbrio entre grupos musculares antagônicos. Com isso pretendeu-se mensurar o equilíbrio muscular através da avaliação isocinética em dezenove jogadores de futebol profissional, realizadas no Centro de Isocinetismo da Universidade Tuiuti do Paraná. Foram consideradas apenas as relações do momento de força máximas dos flexores e dos extensores.

Não foram avaliadas outras correlações da força muscular entre os dois grupos, como a concêntrica/concêntrica ou excêntrica/excêntrica, ou ainda outras velocidades da forma proposta (ísquios excêntricos/quadríceps concêntricos).

Não foram considerados os graus de flexibilidade desses atletas. Foram considerados apenas o *peak torque* dos grupos avaliados (força máxima) ou a relação do momento de força máxima dos ísquios (flexores) e do quadríceps (extensores).

## 1.5 Limitações do estudo

Houve necessidade de permissão da equipe técnica para a realização do estudo, quando observou-se que nem todos os integrantes sabiam dimensionar a importância de se realizar a avaliação isocinética dos atletas.

Ao mesmo tempo, o número de profissionais que se dispuseram a participar da pesquisa não foi aquele considerado como ideal, uma vez que a agenda de jogos e treinamentos dificultou a adaptação de horários livres para a avaliação pretendida.

## **1.6 Descrição dos capítulos**

No capítulo 1, Introdução, busca-se ressaltar a importância do equilíbrio muscular como forma de evitar distúrbios musculares, que podem vir a limitar a performance do atleta, particularmente naqueles que integram a categoria profissional. Saliencia-se ainda que a avaliação isocinética pode ser um instrumento eficaz na busca deste equilíbrio, bem como na prevenção de algumas destas patologias.

No capítulo 2 foi realizada uma Revisão Bibliográfica, seguida de levantamento e análise do que já foi publicado sobre o desequilíbrio muscular, correlacionando com a lesão muscular e o método de avaliação da força mais indicada para mensurá-la entre os grupos musculares agonistas e antagonistas, enfatizando os dados normativos do trabalho excêntrico.

No capítulo 3, a Metodologia esclarece os caminhos que foram percorridos para se atingir os objetivos propostos, cita o protocolo de avaliação isocinética escolhida e descreve o procedimento metodológico.

No capítulo 4, realiza-se a Apresentação e a Discussão dos Resultados encontrados na literatura e nos dados obtidos na avaliação.

No capítulo final, são apresentadas as Conclusões e Recomendações para futuras pesquisas, dando continuidade ao estudo.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISÃO DA LITERATURA**

Dada a importância dos estudos dirigidos à avaliação isocinética com vistas às lesões musculares e ao desequilíbrio muscular entre grupos musculares antagônicos, o embasamento teórico proposto por diversos autores é de extrema relevância para que se possa validar a discussão sobre este tema.

## **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 lhe 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 surge apenas quando o joelho está fletido (KAPANDJI, 1990).

O principal grupo muscular que contribui para a flexão da perna é o dos ísquiotibiais 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 à suas inserções nos lados da articulação (HAMILL & 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 semimenbranoso produzem a flexão

e a rotação medial da perna (SMITH et al., 1997; HAMILL & KNUTZEN, 1999; KAPANDJI, 1990).

Os ísquiostibiais 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 ísquiostibiais ficam retraídos, eles oferecem maior resistência à extensão da articulação do joelho pelo quadríceps femoral, impondo uma maior carga sobre esse grupo (HAMILL & KNUTZEN, 1999).

KAPANDJI (1999) cita que os ísquiostibiais 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 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.

SMITH et al. (1997), citam que vários músculos passam posteriormente ao eixo de flexão e extensão do joelho, contribuindo para uma extensão variável de flexão do joelho. Estes músculos são: o bíceps da coxa, o semitendinoso, o semimembranoso (coletivamente chamados ísquiostibiais), o gastrocnêmio, o plantar, o poplíteo, o grácil e o sartório.

O grupo de músculos quadríceps da coxa estende o joelho e consiste em quatro músculos: reto da coxa, vasto lateral, vasto medial e vasto intermediário. Estes quatro músculos formam uma única fixação distal forte da patela, cápsula do joelho e superfície proximal da tibia (SMITH et al., 1997; HAMILL & KNUTZEN, 1999).

A musculatura que produz o movimento de extensão é também usada

freqüentemente no movimento humano para contrair e desacelerar excentricamente uma perna que se flexiona rapidamente. Felizmente, o grupo quadríceps femoral, o produtor de extensão no joelho, é um dos grupos musculares mais fortes do corpo (HAMILL & KNUTZEN, 1999).

## **2.2 Lesões musculares**

Segundo HAMILL & KNUTZEN (1999), podem ocorrer lesões no músculo esquelético durante uma série de exercícios intensos, 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 tumefação, inflamação localizada, dor na contração e também durante o alongamento e espasmo muscular; grau 3, quando ocorre uma ruptura completa do tecido, levando à hipersensibilidade local, depressão palpável e visível e 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:** se caracteriza como uma reação muscular global dolorosa à palpação, que surge 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:** 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. As câibras acontecem, geralmente, durante períodos de atividade física excessiva. Elas podem ocorrer devido a um aquecimento insuficiente, uma recuperação ativa depois de um exercício muito curto, uma técnica defeituosa, ou um esforço isométrico muito pronunciado. Um déficit de potássio, magnésio e cálcio também pode ser responsável.
- **Contratura:** onde o paciente refere um estado doloroso ao repouso e ao estiramento e, principalmente, à uma contração contra resistida. O excesso de trabalho provoca um acúmulo local de ácido láctico e 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.

- **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, porém 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:** pode ter vários graus de gravidade; o primeiro, quando há lesão de algumas miofibrilas seguidas de um esforço violento; o segundo, quando há ruptura de um número mais importante 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) lembra ainda 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 & VILARTA (1998) explicam que o torque de uma articulação excede àquele 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 musculoesqueléticas. Para o autor, a região músculo-tendinosa deve ser mais suscetível à lesões pelo fato de oferecer maior resistência e inflexibilidade.

ANTUNES NETO & VILARTA (1998) citam que o citoesqueleto das células musculares é formado pelo exosarcômero, que é composto, por sua vez, de 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 e titina, que centraliza e orienta espacialmente a miosina).

A contração excêntrica pode induzir a 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 à ruptura dos sarcômeros e do sarcolema (ANTUNES NETO & VILARTA, 1998). O autor ainda explica que o cálcio pode entrar na célula pelos canais de cálcio do sarcolema ou pela ruptura de alguma estrutura do sarcolema, e que o acúmulo de cálcio pode alterar relações de síntese e degradação protéica no músculo e estimular processos sensíveis à

sua concentração elevada. As estruturas do retículo sarcoplásmico e suas funções são alteradas com exercícios excêntricos exaustivos, assim como os canais de liberação e recapturação 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 edema e 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 surge o mais perceptível indicador da lesão tecidual, a dor muscular tardia (ANTUNES NETO & VILARTA, 1998).

Deve-se ressaltar que estes autores (*Op cit*) consideram 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 em 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, podendo promover uma elevada força tensil, principalmente nas áreas de ligação músculo-tendínea)
- 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 excêntrica. Os músculos biarticulares correm risco de lesão porque podem ser alongados em duas articulações diferentes. Os músculos utilizados para concluir uma amplitude de movimento correm risco de lesão porque são usados excêntrica para reduzir a velocidade de um membro que está se movendo muito rapidamente (HAMILL & KNUTZEN, 1999).

HAMILL & KNUTZEN (1999) citam que os ísquiotibiais, 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 à suas ações como rotadores, ou como desaceleradores dos membros, do que como flexores do joelho, quando os ísquiotibiais 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. Aparecem, com freqüência, das lesões nos ísquiotibiais, principalmente quando eles são solicitados durante certas modalidades esportivas ou na contração excêntrica dos músculos flexores do joelho.

## 2.3 Tipos de fibras musculares

Os exercícios resistidos solicitam basicamente dois tipos de fibras musculares distintas presentes nos músculos esqueléticos que foram identificadas 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 à fadiga e de metabolismo aeróbico. Possuem um número elevado de mitocôndrias, coloração vermelha face à 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, caracterizadas pelos exercícios de baixa intensidade e longa duração, como por exemplo maratonistas e 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 exercícios 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 Ila 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 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. Caracteriza-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. Ex: 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 Força muscular**

Conforme VERKHOSHANSKI (2001), a força muscular é uma das propriedades básicas da motricidade, determinando o rendimento físico.

Do ponto de vista físico, a força pode ser traduzida como o produto de uma massa por sua aceleração, sendo a força-peso medida em newtons (N) e dada pela massa multiplicada pela aceleração da gravidade.

Considerando-se este conceito de força relacionado ao movimento desportivo, pode-se distinguir a força interna, produzida por músculos, ligamentos e tendões, e a força externa, que atua externamente ao corpo humano, como por exemplo a gravidade, o atrito, a resistência do ar, a oposição exercida por um adversário ou por um peso a ser levantado.

Para GHORAYEB & BARROS (1999), a força é diretamente proporcional à capacidade contrátil, que, por sua vez, depende da quantidade contrátil nas fibras musculares e da capacidade de recrutamento.

TEIXEIRA (2001) afirma que a força muscular pode ser dividida em:

- Força máxima;
- Resistência de força;
- Força explosiva.

Força Máxima refere-se à quantidade de força que um músculo é capaz de desenvolver com uma máxima contração voluntária. Entre outras formas, pode ser calculada por meio da quantidade máxima de peso levantado em uma repetição única (1 repetição máxima - 1RM) (TEIXEIRA, 2001).

Está diretamente relacionada com o peso corporal, ou seja, indivíduos com maior massa corporal tendem a atingir um valor mais elevado de força máxima (REIS, 2001).

VALDIVIENSO (2001) cita que o treinamento de força máxima é feito a partir do treinamento para a hipertrofia muscular, que, por sua vez, segundo

GHORAYEB & BARROS (1999), se caracteriza por um aumento de volume das fibras musculares.

Para CANAVAN (2002), a hipertrofia muscular não ocorre de maneira uniforme entre as fibras musculares de contração rápida e aquelas de contração lenta. Estudos demonstraram que as fibras musculares de contração rápida respondem mais à hipertrofia do que as fibras musculares de contração lenta.

## **2.5 Fisiologia da contração muscular**

Para melhor entendimento sobre a fisiologia e o mecanismo da contração muscular, deve-se, inicialmente, compreender a estrutura do músculo esquelético.

A transmissão da força de contração muscular é transmitida através do tecido conjuntivo a tendões, ligamentos, aponeuroses e principalmente o osso.

O corpo humano contém mais de quatrocentos músculos esqueléticos voluntários, os quais representam 40-50% do peso corporal total. O músculo esquelético tem três funções principais: (1) produção de força para a locomoção e respiração, (2) produção de força para a sustentação postural e (3) produção de calor durante a exposição ao frio (POWERS & HOWLEY, 2000).

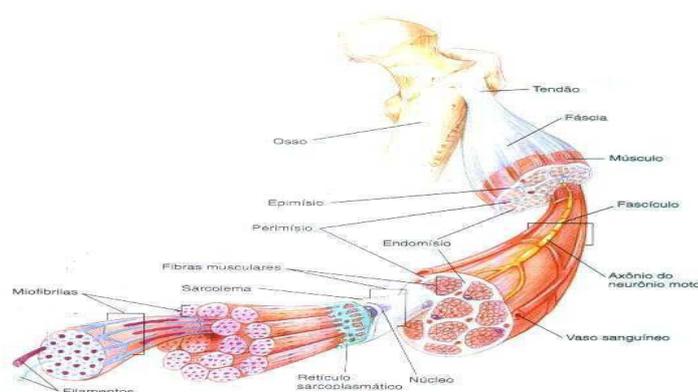
De acordo com GUYTON & HALL (1997), o músculo é envolto por uma camada de tecido conjuntivo, o epimísio, que contém em seu interior fibras musculares organizadas em feixes denominados fascículos, envoltos também

por tecido conjuntivo. Cada fibra possui uma cobertura ou membrana, o sarcolema, composta de uma substância semelhante a gelatina, sarcoplasma.

O responsável pelos movimentos corporais é o tecido muscular. Na sua estrutura existem células alongadas, com presença de grande quantidade de filamentos citoplasmáticos que permitem a contração muscular. A célula muscular se diferencia de acordo com suas formas e funções, e pode caracterizar três tipos de tecido muscular: o músculo liso, o estriado cardíaco e o estriado esquelético (ROSS & ROWRELL, 1993; JUNQUEIRA & CARNEIRO, 1995).

Existem três camadas separadas de tecido conjuntivo no músculo esquelético. A camada mais externa, que envolve todo o músculo, é denominada epimísio. No interior do epimísio, encontra-se um tecido conjuntivo denominado perimísio, que envolve feixes individuais de fibras musculares. Esses feixes individuais de fibras musculares são denominados fascículo. Cada fibra muscular de um fascículo é revestida por um tecido conjuntivo denominado endomísio (POWERS & HOWLEY, 2000).

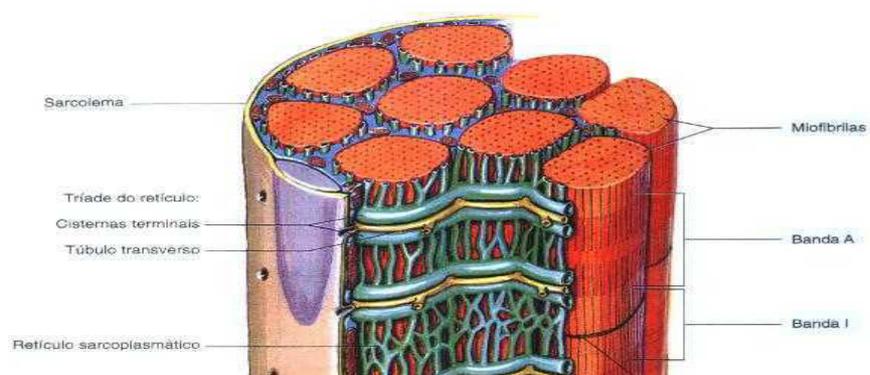
Figura 1 – Tecido Conjuntivo que envolve o Músculo Esquelético



Fonte: POWERS, S.K; HOWLEY, E.K. **Fisiologia do exercício**. São Paulo: Manole, 2000. p.127

As fibras musculares individuais são compostas por centenas de filamentos protéicos denominados miofibrilas. As miofibrilas contêm dois tipos principais de proteína contrátil: (1) actina (parte das fibras finas) e (2) miosina (principal componente dos filamentos espessos). As miofibrilas ainda podem ser subdivididas em segmentos individuais denominados sarcômeros (POWERS & HOWLEY, 2000).

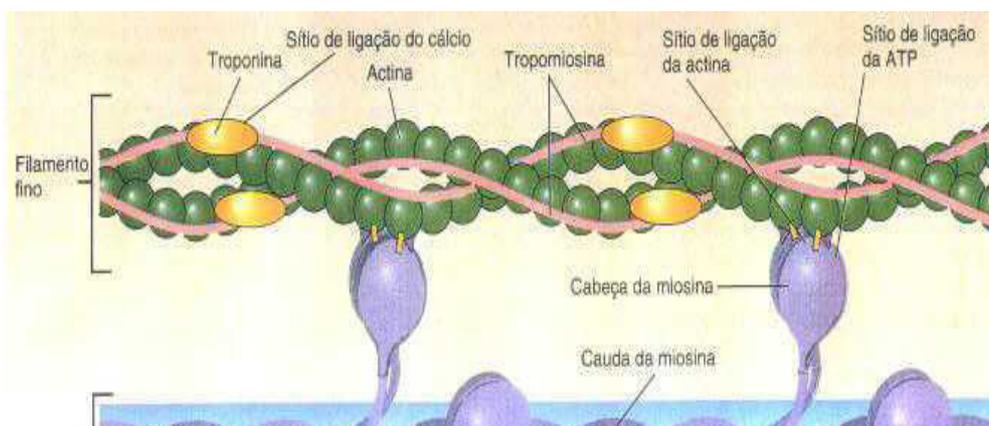
Figura 2 - Microestrutura do Músculo



Fonte: POWERS, S.K; HOWLEY, E.K. **Fisiologia do exercício**. São Paulo: Manole, 2000. p.128.

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 associada 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 da actina fiquem livres para interagir com as cabeças das moléculas de miosina (ÉSBERARD, 1996; FLECK & KRAEMER, 1999; FOSS & KETAYIAN, 2000).

Figura 3 – Relações Propostas entre Troponina, Tropomiosina, Pontes Cruzadas da Miosina e Cálcio



Fonte: POWERS, S.K; HOWLEY, E.K. **Fisiologia do exercício**. São Paulo: Manole, 2000. p.130.

Durante o repouso, o ATP liga-se a ATPase das cabeças da miosina para alcançar a molécula de ATP e liberar energia. A miosina precisa da actina, que atua como co-fator. 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, o que resulta em nova condição que conduz à contração. Com a combinação da troponina C, o complexo miosina com ATP é acionado, resultando em energia.

A teoria mais aceita é a do filamento deslizante, o qual sugere que o encurtamento muscular ocorre em decorrência do filamento de actina sobre o filamento de miosina (POWERS & HOWLEY, 2000).

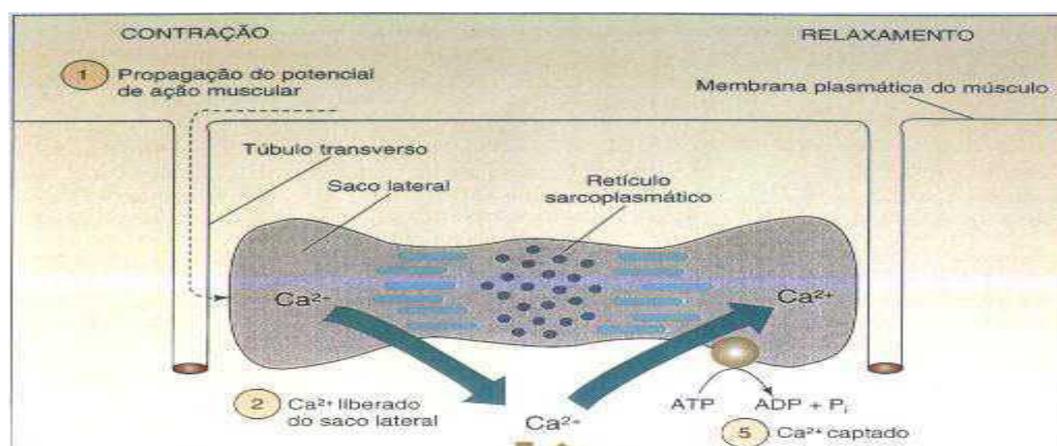
A maneira exata pela qual o processo de deslizamento é feito ainda não foi elucidada por completo. O que irá acionar esse processo de

encurtamento é a ação das pontes cruzadas da miosina que fixam-se, rodam e separam-se dos filamentos de actina periodicamente, com a utilização da energia vinda das moléculas de ATP (MCARDLE et al.,1998; FOSS & KETEVIAN, 2000).

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

O processo de excitação ocorre com a geração de um potencial de ação num motoneurônio, que leva à liberação de acetilcolina. A acetilcolina liga-se aos receptores da placa motora, produzindo um potencial na placa motora que acarreta uma despolarização, conduzida através dos túbulos transversos profundamente na fibra muscular. Essa despolarização resulta na liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático, iniciando o ciclo de contração (POWERS & HOWLEY, 2000).

Figura 4 – Ilustração dos Passos Envolvidos na Excitação, Contração e Relaxamento Muscular



Fonte: POWERS, S.K; HOWLEY, E.K. **Fisiologia do exercício**. São Paulo: Manole, 2000. p.133.

A contração muscular é um processo complexo, que envolve diversas proteínas celulares e sistemas de produção de energia. O resultado é o deslizamento da actina sobre a miosina fazendo com que o músculo encurte e, conseqüentemente, desenvolva tensão (POWERS & HOWLEY, 2000).

## **2.6 Tipos de contrações musculares**

A maior e mais freqüente fonte de força gerada no corpo humano é aquela realizada pela contração dos músculos. Forças passivas adicionais ocorrem pela tensão das fâscias, ligamentos e estruturas não contráteis dos músculos.

Normalmente, os músculos nunca se contraem isoladamente, porque isto produziria um movimento não funcional estereotipado. Por exemplo, a contração isolada do bíceps do braço produziria flexão no cotovelo, supinação do antebraço e flexão do ombro. Em vez disso, diversos músculos em uma refinada combinação de forças contribuem para produzir a força desejada e o resultante movimento ou composição do segmentos.

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

Quando um músculo contrai-se e produz força sem alteração macroscópica no ângulo da articulação, a contração é dita isométrica. As contrações isométricas são muitas vezes chamadas de contrações estáticas ou de sustentação, normalmente utilizada na manutenção da postura.

A contração isométrica ocorre quando se desenvolve uma tensão, porém, sem qualquer modificação no comprimento externo do músculo (FOSS & KETEVIAN, 2000). SMITH et al. (1997) nos diz que na contração isométrica o comprimento muscular é constante, não existindo movimento articular; é uma contração estática, normalmente usada na manutenção de posturas.

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 dividido 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 há 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 àquela produzida pela tensão no 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 & KETEVIAN, 2000).

## **2.7 Desequilíbrio entre grupos antagonistas**

Do ponto de vista muscular, o esporte treina, em função da disciplina, um certo número de adaptações de natureza metabólica e mecânica. Às vezes,

o desenvolvimento dessas capacidades musculares podem se dar de forma desarmoniosa entre os lados dominante e contralateral, grupos agonistas e antagonistas, favorecendo assim o surgimento de traumatismos (BERNARD & PROUD, 1999).

BERNARD & CODINE (1999) citam que os desequilíbrios musculares aparecem freqüentemente nos esportistas.

A análise do gesto explica a prevalência de um grupo muscular na assimetria existente entre todo o lado dominante e o lado oposto.

O esporte de alto nível faz com que a repetição de um gesto estereotipado e a especificidade do treinamento ocasionem modificações freqüentes da forças muscular. CROISIER (1998) explica ainda que as adaptações concernem regularmente aos músculos agonistas, pela atividade ao nível da performance, tanto que seus antagonistas, não citados, tinham pouco desenvolvimento.

## **2.8 Avaliação isocinética**

SMITH et al. (1997) explica 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, possibilitando aos 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.

THISTLE (1993) cita que o conceito de exercício isocinético tem sido desenvolvido e introduzido na literatura científica desde 1967 por Hislop e Perrine. Segundo HAMILL & KNUTZEN (1999) esse exercício precisa ser feito em um dinamômetro isocinético que permita o isolamento do 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 necessária 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

evoluíram de tal forma, depois das primeiras aplicações realizadas por Hislop & Perrine que, motivados pela NASA, as indicações de utilização dessa técnica se multiplicaram e evoluíram, primeiro para os grupos musculares das articulações periféricas tais como joelho, tornozelo, polegar, cotovelo, ombro, quadril; sobre a coluna vertebral dorso-lombar, depois cervical; no contexto osteoarticular pós-traumático, pós-operatório ou em patologias degenerativas, em modo concêntrico e 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 módulo 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 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, 1996; 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 velocidades de atividades 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, 1996; DVIR, 1995).

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

*“O exercício isocinético contém três componentes principais: aceleração, desaceleração e 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 e 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 da 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, 1996; DVIR, 1995).

### 2.8.1 Indicações da avaliação isocinética

Segundo VOISIN & VANVELCENAHAR (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 a 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 para o enriquecimento do dossiê médico do estado do componente muscular. Testar essa musculatura quando ela é sã, permite justificar ações preventivas."*

## 2.8.2 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 (a 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? Ocorre em função do modo de contração?), sinais inflamatórios ou estado geral fraco (estado cardio vascular, gravidez). A redução importante da amplitude articular deixa a avaliação muito crítica e mecanicamente pouco confortável (VOISIN & VANVELCENAHHER, 1998).

## 2.8.3 Dados isocinéticos

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

- Pico de torque que é medido de acordo com as mudanças, devido as 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: Torque (N . m) = Força (N) x 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-tendinosa, forças de contato articulares e, em alguns casos, forças de translação articulares. O torque diminui com o aumento das velocidades angulares, e 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, às 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-se esta medição, pode-se 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. Permitem a comparação com dados normativos 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, um teste de resistência, com 6 a 60 repetições de um determinado movimento, onde o computador registra o trabalho total desenvolvido na metade inicial e final do teste, calculando um índice de resistência. Um índice elevado é indicativo de pequena queda do trabalho muscular ao longo do trabalho prolongado.

Tratam-se de testes que envolvem metabolismo predominantemente anaeróbico, devido ao pequeno tempo necessário à 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 pelo qual são calculados os déficits. Embora expressos como uma porcentagem dentro do relatório, déficits são diferentes de proporções, também expressas em porcentagens e usadas para avaliar grupos de músculos opostos. Déficit 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 da metade (apenas 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. As proporções de grupos de músculos opostos são calculados dividindo-se a pontuação de grupo de músculos normalmente mais fracos pela pontuação de grupo de músculos normalmente mais forte, multiplicando-se o resultado por 100 para obter uma porcentagem (Cybex Norm- User's Guide, 1996).

## **CAPÍTULO III**

### **MÉTODO**

#### **3.1 Classificação da pesquisa**

##### **3.1.1 Natureza da pesquisa**

Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa de campo de natureza descritiva, descrevendo as características da população para aplicação prática do isocinético dirigido a pacientes com ou sem histórico de lesão muscular e com propensão a um desequilíbrio muscular. (GIL, 1991)

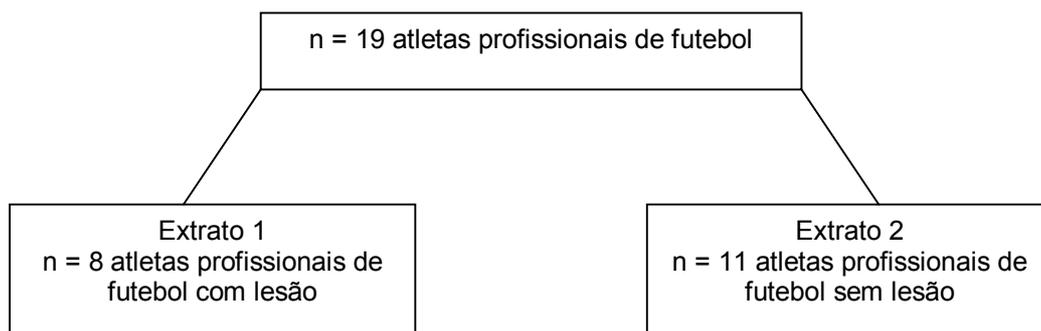
É também um estudo quantitativo, pois considera que o desequilíbrio muscular pode e deve ser quantificado. De acordo com dados quantificáveis oferecidos pela avaliação isocinética são classificados os desequilíbrios em relação aos dados normativos, que desta forma podem ser tratados.

##### **3.1.2 Características da população**

A população é composta por jogadores de futebol profissional atuantes nas equipes de futebol na região de Curitiba e a amostra é do tipo intencional, pois foi composta de 19 indivíduos do sexo masculino, atletas profissionais de

futebol, com idade entre 18 e 25 anos, sendo  $n=8$  indivíduos (constituindo o extrato 1 dos atletas que apresentaram lesões), e  $n=11$  indivíduos (comparando com o extrato 2 dos atletas sem história de lesões).

### 3.1.2.1 Esquema de amostra



### 3.1.3 Materiais e métodos

O presente estudo foi realizado no Centro de Reabilitação de Isocinetismo da Universidade Tuiuti do Paraná, no período de fevereiro de 2001, com 19 atletas de futebol profissional, do sexo masculino, que realizaram o teste isocinético. A pesquisa foi de natureza descritiva.

O método foi desenvolvido a partir das seguintes abordagens:

- aquecimento prévio em bicicleta ergométrica durante 10 minutos, sem resistência;
- alongamento da musculatura anterior e posterior da coxa;
- exame isocinético da musculatura de quadríceps e ísquiotibiais (vide protocolo do teste);

- desaquecimento através de movimentos de bicicleta por 5 minutos, em baixa velocidade e sem resistência;
- elaboração do laudo isocinético do teste realizado;
- análise estatística do intervalo de confiança, envolvendo o teste de significância "t" de Student na totalidade dos indivíduos do grupo amostral e de controle.

### 3.2 Protocolo

Foi utilizado um protocolo referenciado por CROISIER (1999) em suas pesquisas isocinéticas.

Este protocolo de flexão e extensão do joelho está cadastrado no programa *Cyber Norm* como protocolo 101 (*knee extension/flexion*).

Os atletas foram submetidos aos movimentos de flexão e extensão bilateral do joelho, utilizando primeiramente o membro não envolvido (no caso o membro não dominante), em seguida, o membro envolvido (membro dominante).

Na avaliação foi utilizada a seguinte velocidade:

- a) Velocidade angular constante de 240 no modo concêntrico, sendo três repetições de 240 para adaptação do paciente ao exercício. Após este momento foi realizado o teste propriamente dito, com uma série de 5 repetições.
- b) No modo excêntrico foram realizados movimentos com velocidade de 30 com três repetições para adaptações e três repetições para o protocolo.

c) No modo Concêntrico/Excêntrico foram realizados movimentos com 120 com a realização de três repetições para adaptação e uma série de quatro movimentos para o protocolo proposto.

### 3.3 Coleta de dados

Inicialmente esclareceu-se o paciente quanto ao procedimento a ser realizado, as sensações do teste e de como ele se sentiria durante a realização do mesmo.

No teste isocinético para a articulação do joelho, o paciente foi posicionado sentado e realizou fixações mediante o uso de cinto de segurança a nível de tórax e abdominal (Figura 5).

Figura 5 - Fixação do Paciente na Cadeira



Para realizar o teste de força entre flexores e extensores do joelho, utilizou-se o aparelho isométrico (Fig. 6).

Figura 6 - Aparelho Isocinético Cybex Modelo Norm



### 3.3.1 Aquecimento

Antes de iniciar o teste, os atletas realizaram um aquecimento com a utilização de uma bicicleta ergométrica durante 10 minutos (Fig. 7), e após, alongamentos prévio dos extensores e flexores do joelho de ambos os membros com duração de 30 segundos (Fig. 8).

Figura 7 - Aquecimento com a Bicicleta Ergométrica Anterior à Avaliação



Figura 8 - Alongamento Prévio dos Extensores e Flexores do Joelho



### 3.3.2 Descrição do posicionamento do atleta no aparelho

Para estabilização do membro a ser testado foi utilizado velcro (correia de estabilização) ao nível do terço distal da coxa e do braço móvel do dinamômetro, ao nível do 1/3 distal da perna (Fig. 9).

Figura 9 - Estabilização do Membro a ser Testado



A angulação de inclinação da cadeira do teste em relação ao tronco do paciente é de 85°, ótimo para testar ambos os flexores e extensores do joelho (este ajuste é feito pela manivela situada atrás da cadeira). A cadeira foi presa no monotrilho numa escala de 38° e 40° na escala de rotação da cadeira. A perna fica apoiada atrás dos estabilizadores do membro contralateral (Fig. 10).

Figura 10 - Angulação de Inclinação da Cadeira no Teste



A angulação de inclinação da cadeira no teste em relação ao tronco do paciente foi de  $85^{\circ}$  e com  $40^{\circ}$  na escala de rotação da cadeira

O eixo de rotação do dinamômetro corresponde ao eixo do côndilo femoral do membro a ser testado. A escala de inclinação do dinamômetro é zero (00), a escala de altura é oito (08) e a escala de rotação é de quarenta (40) (Fig 11).

Figura 11 - Dinamômetro Isocinético



Para o ajuste da ADM, o terapeuta seleciona a janela de *Pattern Selection*; o protocolo é de flexão e extensão do joelho, cadastrado no programa *Cyber Norm* como protocolo 101 (*knee extension/flexion*). O membro que está sendo examinado é registrado como direito ou esquerdo. Após identificado o zero anatômico, através da extensão completa de joelho, é configurado o movimento, onde o atleta é instruído a realizar extensão e flexão da articulação, marcando-se a amplitude do movimento articular (0) de extensão e 100 (de flexão). Todos os atletas foram mensurados nesta mesma amplitude de movimento para que os resultados fossem fidedignos. O registro da ADM é marcado por letras localizadas no dinamômetro e freios de segurança são colocados nas respectivas marcas; em seguida, realiza-se o ajuste da gravidade para minimizar o efeito da mesma.

Figura 12 - Ajuste da ADM



A figura 12, acima, mostra a tela do isocinético, no qual é feito o ajuste referente à extensão máxima de joelho, que é devidamente gravado no *winchester*, e posteriormente é realizado o ajuste da flexão de joelho a 100°, que também é registrado na memória.

### 3.4. Metodologia Estatística de Análise

#### a) Estatísticas Descritivas

São apresentadas as médias dos resultados, intervalos de confiança para as médias, valor mínimo, valor máximo e desvios-padrão das variáveis “**Testes**” e “**Relação I/Q**”, bem como Gráficos dos resultados e gráficos “Box-Plot” que permitem visualização do grau de variabilidade das aferições dos testes, em cada grupo de dados. As medidas e técnicas descritivas são expostas para entendimento do comportamento das variáveis e são úteis para análise dos efeitos dos testes isocinéticos, aplicados na presente pesquisa. Em todos os casos, as variáveis estão codificadas conforme a Tabela 1, ou com códigos muito próximos ao que consta nesta tabela, de acordo com a necessidade de apresentação da variável.

## b) Testes de Hipóteses

São utilizados testes “**t de Student**” para diferença entre duas médias amostrais e, quanto à independência entre as amostras envolvidas nos testes, são consideradas duas condições de amostras:

- **Amostras Independentes:** Quando se trata de comparação de médias entre grupos de Não-Lesionados contra Lesionados.
- **Amostras Dependentes:** Quando se quer comparar médias dos lados esquerdo e direito, na mesma unidade experimental.

As suposições paramétricas de Normalidade dos dados são aceitas para os resultados, o que possibilita a utilização do teste “t de Student”. Mesmo assim, foram aplicados testes não-paramétricos de Wilcoxon, que compara médias sem a suposição de Normalidade, porém, como não foram encontradas divergências de resultados, não são mostrados aqui.

## CAPÍTULO IV

### Apresentação dos resultados e discussão

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos de acordo com os objetivos propostos, através das tabelas e gráficos deste estudo.

Os grupos de estudo foram divididos em cinco tabelas e cinco gráficos.

Na tabela 1 verificamos a média de força em n/m, intervalo de confiança, desvio padrão, considerando os membros inferiores direito e esquerdo com as velocidades 30° e 120° por segundo na musculatura ísquiotibiais excêntrico, e na musculatura quadríceps concêntrico direito esquerdo a 240° por segundo e na relação I/QD nas velocidades 30° 240° e 120° 240° por Segunda e I/QE nas velocidades 30° 240° e 120° e 240° por segundo.

Tabela 1 - Atletas Não-Lesionados – Testes e Relação I / Q

RESULTADOS DOS TESTES ISOCINÉTICOS							
Membro Testado	Tipo de Extensor (graus/seg)	Média (N.m)	Intervalo de Confiança para a Média		Mínimo (N.m)	Máximo (N.m)	Desvio Padrão
			-95%	95%			
Isquiotibial Direito (ID)	Excêntrico 30°	151,091	125,477	176,705	79	210	38,127
	Excêntrico 120°	160,182	135,572	184,792	92	210	36,633
Isquiotibial Esquerdo (IE)	Excêntrico 30°	136,727	116,873	156,582	87	171	29,554
	Excêntrico 120°	149,909	130,006	169,812	117	208	29,626
Quadríceps Direito (QD)	Concêntrico 240°	151,455	138,632	164,277	122	191	19,086
Quadríceps Esquerdo (QE)	Concêntrico 240°	150,000	136,460	163,540	121	189	20,154

RELAÇÃO: I / Q (ISQUIOTIBIAIS / QUADRICEPS)							
Isquiotibial / Quadríceps	Velocidade Relacionada (graus/seg)	Média Relação I / Q	Intervalo de Confiança para a Relação I / Q		I / Q Mínimo	I / Q Máximo	Desvio Padrão
			-95%	95%			
Direito (IQD)	30°240°	1,005	0,836	1,173	0,564	1,331	0,251
	120°240°	1,064	0,904	1,225	0,657	1,438	0,239
Esquerdo (IQE)	30°240°	0,920	0,781	1,060	0,576	1,219	0,207
	120°240°	1,004	0,884	1,124	0,753	1,414	0,178

Nota: Amostra de 11 atletas não lesionados.

LEGENDA:

ID – Isquiotibial Direito

IE – Isquiotibial Esquerdo

QD – Quadríceps Direito

QE – Quadríceps Esquerdo

IQD – Isquiotibial do Quadríceps Direito

IQE – Isquiotibial do Quadríceps Esquerdo

▪ 95% limite superior

▪ 95% limite inferior

A média de força em n/m na musculatura ísquiostibiais excêntrico com a velocidade 30° e 120° por segundo e na musculatura quadríceps direito e esquerdo concêntrico a 240° por segundo, observou-se uma diferença do lado direito para o lado esquerdo, ou seja, a força é maior no lado direito do que no lado esquerdo, e na relação I/QD e I/QE nas velocidades 30° e 240° por segundo e I/QE nas velocidades 120° e 240° e I/QE na mesma velocidade também apresentaram diferença de força n/m, sendo que o lado direito comparado com o lado esquerdo é maior.

No intervalo de confiança considerando as velocidades 30° e 120° por segundo na musculatura ísquiostibiais direito e esquerdo excêntrico e quadríceps direito e esquerdo a 240° por segundo o limite inferior e superior é maior no lado direito. Na relação I/QD e I/QE nas velocidades de 30° e 240° e 120° e 240° o limite inferior e superior também é maior no lado direito em indivíduos não lesionados.

Considerando o desvio padrão, verificou-se que nas velocidades de 30° e 120° por segundo na musculatura ísquiostibiais direito e esquerdo excêntrico o desvio padrão é maior no lado direito comparado ao lado esquerdo nestas velocidades; na musculatura no quadríceps direito concêntrico na velocidade 240° por segundo considera-se um valor maior no lado esquerdo comparado com o lado direito neste velocidade, já na relação I/QD e IQE as velocidades 30° e 240° por segundo e I/QE com as velocidades de 120° e 240° por segundo, o desvio padrão no lado direito é maior do que no lado esquerdo.

Observou-se que existe uma diferença do lado direito para o lado esquerdo nas velocidades 30° e 120° por segundo excêntrico e com

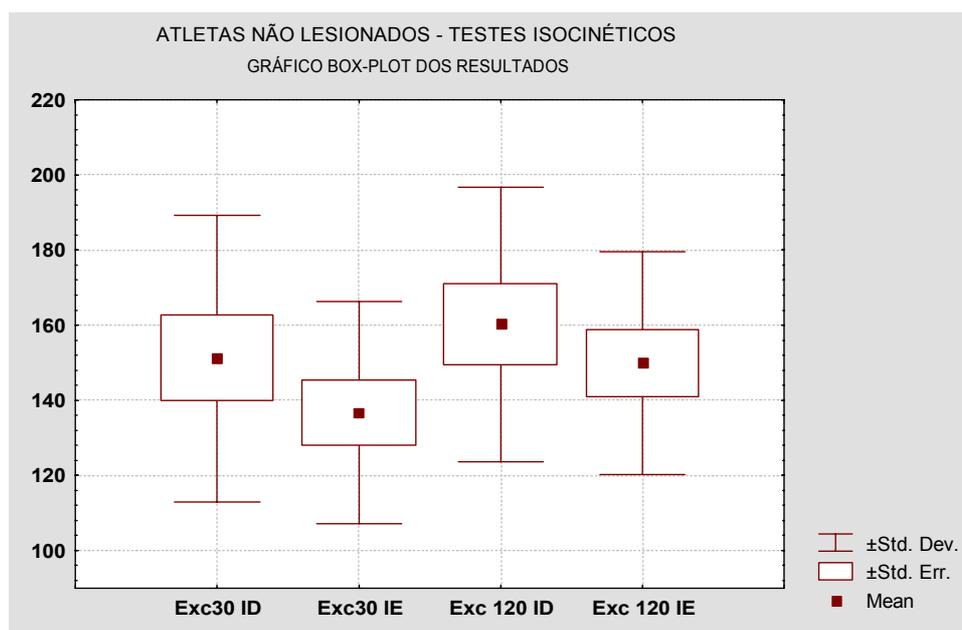
concêntrico a 240° por segundo, sendo que no desvio padrão o quadríceps esquerdo é maior que o direito.

BERNARD & CODINE (1999) citam que o desequilíbrio muscular aparece freqüentemente nos esportistas.

A análise do gesto desportivo explica a prevalência de um grupo muscular na assimetria no lado dominante e o lado oposto.

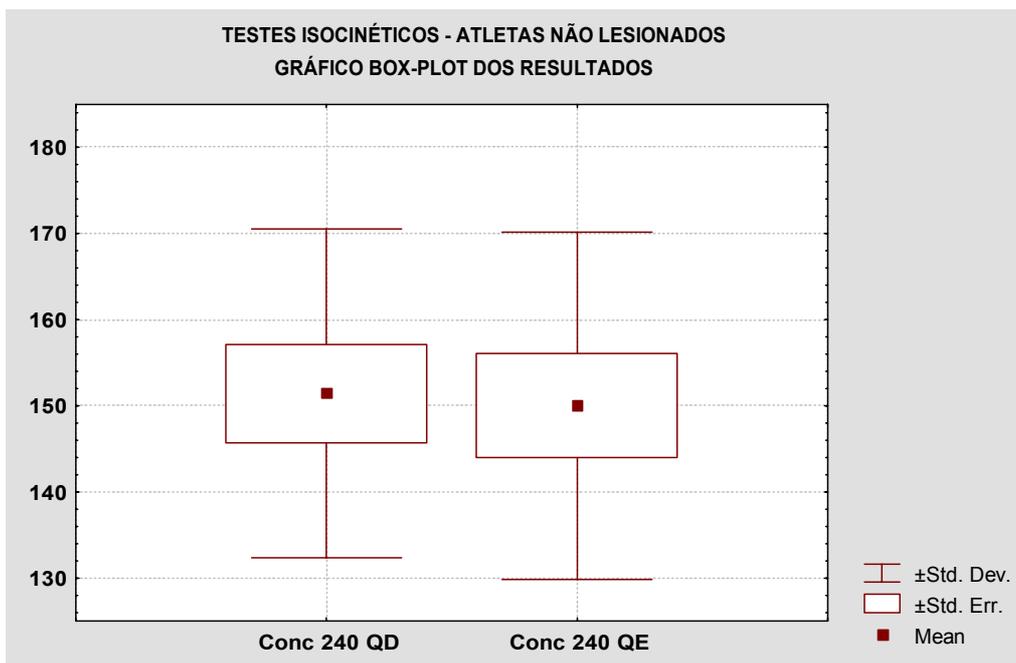
O esporte de alto nível faz com que a repetição de um gesto estereotipado e especificidade do treinamento ocasione modificações freqüentes da força muscular.

Gráfico 1 - Atletas Não Lesionados - Resultados dos Testes Isocinéticos “Excentrics Extensors”: Lado Direito x Lado Esquerdo – 30°/seg e 120°/seg



Neste gráfico constatamos que o lado direito comparado com o lado esquerdo nas velocidades de 30° e 120° por segundo na musculatura ísquio tibiais excêntrico a força de n/m é maior na musculatura do lado direito em atletas não lesionados.

Gráfico 3 - Atletas Não Lesionados - Resultados dos Testes Isocinéticos - “Concentrics Extensores”: Lado Direito x Lado Esquerdo – 240°/seg



No gráfico 3, mostra que a musculatura quadríceps direito esquerdo concêntrico na velocidade de 240° por segundo apresenta uma diferença mínima de força n/m no lado direito em relação ao lado esquerdo.

Na tabela 2 analisamos a média de força , intervalo de confiança e seu desvio padrão, nos membros inferiores direito e esquerdo na musculatura ísquio tibiais na velocidade de 30° e 120° por segundo excêntrico, na musculatura quadríceps concêntrico a 240° por segundo e na relação I/QD e I/QE com velocidades respectivamente 30° 240°, 120° 240° por segundo em atletas lesionados.

Tabela 2 - Atletas Lesionados – Testes e Relação I / Q

RESULTADOS DOS TESTES ISOCINÉTICOS							
Membro Testado	Tipo de Extensor (graus/seg)	Média (N.m)	Intervalo de Confiança para a Média		Mínimo (N.m)	Máximo (N.m)	Desvio Padrão
			-95%	95%			
Isquiotibial Direito (ID)	Excêntrico 30°	145,875	107,251	184,499	63	206	46,200
	Excêntrico 120°	151,125	111,015	191,235	81	197	47,977
Isquiotibial Esquerdo (IE)	Excêntrico 30°	153,625	134,809	172,441	128	188	22,507
	Excêntrico 120°	156,125	135,369	176,881	109	186	24,828
Quadríceps Direito (QD)	Concêntrico 240°	153,625	134,979	172,271	131	189	22,303
Quadríceps Esquerdo (QE)	Concêntrico 240°	150,250	133,066	167,434	124	182	20,555
RELAÇÃO: I / Q (ISQUIOTIBIAIS / QUADRICEPS)							
Isquiotibial / Quadríceps	Velocidade Relacionada (graus/seg)	Média Relação I / Q	Intervalo de Confiança para a Relação I / Q		I / Q Mínimo	I / Q Máximo	Desvio Padrão
			-95%	95%			
Direito ( IQD )	30°240°	0,952	0,720	1,184	0,401	1,313	0,278
	120°240°	0,984	0,741	1,228	0,516	1,405	0,291
Esquerdo ( IQE )	30°240°	1,027	0,929	1,126	0,851	1,206	0,118
	120°240°	1,047	0,900	1,193	0,879	1,413	0,175

Nota: Amostra de 8 atletas lesionados.

LEGENDA:

ID – Isquiotibial Direito

IE – Isquiotibial Esquerdo

IQD – Isquiotibial do Quadríceps Direito

IQE – Isquiotibial do Quadríceps Esquerdo

- 95% limite superior
- 95% limite inferior

Em atletas lesionados a média de força n/m na musculatura ísquios tibiais direito e esquerdo excêntrico nas velocidades de 30° e 120° por segundo, a força em n/m é maior do lado esquerdo comparando com o lado direito; na musculatura do quadríceps a 240° por segundo direito e esquerdo a força em n/m é maior no lado direito. Na relação I/QD e I/QE nas velocidades de 30° e 240° por segundo a força em n/m é maior no lado esquerdo. Na relação I/QD e I/QE nas velocidades 120° e 240° a força em n/m também é maior no lado esquerdo.

No intervalo de confiança na musculatura ísquiostibiais direito e esquerdo excêntrico nas velocidades 30° e 120° por segundo o limite inferior e superior é maior no lado esquerdo, na musculatura quadríceps direito e esquerdo concêntrico o intervalo de confiança é maior no lado direito. Na relação I/QD e I/QE nas velocidades 30° 120° por segundo o intervalo de confiança é maior no lado esquerdo comparado com o lado direito no limite inferior; nas velocidades 30°, 120° e 240° o limite superior é maior na lado direito.

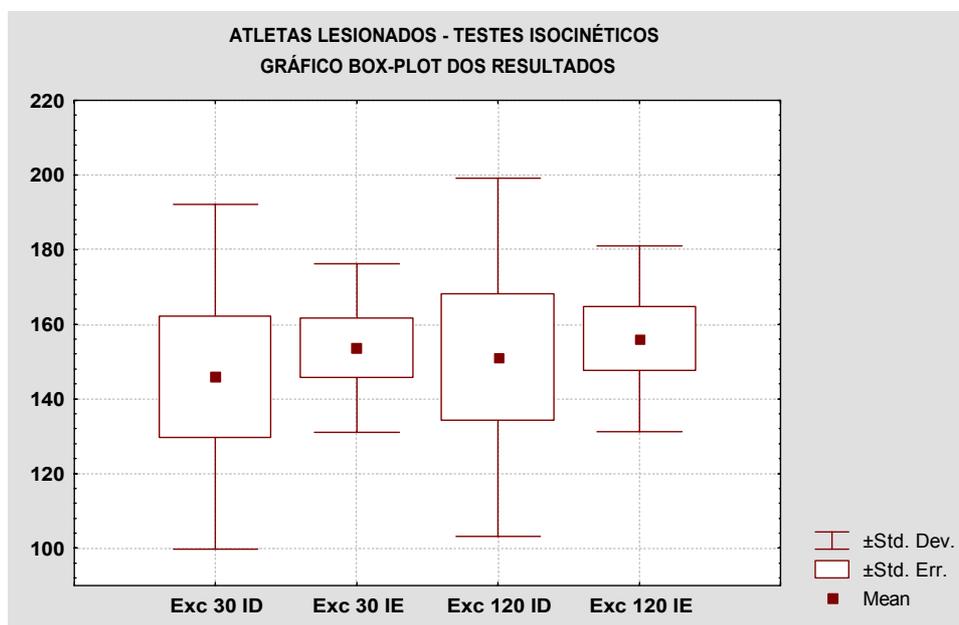
O desvio padrão na musculatura ísquiostibiais excêntrico 30° por segundo o lado direito apresenta desvio padrão maior que no lado esquerdo, na velocidade 120° por segundo o desvio padrão é maior no lado direito que no esquerdo; na musculatura quadríceps 240° por segundo concêntrico o desvio padrão é maior do lado direito. Na relação I/QD e I/QE a 30° 240° por segundo o desvio padrão direito é maior comparado com o esquerdo nas velocidades 120° e 240° o desvio padrão é maior no lado direito.

Nesta tabela verificou-se que os atletas lesionados apresentaram uma força maior do lado esquerdo do que no lado direito com exceção do quadríceps direito e esquerdo a 240° por segundo.

O isocinetismo permite a avaliação exata e reprodutível da força dos músculos de uma articulação e calcula a relação agonista/antagonista. Estudos realizados em sujeitos nos permitem determinar os valores normais dessa relação por diversas articulações. Assim para um paciente dada pode-se comparar os valores obtidos de lado ao lado contralateral e também aos valores de referência afim de colocar em evidência um déficit sobre o grupo muscular preciso (PROCHOLLE & CODINE, 1999).

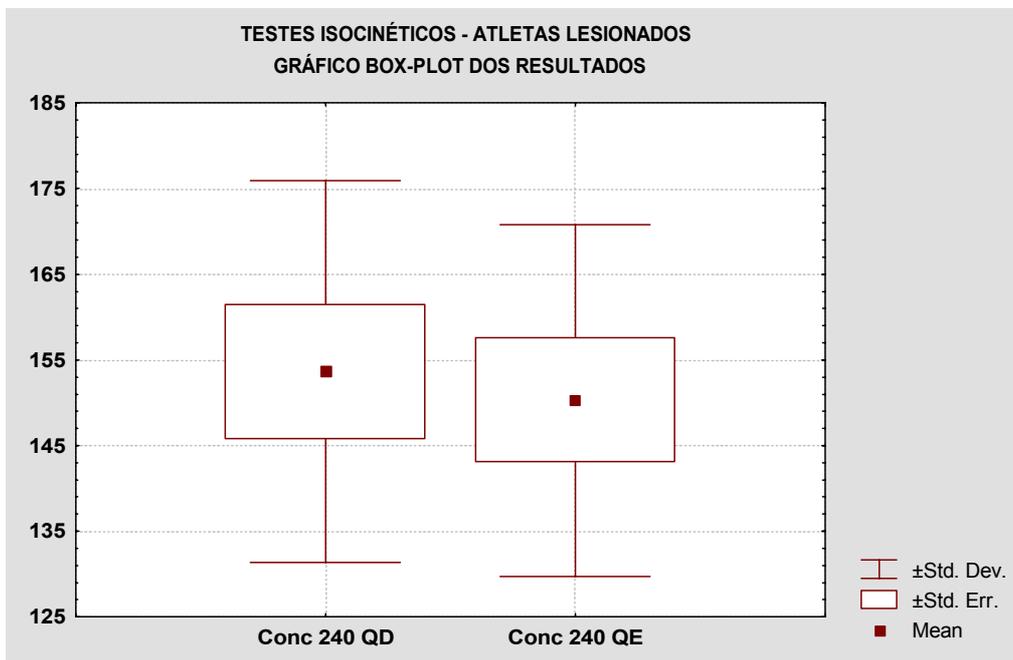
Worrel (*apud* PROCHOLLE & CODINE, 1999, p. 170) não achou uma modificação da força concêntrica e excêntrica dos íquios tibiais em sujeitos que tinham lesão desses músculos, mas estas diferenças são talvez ligadas a uma falta de homogeneidade do grau das lesões antigas e/ou evoluídas. Esses resultados, discortantes, é também de grande variabilidade individual notada por Croisier (*apud* PROCHOLLE & CODINE, 1999) impondo a realização de estudos complementares para definir valores normativos, objetivas precisamente modificações da proporção ísquiostibiais excêntrico/quadríceps concêntrico dentro de lesão musculares e correlacionar eventualmente essas variações de proporção ao estado anatômico músculo-tendíneo (CROISIER, et. al., 1999), sugerem a existência de uma pré-disposição particular às lesões dos músculos a especificidade do treinamento ocasionam freqüentes adaptações musculares afetando preferencialmente os músculos “motores” ou “propulsores” (músculos antagonistas).

Gráfico 2 - Atletas Lesionados - Resultados dos Testes Isocinéticos - “Excentrics Extensores”: Lado Direito x Lado Esquerdo – 30°/seg e 120°/seg



Nesse gráfico constatamos que o lado esquerdo comparado com o lado direito nas velocidades 30° e 120° por segundo na musculatura ísquio tibiais excêntrico a força em n/m é maior na musculatura do lado esquerdo em atletas lesionados.

Gráfico 4 - Atletas Lesionados - Resultados dos Testes Isocinético - "Concentrics Extensores": Lado Direito x Lado esquerdo – 240°/seg



No gráfico 4, mostra que a musculatura do quadríceps direito esquerdo concêntrico na velocidade de 240° por segundo apresenta uma diferença do lado direito para o lado esquerdo.

Na tabela 3, comparamos a média de força n/m, o valor mínimo e máximo em atletas não lesionados e lesionados.

Tabela 3 - Resultados de Testes de Significância "t" de Student Aplicados na Comparação de Médias entre os Grupos "Não Lesionados e Lesionados" Segundo suas Divisões por Membros, Velocidades e Lados

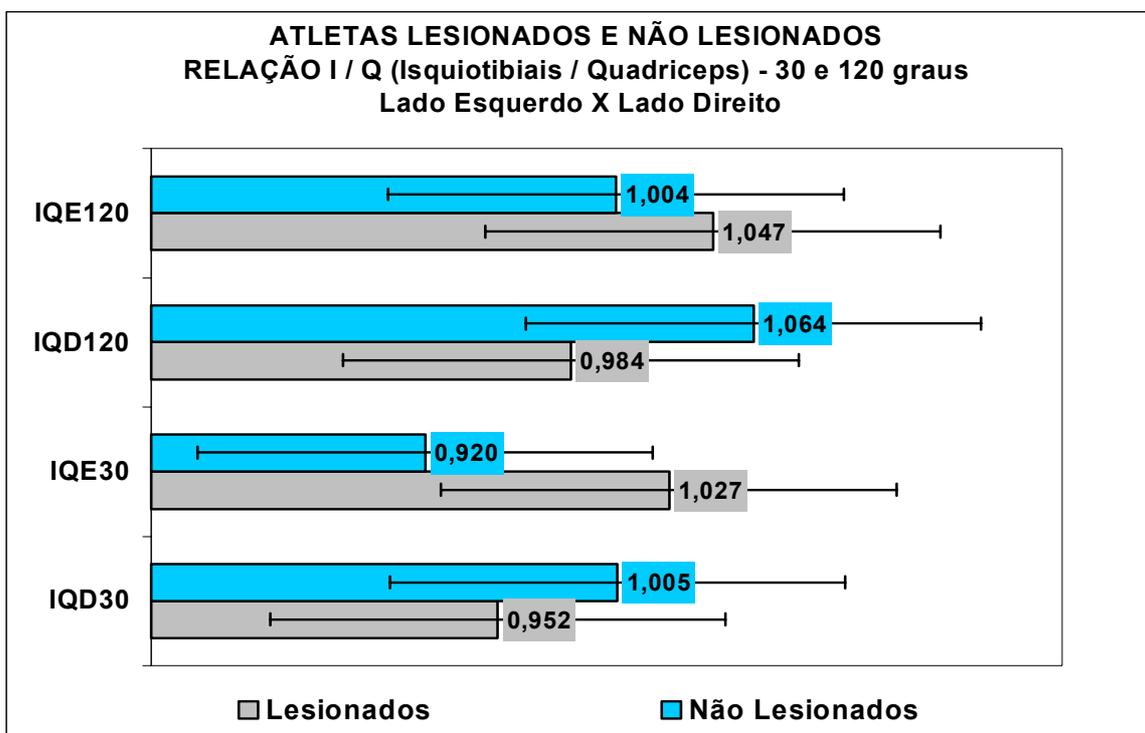
<b>TESTES</b>	<b>Não lesionados</b>	<b>Lesionados</b>	<b>t-value</b>	<b>p-valor</b>
C240QD	151,455	153,625	-0,228	<b>0,822</b>
C240QE	150,000	150,250	-0,026	<b>0,979</b>
E30ID	151,091	145,875	0,270	<b>0,791</b>
E30IE	136,727	153,625	-1,353	<b>0,194</b>
E120ID	160,182	151,125	0,468	<b>0,646</b>
E120IE	149,909	156,125	-0,482	<b>0,636</b>
<b>RELAÇÕES IQ</b>	<b>Não lesionados</b>	<b>Lesionados</b>	<b>t-value</b>	<b>p-valor</b>
IQD30	1,005	0,952	0,431	<b>0,672</b>
IQE30	0,920	1,027	-1,306	<b>0,209</b>
IQD120	1,064	0,984	0,659	<b>0,519</b>
IQE120	1,004	1,047	-0,517	<b>0,612</b>

Nota: Consideram-se amostras independentes.

Considerando as velocidades 30° e 120° ísquiotibiais direito e esquerdo, e quadríceps direito e esquerdo, observou-se que o P valor mínimo é de 0,194 e o P valor máximo é de 0,979 e na relação I/QD o P valor mínimo é de 0,209 e o P valor máximo pe de 0,672. Então podemos constatar nesta tabela que não existe diferença estaticamente significativa entre indivíduos não lesionados e lesionados, referente à relação concêntrico 240° e excêntrico 30 e 120° e I/QD 30° e 120°

Todos os P valores apresentados são considerados altos mesmo que fosse adotados níveis de significância altos, com o exemplo 10% (0,10) as médias dos grupos não poderiam ser consideradas diferentes (os P valores ainda seriam superiores).

Gráfico 5 - Relações IQ - Atletas Lesionados e Atletas Não Lesionados - Lado Direito X Lado Esquerdo - Velocidades de 30°/seg e 120°/seg



Exemplo: Onde se lê: IQE120: Lê-se: Relação Isquiotibiais / Quadriceps, Lado Esquerdo, 120 graus.

No gráfico acima observa-se que a relação I/QD e I/QE com a velocidade 30° e 120° os indivíduos não lesionados apresentaram força n/m maior no lado direito e nos indivíduos lesionados nas velocidades 30° e 120° a força em n/m é maior no lado esquerdo.

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

anteriores de lesão, não correspondia de forma alguma às características normais.

Comparamos as médias de força n/m do lado direito e esquerdo e seu P valor mínimo e máximo em atletas não lesionados.

Tabela 4 - Resultados de Testes de Significância “t de Student” Aplicados na Comparação de Médias de Lados Direitos e Lados Esquerdos ao Grupo de Atletas Não-Lesionados, Segundo suas Divisões por Membros e Velocidades.

<b>Teste 1: Excentric Extensor – I 30 graus</b>						
<b>Lado</b>	<b>Média</b>	<b>Dp</b>	<b>Dif</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Direito	151,091	38,127				
Esquerdo	136,727	29,554	14,364	3,044	10	<b>0,012</b>
<b>Teste 2: Excentric Extensor – I 120 graus</b>						
<b>Lado</b>	<b>Média</b>	<b>Dp</b>	<b>Dif</b>	<b>T</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Direito	160,182	36,633				
Esquerdo	149,909	29,626	10,273	1,371	10	<b>0,201</b>
<b>Teste 3: Concentric Extensor - Q 240 graus</b>						
<b>Lado</b>	<b>Média</b>	<b>Dp</b>	<b>Dif</b>	<b>T</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Direito	151,455	19,086				
Esquerdo	150,000	20,154	1,455	0,393	10	<b>0,703</b>
<b>Teste 4: Relação I/Q - 30 - 240 graus</b>						
<b>Lado</b>	<b>Média</b>	<b>Dp</b>	<b>Dif</b>	<b>T</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Direito	1,005	0,251				
Esquerdo	0,920	0,207	0,084	2,360	10	<b>0,040</b>
<b>Teste 5: Relação I/Q - 120 – 240 graus</b>						
<b>Lado</b>	<b>Média</b>	<b>Dp</b>	<b>Dif</b>	<b>T</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Direito	1,064	0,239				
Esquerdo	1,004	0,178	0,060	1,078	10	<b>0,307</b>

Nota: Consideram-se amostras dependentes.

Na tabela 4, o valor P mínimo encontrado no teste 1 Excêntrico ísquiotibiais 30° por segundo é de 0,012 e o valor máximo no teste 3 – concêntrico quadríceps 240° por segundo é de 0,703. Verificou-se que a média de força n/m é maior no lado direito do que no lado esquerdo em atletas não lesionados, sendo que no teste 1 excêntrico 30° por segundo o P valor 0,012 e

no teste 4 a relação I/Q 30° 240° por segundo o P valor 0,040, tendo como parâmetros que o P valor menor que 0,05 (níveis de significância) indicam que existem diferenças significativas entre os lados.

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-dispõem certas patologias. Citam ainda que o músculo e seu tendão trabalham sucessivamente em fase concêntrica e excêntrica e que todo desequilíbrio agonista/antagonista em concêntrico/concêntrico ou concêntrico/excêntrico pode ser a origem de um desfuncionamento articular e de lesões tendinosas.

Comparação das médias de força n/m do lado direito e esquerdo e seus P valor mínimo e máximo em atletas lesionados.

Tabela 5 - Resultados de Testes de Significância “t de Student” Aplicados na Comparação de Médias de Lados Direitos e Lados Esquerdos ao Grupo de Atletas Lesionados Segundo Suas Divisões por Membros e Velocidades

<b>Teste 1: Excentric Extensor – I 30 graus</b>						
<b>Lado</b>	<b>Média</b>	<b>Dp</b>	<b>Dif</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Direito	145,875	46,199				
Esquerdo	153,625	22,506	-7,751	-0,465	7	<b>0,655</b>
<b>Teste 2: Excentric Extensor – I 120 graus</b>						
<b>Lado</b>	<b>Média</b>	<b>dp</b>	<b>Dif</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Direito	151,125	47,977				
Esquerdo	156,125	24,827	-5	-0,316	7	<b>0,760</b>
<b>Teste 3: Concentric Extensor - Q 240 graus</b>						
<b>Lado</b>	<b>Média</b>	<b>dp</b>	<b>Dif</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Direito	153,625	22,302				
Esquerdo	150,25	20,554	3,375	0,628	7	<b>0,549</b>

Continuação tabela 5

<b>Teste 4: Relação I/Q - 30 - 240 graus</b>						
<b>Lado</b>	<b>Média</b>	<b>Dp</b>	<b>Dif</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Direito	0,952	0,277				
Esquerdo	1,027	0,117	-0,075	-0,833	7	<b>0,432</b>
<b>Teste 5: Relação I/Q - 120 - 240 graus</b>						
<b>Lado</b>	<b>Média</b>	<b>Dp</b>	<b>Dif</b>	<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Direito	0,984	0,291				
Esquerdo	1,046	0,175	-0,062	-0,781	7	<b>0,460</b>

Nota: Consideram-se amostras dependentes.

Observou-se que a média da força em n/m é maior do lado esquerdo em atletas lesionados em relação ao lado direito. O P valor mínimo é de 0,432 e o P valor máximo é de 0,760.

Não há P valores menores que 0,05 (nível de significância), o que indica a não existência de diferença significativa entre os lados.

No passado as teorias existentes consideram que o lado mais forte era o lado dominante. No entanto, hoje as pesquisas relatam que nem sempre o lado dominante é o mais forte, uma vez que esse fato depende da maneira pela qual a musculatura desenvolvida é estimulada, conforme sua atividade e desempenho (CROISIER et. al., 1998).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tratando-se de uma atividade que exige um alto nível de performance dos atletas, e que, para isso, são submetidos a um ritmo excessivo de treinamentos e jogos, o que, por sua vez, podem vir a gerar uma sobrecarga pode levar, conseqüentemente, a um desequilíbrio muscular em jogadores profissionais de futebol, estes comumente apresentam uma alta incidência de lesões músculo-tendíneas.

Sabe-se que as contrações excêntricas parecem ser o principal mecanismo de lesões nos músculos ísquiotibiais, sendo que estes músculos são considerados o agrupamento de músculos mais frágil da coxa, tendo a função de desacelerar os movimentos do grupo agonista (quadríceps) da coxa.

Para avaliação do equilíbrio entre os extensores e flexores do joelho realizou-se, inicialmente, a avaliação isocinética, que demonstrou valores pouco significativos entre os grupos, verificando-se que mesmo aqueles valores referentes a atletas com lesões músculo-tendíneas não demonstraram um grau de significância representativo de lesão caracterizada, pela literatura, com valor  $P = >0,05$ .

Agrupando-se as informações obtidas através dos valores de referência, pôde-se notar que, independentemente da velocidade, o lado direito apresenta uma média de força muscular maior em relação ao segmento esquerdo em atletas não-lesados. Já nos atletas lesados o lado esquerdo

apresenta uma média de força muscular maior em relação ao segmento direito em atletas não lesados.

Comparando-se os dois grupos, de atletas lesados e não-lesados, observou-se que a média de força muscular obtidas não evidenciam diferenças significativas entre os grupos. Os atletas não lesados apresentaram o **p** valor 0,012 na velocidade Excêntrico 30°/seg e na relação I/Q 30-240°/seg., o **p** valor 0,040, demonstrando um grau de significância representativo de lesão, caracterizado pela literatura com **p** valor >0,05.

Os testes realizados permitiram ainda que se comprovasse que, mesmo em presença de lesão músculo-tendínea, os valores encontrados não caracterizam diferenças estatisticamente significantes em todos os aspectos analisados.

Com isto, entende-se como necessária a avaliação do equilíbrio entre os extensores e flexores do joelho nestes atletas, de modo que se possa dispor de uma tabela de referência da proporção dos grupos musculares antagonista (ísquiotibiais) e agonistas (quadríceps) da coxa.

Deve-se, portanto, recomendar que o teste isocinético deve ser realizado, preferencialmente, antes do início da pré-temporada, para que através desses dados referenciais normativos do protocolo seja possível não apenas observar as mudanças ocorridas na musculatura desde o início das competições, como também verificar a existência de alterações nos dois membros avaliados, a fim de estabelecer uma comparação dos valores entre jogadores com ou sem histórico de lesões.

## 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 vol 3: 62-74, São Paulo, 1998.

BERNARD, L.-P, PROU, E., CODINE., P. Le renforcement musculaire isocinétique peut-il prévenir les lésions musculo-tendineuses du sportif. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 3<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> série – Paris, 1998.

CANAVAN, P.K. **Medicina esportiva**. São Paulo: Manole, 2001.

CODINE, PH., Isocinétisme et affections tendino-musculares. In: Simon, L., Pélissier, J., Hérisson, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> série – Paris, 1999a.

CROISIER, L.J, LHERMEROUT, C., MOMMER, R., CRIELAARD, M.J. Déséquilibres musculaires de l'épaule chez le joueur de tennis. Une étude isocinétique. In: Simon, L., Pélissier, J., Hérisson, Ch. **Progrès en médecine physique et de réadaptation**. 2<sup>a</sup> série – Paris, 1998.

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

DVIR, V. Muscle testing interpretation and clinical applications. Cap. 6. **Isokinetics of the knee muscle**. New York: Churchill Stone, 1995.

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

ÉSBERARD, C. Contração do músculo esquelético. In: GUYTON, A.; HALL, J. **Fisiologia humana e mecanismos das doenças**. 6. ed. 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**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GUYTON, A.C.; HALL, J.E. **Tratado de fisiologia médica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1997.

GHORAYEB, N.; BARROS NETO, T. **O exercício: preparação fisiológica, avaliação medica, aspectos especiais e preventivos**. São Paulo: Atheneu, 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**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.

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

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

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

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

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<sup>a</sup> série – Paris, 1999.

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

PERRINE, David 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**. 2<sup>a</sup> série – Paris, 1999.

POWERS, Scott K.; HOWLEY, Edward T. **Fisiologia do exercício**. São Paulo: Monole, 2000.

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<sup>a</sup> série – Paris, 1999.

REIS, P. **Treino de força nos lançadores**. Artigo disponível em [http://planeta.clix.pt/rv\\_vidigalense/art\\_tecns.htm](http://planeta.clix.pt/rv_vidigalense/art_tecns.htm) com acesso em 20.01.02 às 20:30hs.

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

ROSS, H. M.; ROWRELL, J. L. **Histologia, texto e atlas**. 2. ed. São Paulo: Panamericana, 1993.

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

TEIXEIRA, A. **Trabalho de capacitação motora**. Disponível em [http://futsalbrasil.com.br/artigos/tr.cap\\_mot.htm](http://futsalbrasil.com.br/artigos/tr.cap_mot.htm). Acesso em 14/10/2001 às 18:30hs.

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

VALDIVIENSON, F.N. **Treinamento muscular fora d'água**. Artigo disponível em [http://www.swingo.com.br/pagina\\_artigos/fora\\_dagua.parte\\_1.htm](http://www.swingo.com.br/pagina_artigos/fora_dagua.parte_1.htm) com acesso em 15.02.02 às 21:00hs.

VERKHOSHANSKI, Y.V. **Treinamento desportivo**. Porto Alegre: Artmed, 2001.

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

XHARDEZ, Y., **Vade-Mecum de Kinésithérapie et de Rééducation Fonctionnelle**. Quatrième édition, 1995. Maloine, Paris.

## SUMÁRIO

<b>Lista de figuras</b> .....	vii
<b>Lista de gráficos</b> .....	vii
<b>Lista de tabelas</b> .....	ix
<b>RESUMO</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xi
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.1 Objetivos</b> .....	4
1.1.1 Objetivo geral .....	4
1.1.2 Objetivos específicos .....	4
<b>1.2 Questões a investigar</b> .....	5
<b>1.3 Justificativa e relevância</b> .....	5
<b>1.4 Delimitação do estudo</b> .....	7
<b>1.5 Limitações do estudo</b> .....	8
<b>1.6 Descrição dos capítulos</b> .....	8
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	10
<b>REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	10
<b>2.1 Anatomocinesiologia da flexo-extensão</b> .....	10
<b>2.2 Lesões musculares</b> .....	12
2.2.1 Lesões musculares induzidas pelo exercício excêntrico .....	15
2.2.2 Relação das lesões musculares com o desequilíbrio muscular .....	17
<b>2.3 Tipos de fibras musculares</b> .....	18
<b>2.4 Força muscular</b> .....	21
<b>2.5 Fisiologia da contração muscular</b> .....	22
<b>2.6 Tipos de contrações musculares</b> .....	28
<b>2.7 Desequilíbrio entre grupos antagonistas</b> .....	31
<b>2.8 Avaliação isocinética</b> .....	32
2.8.1 Indicações da avaliação isocinética .....	35
2.8.2 Contra-indicações da avaliação isocinética .....	36
2.8.3 Dados isocinéticos .....	37

<b>CAPÍTULO III</b> .....	41
<b>MÉTODO</b> .....	41
<b>3.1 Classificação da pesquisa</b> .....	41
3.1.1 Natureza da pesquisa .....	41
3.1.2 Características da população .....	41
3.1.2.1 Esquema de amostra .....	42
3.1.3 Materiais e métodos .....	42
<b>3.2 Protocolo</b> .....	43
<b>3.3 Coleta de dados</b> .....	44
3.3.1 Aquecimento .....	45
3.3.1 Descrição do posicionamento do atleta no aparelho .....	47
<b>3.4 Metodologia estatística de análise</b> .....	50
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	52
<b>APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	52
<b>CAPÍTULO V</b> .....	67
<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	67
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	69

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

**REFERENCIAL NORMATIVO DE FORÇA ENTRE OS  
MÚSCULOS FLEXORES E EXTENSORES DA ARTICULAÇÃO  
DO JOELHO EM ATLETAS PROFISSIONAIS DE FUTEBOL**

Dissertação de Mestrado

Luis Carlos da Câmara Vicelli

Florianópolis

2002

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

**REFERENCIAL NORMATIVO DE FORÇA ENTRE OS  
MÚSCULOS FLEXORES E EXTENSORES DA ARTICULAÇÃO  
DO JOELHO EM ATLETAS PROFISSIONAIS DE FUTEBOL**

Luis Carlos da Câmara Vicelli

Dissertação submetida à Universidade  
Federal de Santa Catarina ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
como requisito parcial para obtenção do grau  
de Mestre em Engenharia de Produção

Florianópolis  
2002

Luis Carlos da Câmara Vicelli

**REFERENCIAL NORMATIVO DE FORÇA ENTRE OS  
MÚSCULOS FLEXORES E EXTENSORES DA ARTICULAÇÃO  
DO JOELHO EM ATLETAS PROFISSIONAIS DE FUTEBOL**

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

Florianópolis, 18 de março de 2002.

Prof<sup>a</sup>. Leila Amaral, Dr<sup>a</sup>.  
**Coordenador do Curso**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. José Carlos Zanelli, Dr.  
Orientador

---

Prof. Alexandro Andrade, Dr.

---

Prof. Leila Amaral, Dr<sup>a</sup>.

À Deus, pela dádiva da Vida.

À minha esposa Roseli, companheira de todos os momentos, pelo amor, compreensão e apoio, e a meu filho (a), o estímulo para minha caminhada rumo ao futuro.

À minha família, pela confiança e pelo incentivo constantes, que foram fundamentais para a minha formação pessoal e profissional.

## *Agradecimentos*

À Professora Dr<sup>a</sup>. Leila A. Gontijo, que acreditou em minhas possibilidades e oportunizou minha participação no Curso.

Ao Professor Dr. José Carlos Zanelli, pela generosidade em compartilhar seus conhecimentos, orientando-me com segurança em todas as etapas de elaboração desta obra.

Ao Professor Dr. Alexandro Andrade, pelo incentivo, acompanhamento e orientação competentes.

Ao amigo João Henrique Faryniuk, Chefe do Setor de Isocinetismo da Universidade Tuiuti do Paraná, que disponibilizou dados e informações indispensáveis para a realização deste estudo.

À Prof. Renata Rothenbühler, Coordenadora do Curso de Fisioterapia da Universidade Tuiuti do Paraná, que apoiou esta iniciativa e participou de todas as etapas, incentivando-me a continuar.

Às colegas Regina Ferrari e Eunice Tokars, que dispuseram de seu tempo para me prestar auxílio com opiniões e sugestões enriquecedoras.

Ao amigo Luiz Fernando Requião, pela amizade e pelas inúmeras contribuições que tornaram a elaboração desta dissertação uma experiência produtiva.

"Há, verdadeiramente, duas coisas diferentes: saber e crer que se sabe. A ciência consiste em saber; em crer que se sabe está a ignorância."  
*Hipócrates - médico grego(460-377 a.C.)*

## Lista de Figuras

Figura 1 - Tecido Conjuntivo que envolve o Músculo Esquelético .....	23
Figura 2 - Microestrutura do Músculo.....	24
Figura 3 - Relações Propostas entre Troponina, Tropomiosina, Pontes Cruzadas da Miosina e Cálcio.....	25
Figura 4 - Ilustração dos Passos Envolvidos na Excitação, Contração e Relaxamento muscular.....	27
Figura 5 - Fixação do Paciente na Cadeira .....	43
Figura 6 - Aparelho Isocinético Cybex Modelo Norm .....	44
Figura 7 - Aquecimento com a Bicicleta Ergonômica Anterior à Avaliação ..	44
Figura 8 - Alongamento Prévio dos Extensores e Flexores do Joelho .....	45
Figura 9 - Estabilização do Membro a ser Testado .....	46
Figura 10 - Angulação de Inclinação da Cadeira no Teste.....	46
Figura 11 - Dinamômetro Isocinético.....	47
Figura 12 - Ajuste da ADM .....	50

## Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Atletas Não Lesionados - Resultados dos Testes Isocinéticos “Excentrics Extensors”: Lado Direito x Lado Esquerdo – 30°/seg e 120°/seg .	54
Gráfico 2 - Atletas Lesionados - Resultados dos Testes Isocinéticos - “Excentrics Extensores”: Lado Direito x Lado Esquerdo – 30°/seg e 120°/Seg	60
Gráfico 3 - Atletas Não Lesionados - Resultados dos Testes Isocinéticos - “Concentrics Extensores”: Lado Direito x Lado Esquerdo – 240°/seg.....	54
Gráfico 4 - Atletas Lesionados - Resultados dos Testes Isocinético - “Concentrics Extensores”: Lado Direito x Lado esquerdo – 240°/seg .....	60
Gráfico 5 - Relações IQ - Atletas Lesionados e Atletas Não Lesionados - Lado Direito X Lado Esquerdo - Velocidades de 30°/seg e 120 °/seg.....	62

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Atletas Não-Lesionados – Testes e Relação I / Q.....	52
Tabela 2 - Atletas Lesionados – Testes e Relação I / Q .....	55
Tabela 3 - Resultados de Testes de Significância "t" de Student Aplicados na Comparação de Médias entre os Grupos "Não Lesionados e Lesionados" Segundo suas Divisões por Membros, Velocidades e Lados.....	61
Tabela 4 - Resultados de Testes de Significância "t de Student" Aplicados na Comparação de Médias de Lados Direitos e Lados Esquerdos ao Grupo de Atletas Não-Lesionados, Segundo suas Divisões por Membros e Velocidades.....	63
Tabela 5 - Resultados de Testes de Significância "t de Student" Aplicados na Comparação de Médias de Lados Direitos e Lados Esquerdos ao Grupo de Atletas Lesionados Segundo Suas Divisões por Membros e Velocidades.....	64

## RESUMO

VICELLI, Luis Carlos da Câmara. **Referencial normativo de força entre os músculos flexores e extensores da articulação do joelho em atletas profissionais de futebol.** Florianópolis, 2002. 75p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia da Produção, UFSC, 2002.

No futebol profissional, devido ao alto índice de competição e treinamentos atualmente, existe uma preocupação dos profissionais da área de Saúde com relação à performance e ao desequilíbrio muscular do atleta. A musculatura dos jogadores de futebol é freqüentemente lesada nos esportes que exigem alta velocidade de arrancada, como nos corredores de curtas distâncias, necessitando, portanto, de medidas preventivas. Os ísquiotibiais são altamente exigidos na contração excêntrica, que é, exatamente o mecanismo de lesão desse grupo muscular. Com a avaliação isocinética, pode-se destacar que nas lesões músculo-tendíneas e os desequilíbrios musculares existentes entre agonistas e antagonistas, flexores e extensores da articulação do joelho, especificam um modo de contração excêntrica. Esta pesquisa busca identificar o desequilíbrio existente entre os músculos flexores e extensores do joelho em atletas profissionais de futebol, abordando a elaboração de referencial normativo para a relação de força muscular entre músculos agonista e antagonista responsáveis pela flexo extensão do joelho. Ressalta um novo parâmetro de mensuração, para o equilíbrio destes grupos musculares antagonistas (quadríceps/isquiotibiais). A avaliação isocinética foi realizada com dezenove jogadores de futebol de campo, sendo que dos dezenove atletas avaliados, oito jogadores apresentavam lesões músculo-tendíneas e os outros onze não apresentavam história de lesão muscular, podendo-se, então, dizer que agrupando-se as informações obtidas através dos valores de referência, pôde-se notar que, independentemente da velocidade, o lado direito apresenta uma média de força muscular maior em relação ao segmento esquerdo em atletas não-lesados. Já nos atletas lesados o lado esquerdo apresenta uma média de força muscular maior em relação ao segmento direito em atletas não lesados. Comparando-se os dois grupos, de atletas lesados e não-lesados, observou-se que a média de força muscular obtidas evidenciam diferenças entre os grupos. Os atletas não lesados apresentaram o **p** valor 0,012 na velocidade Excêntrico 30°/seg e na relação I/Q 30-240°/seg., o **p** valor 0,040, demonstrando um grau de significância representativo de lesão, caracterizado pela literatura com **p** valor >0,05.

**Palavras-chave:** articulação do joelho, referencial normativo de força, músculos flexores e extensores do joelho.

## ABSTRACT

VICELLI, Luis Carlos da Câmara. **Normative Referential of force among flexing and extending muscles of the knee articulation in professional soccer athletes.** Florianópolis, 2002, 75p. (Masters Degree in Engineering of Production) – Program of Masters Degree in Engineering of Production, UFSC, 2002.

In professional soccer, on account of the high index of competition and training nowadays, there is a preoccupation from the Health professionals about the performance and the athlete's muscular unbalance. The soccer players muscles are frequently injured on the sports that demand high speed of pulled up, like the runners of short distances, needing, therefore, preventive measures. The ischiotibials are very demanded in the eccentric contraction, that is, exactly the injury mechanism of this muscular group. With the isokinetic evaluation, it's possible to show up that the muscle-tendon injuries the muscular unbalances among agonists and antagonists, flexing and extending muscles of the knee articulation, specify an eccentric contraction. This research tackles the elaboration of a normative referential for the relation of muscular force among agonist and antagonist muscles responsables for the flex-extension of the knee. Emphasizes a new parameter of measure, for the balance of these antagonist muscular groups (quadriceps ischiotibials). The isokinetic evaluation was realized with nineteen soccer players, and of the nineteen appraised athletes, eight athletes showed muscle-tendon injuries and the others eleven did not show a history of muscular injury, it is possible to say that through these facts obtained through the reference values, independently of the speed, the right side shows a higher muscular force average in relation with the left segment in not injured athletes. In the injured athletes the left side shows a higher muscular force average in relation with the right segment in not injured athletes. Comparing the two groups, the injured and the not injured athletes, it is possible to observe that the muscular force averages obtained show differences among the groups. The not injured athletes showed the **p** value 0,012 in eccentric speed 30°/sec. and in relation I/Q 30-240°/sec., the **p** value 0,040 , demonstrating a significance degree representative for injury, characterized by the literature with **p** value > 0,05.

**Key words:** knee articulation; normative referential of force; flexing and extending muscles of the knee.