

Universidade do Vale do Paraíba
Instituto de Pesquisa & Desenvolvimento

**“EFEITO DO ESTÍMULO VERBAL E VISUAL DURANTE TESTE
ISOMÉTRICO E ISOCINÉTICO CONCÊNTRICO NA FUNÇÃO
MUSCULAR DA ARTICULAÇÃO DO JOELHO”**

Sidney Benedito Silva

Dissertação apresentada ao
Curso de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas, como complementação dos
créditos necessários para obtenção do
título de Mestre em Ciências
Biológicas.

São José dos Campos, SP.

2004

Universidade do Vale do Paraíba
Instituto de Pesquisa & Desenvolvimento

**“EFEITO DO ESTÍMULO VERBAL E VISUAL DURANTE TESTE
ISOMÉTRICO E ISOCINÉTICO CONCÊNTRICO NA FUNÇÃO
MUSCULAR DA ARTICULAÇÃO DO JOELHO”**

Sidney Benedito Silva

Dissertação apresentada ao
Curso de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas, como complementação dos
créditos necessários para obtenção do
título de Mestre em Ciências
Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Mara Danella Zácara

Co-orientador: Prof. Dr. Éder Rezende Moraes

São José dos Campos, SP

2004

A padronização utilizada neste trabalho segue a Normalização de Dissertações e Teses da UniVap. <http://www.univap.b/Institutos/IPD/Normas-2004.pdf>

S583e

Silva, Sidney Benedito

Efeito do estímulo verbal e visual durante teste isocinético concêntrico na função muscular da articulação do joelho / Sidney Benedito Silva. São José dos Campos: UniVap, 2004.

54f: il.; 30cm

Dissertação de mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2004.

1. Articulação do joelho
 2. Controle motor
 3. Fisioterapia
- I. Zácaro, Patrícia Mara Danella, Orient. II. Moraes, Eder Rezende de , Co-Orient. III. Título

CDU: 615.8

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta Dissertação, por processos fotocopiadores ou transmissão eletrônica.

Aluno:

Data:

Obs.: Autorização na BC-UniVap.04.05.05-rrct

Sidney Benedito Silva

Banca Examinadora:

Profa. **Dra. CLAUDIA SANTOS OLIVEIRA** (UNIVAP)



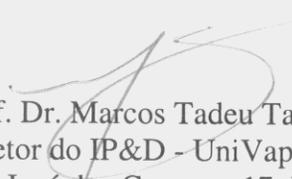
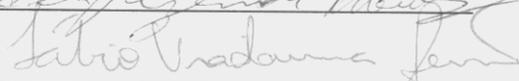
Profa. **Dra. PATRÍCIA MARA DANELLA ZÁCARO** (UNIVAP)



Prof. **Dr. EDER REZENDE MORAES** (UNIVAP)



Prof. **Dr. FÁBIO VIADANNA SERRÃO** (UFSCar)



Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco
Diretor do IP&D - UniVap

São José dos Campos, 17 de dezembro de 2004.

Dedicatória

À minha família, que
sempre me apoiou e esteve do meu lado
para que os meus sonhos sempre
fossem realizados.

À minha esposa Alessandra pelo incentivo,
Companheirismo e Amor dedicado a mim
durante a execução deste trabalho.

Agradecimentos

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Patrícia Mara Danella Zácaro, pela oportunidade e dedicação neste trabalho.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Éder Rezende Moraes pelo grande apoio no tratamento dos dados e pelos momentos de rigor.

Aos voluntários deste estudo, que gentilmente ofereceram-se para o trabalho com grande colaboração e dedicação, dispensando horas incessantes.

Aos amigos do laboratório de Biodinâmica em especial minha amiga Emmelin Monteiro pelo auxílio nas coletas.

Ao Dr. André Ribeiro Dantas (Médico Oftalmologista) pelas observações na revisão sobre estímulo visual.

Aos meus dois grandes amigos Marquinho e Adilson (gordo) pelos momentos que dividimos durante a execução do trabalho.

Ao Daniel Vilela Nogueira e sua família pelo apoio e amizade

À Andréia Dellú, pelos conselhos sempre precisos e tranquilos durante os anos.

Aos amigos da Equoterapia Paraíso: Newton Jr, Antônio Inácio e Henrique Ferreira.

A minha família por sempre acreditar em mim, principalmente nas horas mais difíceis.

A Coordenação de Aperfeiçoamento e Pesquisa do Nível Superior – CAPES, pelo suporte financeiro.

Enfim, listar nomes para agradecer é uma tarefa muito ingrata, por isso peço desculpas pelo esquecimento momentâneo para aqueles que formalmente não agradei, mas tenho certeza e fico muito feliz em dizer que há muito mais pessoas na qual devo o profundo agradecimento.

A todos o meu muito obrigado!

Epigrafe

“É melhor tentar e falhar que preocupar-se e ver a vida passar.
É melhor tentar, ainda que em vão, que sentar-se fazendo nada até o final.
Eu espero na chuva caminhar, que em dias tristes em casa me esconder.
Prefiro ser feliz, embora louco, que em conformidade viver...”

(Martin Luther King)

É isso que estou fazendo!!!!!!!!!!

Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos dos estímulos verbal e visual durante contrações isocinética concêntrica e isométrica na articulação do joelho de 13 voluntários (idade=23,15 ± 3,78 anos; massa=75,62 ± 9,15 kg; altura=1,80 ± 0,07 m). O equipamento utilizado foi um dinamômetro isocinético BIODEX e um eletromiógrafo EMG Systems, onde foram avaliados o pico de torque extensor e flexor isométrico e isocinético nas velocidades de 60 e 180°/s, porcentagem de movimento isocinético e coativação muscular na flexão e extensão das contrações isométricas e isocinéticas. Foram avaliadas as seguintes condições: (a) sem comando verbal e visual (controle), (b) comando verbal e visual, (c) comando verbal, (d) comando visual. Os voluntários realizaram 5 contrações recíprocas e contínuas na velocidade de 60°/s e 20 contrações na velocidade 180°/s. Para as contrações isométricas foram realizadas 3 contrações de 5s para flexão e extensão com intervalo de 1 minuto entre cada contração. Os resultados obtidos no presente trabalho foram que o pico de torque extensor e flexor isocinético nas velocidades de 60 e 180°/s não apresentaram diferenças estatística em relação ao grupo controle (sem estímulo). Para as contrações isométricas apenas o pico de torque flexor apresentou aumento significativo quando comparado o grupo controle para os estímulos verbal e visual juntos, sendo que os outros estímulos não promoveram aumento no pico de torque flexor e extensor. A porcentagem de movimento isocinético e a coativação muscular também não se alteraram para as duas velocidades isocinéticas. Para a contração isométrica, o comando verbal e visual separadamente apresentou diminuição na coativação para o músculo bíceps, sem alterar o pico de torque. Pode-se concluir que os estímulos verbal e visual promoveram poucas alterações em relação ao pico de torque nas contrações isocinética e isométrica, apresentando também apenas um controle neural mais efetivo durante a extensão isométrica para os estímulos verbal e visual separadamente.

Palavras-Chave: Isocinético; EMG; Controle motor; Estímulo Verbal e Visual.

Abstract

This work aims at evaluating the effects of the verbal and visual stimulation during concentric and isometric isokinetic contractions in the knees of 13 volunteers (age = $23,15 \pm 3,78$; mass = $75,62 \pm 9,15$ kg; height = $1,80 \pm 0,07$). The required device isokinetic dynamometer BIODEX and an EMG Systems electromyographic. It was evaluated the maximum isometric and isokinetic extensor and tensor torque at the speed of 60 to 180°/s, percentage of isokinetic and muscle moving during flexion and extension of isometric and isokinetic contractions. The following conditions have been evaluated: without visual and verbal command (control); verbal and visual command; verbal command; visual command; The volunteers made 05 reciprocal and continuous contractions at the speed of 60°/s and 20 contractions at the speed of 180°/s. For isometric contractions have been made 03 contractions of 05s for flexion and extension in a period of 01 minute for each contraction. The achieved results of the present work revealed that the maximum flexor and extensor isokinetic torque at the speed of 60 and 180°/s did not show statistical differences regarding the control group (without stimulation). For isometric contraction has just shown a significant increasing as compared to the control group within verbal and visual stimulation altogether, though the other stimulation did not provoke an increasing in the flexor and extensor maximum torque. The percentage of isokinetic move and muscle coactivation has not changed for the two isokinetic speeds either. For isometric contraction the verbal and visual contraction have shown separately a decrease to the coactivation of the biceps muscle, without changing the maximum torque. Conclusively the verbal and visual stimulation produced few changing regarding the maximum torque within isometric and isokinetic contractions, showing as well a more effective neural control during the isometric extension for verbal and visual stimulation separately.

Keywords: Isokinetic, EMG, Motor Control, Visual and Verbal Feedback

Sumário

1. Introdução	01
2. Revisão da Literatura.....	03
2.1 Sistemas sensoriais (visual e auditivo) no controle do movimento.....	03
2.1.1 Sistema visual (uma visão anátomo-neurofisiológica).....	03
2.1.2 Sistema Auditivo (uma visão anátomo-neurofisiológica).....	07
2.2 Dinamometria muscular isocinética e isométrica.....	10
2.3. Eletromiografia.....	11
2.4. Influência dos estímulos sensoriais na força muscular.....	11
3. Objetivo.....	16
4. Material e Método	17
4.1 Grupo Experimental.....	17
4.2 Instrumentos.....	18
4.2.1 Dinamômetro Isocinético	18
4.2.2 Eletromiógrafo	19
4.2.3 Eletrodos	19
4.3 Procedimento experimental	20
4.3.1 Localização do ponto motor	20
4.3.2 Preparação da pele e colocação dos eletrodos	21
4.3.3 Sincronização dos dados EMG/ BIODEX	21
4.3.4 Protocolo de aquecimento e alongamento	21
4.3.5 Posicionamento	22
4.4 Coleta de dados	23
4.4.1 Procedimento isométrico	23
4.4.2 Procedimento isocinético	25
4.5 Normalização	26
4.6 Análise estatística	27
5. Resultados.....	28
6. Discussão.....	36
7. Conclusão	42
Referências Bibliográficas	43
Anexo A.....	50
Anexo B	51
Anexo C	54

Lista de ilustrações (figuras e tabelas)

Tabela 01: Descrição dos voluntários quanto idade, altura, massa e tempo de sedentarismo.....	18
Tabela 02: Valores da análise estatística de pico de torque isocinético flexor e extensor nas velocidades de 60 e 180°/s e isométrico e porcentagem de movimento isocinético entre as condições analisadas.....	27
Tabela 03: Valores da análise estatística para a coativação muscular nos movimentos de flexão (reto femural) e extensão (bíceps) para os músculos nos movimentos isocinético a 60 e 180°/s e na contração isométrica.....	32
Figura 01: Dinamômetro Isocinético BIODEX e seus acessórios.....	19
Figura 02: Eletromiógrafo da marca EMG System e eletrodos ativos.....	20
Figura 03: Gerador de pulsos NeMESys 941 – Quark e seus eletrodos, ativo e passivo.....	21
Figura 04: Voluntário realizando teste isométrico na condição SCVeVi.....	25
Figura 05: Voluntário realizando teste isométrico na condição CVeVi.....	25
Figura 06: Pico de Torque extensor normalizado no movimento isocinético a 60°/s. valores expressos para todos os voluntários nas 4 condições.....	29
Figura 07: Pico de Torque flexor normalizado no movimento isocinético a 60°/s. Valores expressos para todos os voluntários nas 4 condições.....	30
Figura 08: pico de torque isométrico flexor normalizado. Valores expressos para cada voluntário em cada estímulo	31
Figura 09: Porcentagem de movimento isocinético na velocidade de 60°/s para os voluntários em cada estímulo	32
Figura 10: Porcentagem de movimento isocinético na velocidade de 180°/s para os voluntários em cada estímulo.....	32

Figura 11: Coativação do músculo bíceps no movimento de extensão durante contração isocinética a 60°/s para cada voluntário e formas de estímulo	34
Figura 12: Coativação do músculo bíceps durante a extensão na contração isométrica, na condição (SCVeVI) e (CVe), p=0,015	35
Figura 13: Coativação do músculo bíceps durante a extensão na contração isométrica, na condição (SCVeVI) e (CVi), p=0,027.....	35

Lista de abreviaturas e símbolos

ADM – Amplitude de Movimento

COSL – Complexo Olivar Superior Lateral

COSM - Complexo Olivar Superior Medial

CVe – Comando Verbal

CveVi – Comando Verbal e Visual

CVi – Comando Visual

EMG - Eletromiografia

NCA – Núcleo Coclear Anterior

NCD – Núcleo Coclear Dorsal

NCP – Núcleo Coclear Posterior

NGL – Núcleo Geniculado Lateral

SCVeVi – Sem Comando Verbal e Visual

SNC – Sistema Nervoso Central

SNP – Sistema Nervoso Periférico

1. Introdução

Durante a execução do movimento voluntário, bem como na geração de força muscular, muitos mecanismos podem influenciar direta ou indiretamente a ação muscular. Dentre eles podemos destacar a presença de estímulos sensoriais (visual, verbal ou ambos) e a chamada coativação muscular.

A coativação muscular é a excitação simultânea dos músculos agonistas e antagonistas em determinada fase do movimento (BASMAJIAN ; DE LUCA, 1986; DE LUCA ; MAMBRITO, 1987; FONSECA et al., 2001).

Esta coativação é considerada por muitos pesquisadores como a grande responsável pela diminuição da força de músculos quando exigidos e por alterações no controle do movimento (DIERICK et al., 2002, OSTERNIG et al., 1986). Outros ainda, consideram a coativação como a grande responsável pela proteção da articulação em nível muscular, pois, quando um grupo muscular agonista é ativado o seu antagonista também é ativado, diminuindo os deslocamentos articulares que podem provocar lesões e com isso a articulação estará mais protegida (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985; GOTTLIEB et al., 1982).

Basmajian e De Luca (1986), relatam haver mecanismos centrais e periféricos no controle de ações musculares agonistas e antagonistas, bem como na performance motora. Outros autores, consideram também a influência de feedback sensorial (visual, auditiva e tátil) como auxiliares na coativação muscular, ou seja, a coativação muscular está envolvida diretamente em vários níveis de controle como os receptores articulares, o sistema nervoso central (SNC) e as informações que são fornecidas ao indivíduo e ao próprio músculo via sistema nervoso periférico (SNP) (SHAPIRO, 1973; GOTTLIEB et al., 1982; MARSDEN et al., 1984; HENNINGSSEN et al., 1997).

A influência de estímulos sensoriais na reabilitação, bem como na prática esportiva tem sido alvo de grandes pesquisas nos últimos anos. Estes estímulos têm sido utilizados com o intuito de aumentar a força muscular, bem como ativar áreas do cérebro menos utilizadas, inibir outras áreas durante a execução do movimento e também no estudo da coativação muscular (SHAPIRO, 1973; KIM ; KRAMER, 1987; HALD ; BOTTJEN, 1987; KELLIS; BALZPOULOS, 1996; FEINTUCH; COHEN, 2002).

Pode-se classificar estes estímulos como parte integrante da função muscular, ou seja, estes mecanismos podem interferir direta ou indiretamente a ação muscular de qualquer articulação.

Com a introdução do conceito de ação muscular isocinética por Hislop e Perrine em 1967, muitas pesquisas têm utilizado o dinamômetro isocinético para avaliar, reabilitar e treinar indivíduos normais ou com alguma patologia. Com isso, originou-se um maior interesse em descobrir a melhor forma de estimular o indivíduo para se obter maior desempenho durante a realização de protocolos neste equipamento.

A combinação de técnicas e equipamentos como a dinamometria isocinética e a eletromiografia para a avaliação da função muscular tem-se mostrado muito eficaz principalmente na verificação de padrões musculares relacionados com força e ativação muscular bem como a coativação muscular.

Embora a literatura aponte vários estudos em torno dos estímulos verbal e visual verifica-se que não há um consenso em torno da melhor forma estimular o indivíduo durante testes isométricos e isocinéticos em relação a força muscular. Outro ponto a salientar é a falta de trabalhos que avaliem os estímulos verbal e visual com relação ao nível de coativação muscular.

Com isso, buscar conhecer e padronizar a melhor forma de estimular indivíduos durante o uso da dinamometria, tanto para contrações isocinéticas e isométricas, é de grande importância no uso deste equipamento como forma de treinamento, avaliação e reabilitação.

2. Revisão da Literatura

2.1 Sistemas sensoriais (visual e auditivo) no controle do movimento

A contração muscular voluntária, bem como a habilidade na execução dos movimentos, estão envolvidos diretamente com os sistemas sensoriais, que por sua vez, auxiliam na coordenação e execução dos movimentos desde os mais grosseiros até os mais finos, pois transformam os sinais neurais em físicos (KANDEL et al., 1997).

Estes sistemas sensoriais são divididos em receptores, localizados em áreas distintas no cérebro, onde cada receptor leva a informação sensorial para determinada área no córtex cerebral (GALUSKE et al., 2002). Os receptores auditivos e visuais são muito utilizados durante a execução dos movimentos voluntários no processo de reabilitação e treinamento de força muscular (EVARTS; TANJI, 1974; JOHANSSON et al., 1983; MARSDEN et al., 1984).

Sabe-se que lesões nestes receptores podem influenciar diretamente a qualidade e até mesmo a quantidade de força e movimento gerado por um indivíduo (MARSDEN et al., 1984).

Então, para se obter o desempenho muscular, bem como o movimento adequado, é necessário que estes sistemas sejam estimulados o máximo possível. E para um maior entendimento dos dois sistemas é necessário que estes sejam esclarecidos separadamente.

2.1.1 Sistema visual (uma visão anátomo-neurofisiológica)

A visão é o sistema sensorial mais desenvolvido no homem, pois é por meio dele que a maior parte das informações é recebida (CROSSMAN; NEARY, 1997; YOUNG; YOUNG, 1998, FOX, 1999).

O sistema visual é constituído pelos olhos e por estruturas neurais que auxiliam na formação da imagem visual.

O olho é uma esfera de aproximadamente 24 mm de diâmetro revestido externamente por três camadas: a camada córneo-esclera, a úvea e a retina (FOX, 1999; KINGSLEY, 2001).

A córneo-esclera é constituída por fibras colágenas derivadas do mesênquima, onde a córnea é a principal superfície de focalização de luz do olho e também é innervada pelo nervo craniano trigêmeo (nervo craniano V). A esclera também chamada de branco dos olhos é uma região que provê uma proteção rígida do conteúdo interno dos olhos (CROSSMAN; NEARY, 1997; FOX, 1999; KINGSLEY, 2001).

A camada medial, também chamada de úvea, é uma região altamente vascularizada que compreende a coróide, o corpo ciliar e a íris. Estas três estruturas compõem um rico sistema vascular que nutre a porção externa do olho, controlam os músculos ciliares e também determinam a cor dos olhos. Na região central da íris situa-se a chamada pupila que aumenta ou diminui dependendo da quantidade de luz que é fornecida aos olhos, auxiliando deste modo à visão em ambientes de luminosidades diferentes (FOX, 1999).

A camada mais interna do olho é chamada de retina e compreende os fotorreceptores do tipo cones e bastonetes. Os bastonetes em número muito maior que os cones, são células sensíveis à luz e por isso importantes para a visão em ambientes de pouca luminosidade. Já os cones são células com grande afinidade a luz por isso os maiores responsáveis pela visão de cores e em ambientes de grande luminosidade. Os cones e os bastonetes são distribuídos de forma heterogênia por toda a retina conferindo deste modo grande especificidade durante a visão (CROSSMAN; NEARY, 1997; KANDEL et al., 1997). Também na retina existem os neurônios de primeira ordem ou células bipolares e os neurônios de segunda ordem ou células ganglionares, que juntos com os cones e bastonetes fazem a transmissão do sinal luminoso para o córtex cerebral.

A retina é responsável pela conversão da energia luminosa incidida no olho em impulsos elétricos enviados via neural para o cérebro onde ocorre o processamento da informação visual. A luz incidida no olho é absorvida pelos fotorreceptores (cones e bastonetes), que desencadeia uma cascata de eventos físico-químicos para auxiliar no reconhecimento, estimulação e organização da imagem antes de chegar ao cérebro. A retina é dividida em quadrantes, sendo no total de quatro onde ocorre a inserção de raízes nervosas para enviar a informação ao córtex cerebral. Estes campos visuais são de grande importância para a visão, pois é neles que se inicia a formação da imagem (CROSSMAN; NEARY, 1997; KANDEL et al., 1997; YOUNG; YOUNG, 1998; FOX, 1999).

A imagem que chega a retina é invertida pelo cristalino onde os quadrantes recebem a imagem de forma inversa, ou seja, o quadrante superior é projetado para inferior e o inferior para superior, o mesmo ocorre com os quadrantes laterais e temporais da retina. A imagem embora seja recebida invertida na retina, é codificada de forma correta pelo córtex visual pois o cérebro faz as correções da inversão (KANDEL et al., 1997).

Após a imagem passar pela retina e ocorrer os eventos físico-químicos, a informação passa pelo nervo óptico que é formado pelos axônios das células ganglionares em cada olho. Eles se convergem para formar o quiasma ótico na base do cérebro, mais precisamente na região rostral ao túber cinéreo do hipotálamo (CROSSMAN; NEARY, 1997; KINGSLEY, 2001; KANDEL et al., 1997). No quiasma óptico ocorre decussação dos axônios nas metades nasais indo para o trato óptico contralateral enquanto que as metades temporais permanecem ipsilaterais, deste modo, cada trato óptico (direito e esquerdo) transmite informações de uma metade do campo visual de cada olho (CROSSMAN; NEARY, 1997; KANDEL et al., 1997; FOX, 1999). Os tratos ópticos esquerdo e direito projetam-se para três áreas conhecidas como núcleo geniculado lateral (NGL), colículo superior e região pré-tectal. O NGL possui seis camadas onde são divididas em três para cada olho. Seus neurônios projetam-se para o córtex visual primário conhecido como área 17 de Brodmann no lobo occipital (MACHADO, 2001). O NGL processa as informações visuais de percepção (KANDEL et al., 1997)

O colículo superior é uma pequena projeção do trato óptico que recebe e integra informações do trato óptico, córtex occipital e trato espinotectal e é responsável pelos movimentos oculares, ou seja, na localização espacial (KANDEL et al., 1997; FOX, 1999). A área pré-tectal é uma região caudal ao colículo superior com muitos núcleos pequenos que também é responsável pelos movimentos oculares.

Após a informação passar pelo NGL ela chega ao córtex visual primário. O córtex visual primário se localiza na região anatomicamente definida como áreas 17, 18, 19 de Brodmann no lobo occipital sendo que sua maior parte se localiza na face medial do lobo occipital e em torno do sulco calcarino (FOX, 1999). A área 17 também conhecida como córtex estriado é considerada a principal porta de entrada das

informações visuais no córtex pois recebe os estímulos do NGL (FOX, 1999; KANDEL et al., 1997).

O processamento da imagem não termina no córtex visual primário, pelo contrário, o córtex visual primário é apenas parte do estágio de entrada das informações no córtex cerebral (CROSSMAN; NEARY, 1997).

A percepção da forma e cor dos objetos é feita pelos sistemas parvocelular-interbolha que passa pelo NGL indo até o córtex estriado. Essas informações são levadas para a região de neurônios sensíveis a forma e cor projetando-se no córtex temporal inferior. Já o processamento da informação visual sobre o movimento é originado na retina passando pelo NGL e córtex visual primário e processados pela área temporal média e a área temporal superior. Após o processamento da imagem, as informações são transmitidas para a área motora visual no lobo parietal, onde vão ser reconhecidas tanto as velocidades quanto a direção do movimento do objeto. Esse talvez seja o processamento mais complexo pelo sistema visual (KANDEL et al., 1997; GALUSKE et al., 2002)

Apesar do sistema visual ser complexo no seu funcionamento pode-se dizer que seu funcionamento é muito rápido, chegando a tempos de resposta na ordem de 300 milissegundos, ou seja, até que o indivíduo veja um objeto e responda com movimento leva aproximadamente 1/3 de segundo (TEMPRADO et al., 1996).

Alguns autores dividem o sistema visual em duas modalidades para poderem explicar melhor sobre o controle do movimento e a performance muscular. Estes sistemas recebem o nome de sistema focal e ambiental (SHMIDT, 1992; KANDEL et al., 1997).

O sistema focal está envolvido com a percepção inicial do objeto, ou seja, primeiro a observação para depois a ação, sendo que este sistema utiliza principalmente a região temporal inferior do sistema visual (KANDEL et al., 1997).

O outro sistema chamado de ambiental, responsável pelo controle do movimento, processa a informação focal e executa de modo motor tanto ao nível central como periférico (SHMIDT, 1992; KANDEL et al., 1997).

Após uma explanação do funcionamento do sistema visual podemos verificar a grande importância deste sistema ser estimulado durante o processo de reabilitação, bem como as outras técnicas de treinamento para se obter um melhor desempenho, pois se

espera que com o aumento do estímulo sensorial, melhor será a resposta muscular frente a um exercício ou teste de força muscular, tanto ao nível de geração de força bem como no controle do movimento provocando talvez menos coativação muscular durante a execução do mesmo.

2.1.2 Sistema Auditivo (uma visão anátomo-neurofisiológica)

Podemos dizer que o sistema auditivo é um competidor direto do sistema visual para a obtenção de informações sensoriais, pois também capta informações do meio externo e transforma em sinais neurais para o córtex cerebral (BROWN, 1976). A audição ocorre após uma série complexa de transformações, onde o sinal físico conhecido como som é transformado em sinal neural para o cérebro (SHORE, 1999). O som possui várias intensidades, frequências, e tonalidades que são codificadas pelo ouvido e suas estruturas neurais, representadas em áreas específicas no córtex cerebral assim como na visão (KANDEL et al., 1997).

Anatomicamente o sistema auditivo é dividido em ouvido externo, ouvido médio e interno e vias neurais de audição.

O ouvido externo também chamado de orelha, é constituído pelo pavilhão da orelha e pelo meato auditivo externo. Sua função principal é de aumentar a captação e transferência do som para a membrana timpânica e auxiliar na localização do som (BROWN, 1976; SHORE, 1999; KINGSLEY, 2001).

A região medial do sistema auditivo chamada de ouvido médio se localiza dentro do osso temporal. É no ouvido médio que está localizada a membrana timpânica ou tímpano, que faz a separação do ouvido médio do externo. Três pequenos ossos, ou ossículos, compõem o ouvido médio, o martelo, a bigorna e o estribo que juntos conectam a membrana timpânica à janela oval para transmitirem o sinal físico (vibração) para a cóclea no ouvido interno (KINGSLEY, 2001; GUYTON; HALL, 2002).

O ouvido interno é constituído por um labirinto ósseo helicoidal, a cóclea, que contém três tubos enrolados lado a lado chamados de rampa média, rampa vestibular e rampa timpânica (BROWN, 1976; SHORE, 1999; KINGSLEY, 2001; GUYTON; HALL, 2002). Estas estruturas apresentam grande quantidade de líquido. Na cóclea

situa-se a membrana basilar que contém as células ciliares sensoriais que transmitem as vibrações para o órgão de Corti (SHORE, 1999, MACHADO, 2001).

O órgão de Corti é um receptor que gera impulsos nervosos oriundos da membrana basilar. No órgão de Corti ficam as células ciliadas internas e externas que são consideradas os verdadeiros receptores sensoriais. Estas células quando estimuladas transmitem impulsos para o gânglio espiral de Corti que por sua vez transmitem sinais por meio de seus axônios do nervo coclear até o SNC na junção do bulbo com a ponte (BROWN, 1976; SHORE, 1999; LUNDY-EKMAN, 2000; MACHADO, 2001; GUYTON; HALL, 2002).

Após o estímulo passar pelos nervos cocleares as informações auditivas são transmitidas ao núcleo coclear, complexo olivar superior, colículo inferior e por último para o córtex auditivo (BROWN, 1976; SHORE, 1999).

O núcleo coclear é responsável pela informação da frequência de disparo das fibras oriundas do nervo vestibulococlear. Quando as informações chegam no núcleo coclear através de suas fibras, elas se dividem para inervar o núcleo coclear anterior (NCA), núcleo coclear posterior (NCP) e o núcleo coclear dorsal (NCD). Estas raízes são responsáveis por um processamento mais efetivo das informações aferentes do nervo vestibulococlear (LUNDY-EKMAN, 2000). Após o processamento da informação pelos núcleos cocleares os impulsos são transmitidos para vias paralelas dos centros auditivos superiores através da estria auditiva ventral e intermediária ao lemnisco lateral e enviam um pequeno ramo ao complexo olivar superior (SHORE, 1999; LUNDY-EKMAN, 2000; GUYTON; HALL, 2002).

O complexo olivar superior é um grupo de núcleos essenciais para a localização espacial do som (SHORE, 1999; KINGSLEY, 2001). Três núcleos formam o complexo olivar superior, o complexo olivar superior lateral (COSL), o complexo olivar superior medial (COSM) e o núcleo medial do corpo trapezóide. O COSL recebe estímulo excitatório diretamente do NCA ipsilateral e estímulo inibitório do NCA contralateral através do núcleo medial do corpo trapezóide. Essas células também são denominadas de células “EI”, pois são melhores excitadas por frequências altas (SHORE, 1999). Já o COSM recebe estímulo excitatório de ambas as raízes no NCA sendo excitadas por frequências baixas e responsáveis pela cronometragem do som que chega ao ouvido (BROWN, 1976; GUYTON; HALL, 2002; SHORE, 1999; KINGSLEY, 2001).

As informações processadas pelos núcleos cocleares e pelo complexo olivar superior dirigem-se ao colículo inferior. No colículo inferior ocorre a retransmissão auditiva e a integração das informações com os estímulos somestésicos. O colículo inferior também está envolvido em alguns reflexos como o de susto e de orientação da cabeça em direção à fonte sonora. As informações de retransmissão e orientação passam do colículo inferior para o núcleo geniculado medial que faz a transmissão do sinal neural para o córtex auditivo (SHORE, 1999; KINGSLEY, 2001).

Depois das informações passarem por todos os centros anatômicos e neurais da via auditiva a informação chega ao córtex auditivo. O córtex auditivo situa-se na superfície do lobo temporal mais precisamente nas áreas 41 e 42 de Brodmann (BROWN, 1976; YOUNG; YOUNG, 1998; SHORE, 1999; KINGSLEY, 2001; GUYTON; HALL, 2002). Também existem outras áreas de responsividade aos estímulos sonoros como o lobo frontal póstero-inferior, o lobo parietal inferior e o corpo caloso (SHORE, 1999). Mas é no córtex auditivo primário que se dá o conhecimento consciente da intensidade dos sons. Além do córtex auditivo fazer o reconhecimento do som, existe o córtex auditivo de associação que compara os sons com as memórias de outros sons e depois classifica como linguagem, música ou ruído. Outra região que faz a compreensão do estímulo sonoro em linguagem é a área de Wernicke, que também é responsável pela compreensão de figuras e letras na visão (LUNDY-EKMAN, 2000).

O sistema auditivo apresenta tempo de resposta mais rápido que o sistema visual ocorrendo respostas em torno de 70 milissegundos, ao passo que sistema visual apresenta respostas em torno 300 milissegundos (SHORE, 1999). Embora o sistema visual apresente resposta mais lenta frente ao estímulo, é um receptor muito importante para o indivíduo.

Johansson et al. (1983), relatam que o sistema auditivo possui conexões com o sistema autonômico em muitos níveis neurológicos e o uso do estímulo auditivo pode também interferir no estado de contração do músculo aumentando ou diminuindo sua eficiência.

Podemos dizer que durante a reabilitação, bem como o treinamento e avaliação da função muscular é de grande importância que o estímulo auditivo também seja desenvolvido com o intuito de aumentar a atividade em todo o SNC e com isso diminuir o tempo resposta do músculo frente ao movimento e selecionar melhor a musculatura

para o movimento exacerbando a força muscular exercida durante uma atividade (JOHANSSON et al., 1983; KANDEL et al., 1997; SHORE, 1999; LUNDY-EKMAN, 2000).

2.2 Dinamometria muscular isocinética e isométrica

Hislop e Perrine (1967), foram os primeiros pesquisadores a utilizar o termo contração muscular isocinética, onde eles demonstraram o movimento caracterizado por uma velocidade constante e por uma resistência acomodadora à força gerada pelos músculos durante toda a amplitude de movimento (ADM). A partir disto foi apresentado um novo equipamento para a medida da performance muscular, o dinamômetro isocinético. Daí então, surgiram inúmeros estudos em várias áreas da saúde e da reabilitação utilizando a contração isocinética.

A contração isocinética possui algumas peculiaridades em relação às outras contrações, como o isolamento do grupo muscular fraco, fornece uma resistência acomodável em todos os ângulos de movimento e também permite quantificar não só o torque como também o trabalho e a potência muscular (HISLOP; PERRINE, 1967, THISTLE et al., 1967; PERRIN, 1993; DVIR, 2002).

Atualmente, os equipamentos de dinamometria isocinética possuem velocidades angulares que vão de 0 (zero) a 500°/s. Esta velocidade é pré-determinada pelo examinador e permanece constante durante toda a sua execução. Estas velocidades são divididas em baixa, média e alta. As velocidades consideradas baixas vão de 15 a 120°/s; as médias de 180 a 240°/s e as altas acima de 270 a 450-500°/s (GUARATINI, 1999)

No dinamômetro isocinético vários parâmetros podem ser analisados, sendo os mais comuns: torque, potência e trabalho, que por sua vez podem ser verificados por meio das variáveis força, *endurance* e fadiga. Estas variáveis também são usadas na avaliação das contrações isométrica e isotônica.

Já as contrações isométricas são aquelas onde não existe velocidade de movimento, ou seja, a contração é estática e a resistência é grande. Este tipo de contração é muito utilizada para avaliação de força muscular e padrões de contração muscular (THISTLE et al., 1967; PERRIN, 1993; HALL, 2000). Uma das vantagens da contração isométrica é a avaliação da força em articulações onde a ADM é limitada como em algumas

patologias. O único problema é que geralmente sua avaliação não dá para ser executada em toda a ADM (PERRIN, 1993).

Hoje, é comum e de grande relevância associar os modos isocinético e isométrico para avaliação, pois um utiliza a contração dinâmica e o outro a contração estática.

Desta forma, pode-se avaliar diferentes estratégias de controle neural durante a contração muscular.

2.3 Eletromiografia

Eletromiografia é o estudo do registro dos sinais elétricos emanados pelos músculos durante contrações (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985; ACIERNO et al., 1995).

Ela foi descoberta no séc. XVIII por Galvani, um cientista italiano que verificou que o músculo produzia uma corrente elétrica ou voltagem quando este desenvolvia tensão ou um estímulo nervoso (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985; ACIERNO et al., 1995; HALL, 2000).

A captação do sinal elétrico emanado do músculo pode ser de várias formas, dentre elas podemos destacar a captação por transdutores conhecidos como eletrodos. Estes eletrodos podem ser de dois tipos, agulha ou de superfície, sendo que os mais utilizados são os de superfície (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985; HALL, 2000).

De acordo com Amadio e Duarte (1996) e De Luca (1997), ela pode ser utilizada em diversas aplicações como na clínica médica para diagnóstico de doenças neuromusculares, na reabilitação, na anatomia, na biomecânica e também na pesquisa, avaliando padrões de movimento e alterações na contração muscular.

A eletromiografia associada à dinamometria para a avaliação de performance de indivíduos tem-se mostrado muito eficaz, pois combina as medições dos componentes externos e internos da contração muscular.

2.4 Influência dos estímulos sensoriais na força muscular

Dentro do estudo da função muscular podemos dizer que vários fatores podem interferir na força bem como a ativação muscular. E com a incessante busca para se obter o máximo do potencial humano nos esportes ou em técnicas de avaliação e reabilitação que se utilizam fatores fisiológicos, psicológicos, técnicas proprioceptivas, treinamentos e o uso de estímulos como o encorajamento verbal e visual objetivando sempre obter o melhor aproveitamento (CAMPENELLA et al., 2000; FEINTUCH; COHEN, 2002).

Os efeitos desses estímulos são de aumentar a performance muscular e a precisão de determinado movimento em que atletas, pessoas em processo de reabilitação estejam realizando, bem como de melhorar o estado de sinergismo do músculo por meio da coativação (KEELE; POSNER, 1968; LINDEN et al., 1993; HOBBEL; ROSE, 1993; FEINTUCH, 2002).

Os estímulos visuais, segundo Kim e Kramer (1997) podem facilitar a ativação das unidades motoras na aquisição de habilidades na fase do aprendizado motor, enquanto inibe outros comportamentos motores.

Já os estímulos verbais, de acordo com Johansson et al.(1983), podem mudar o estado neural de controle do movimento.

Hald e Bottjen (1987), estudaram o efeito do estímulo visual em contrações máximas e submáximas durante exercícios isocinéticos concêntricos para quadríceps e isquiotibiais do membro dominante de 18 homens e 18 mulheres. O equipamento utilizado por eles foi um dinamômetro isocinético da marca CYBEX II e a velocidade foi de 60 e 180^o/s. Os autores normalizaram os dados pelo peso corporal de cada voluntário. Durante o aquecimento os voluntários não recebiam nenhum tipo de estímulo e os dados eram considerados como controle. Após o aquecimento, eles repetiam o exercício e eram instruídos a acompanharem em um monitor de computador onde mostrava o desempenho de cada voluntário. Os resultados obtidos pelos autores mostraram que quando os voluntários acompanhavam o exercício pelo monitor do computador o pico de torque aumentou significativamente, quando comparado ao período em que eles não estavam recebendo qualquer estímulo. Os autores não encontraram diferenças estatísticas quando analisaram a fadiga destes voluntários.

Hobbel e Rose (1993), analisaram o efeito do conhecimento visual de três formas durante contrações isocinéticas concêntricas nas velocidades de 120 e 240^o/s em

24 sujeitos do sexo masculino. Os sujeitos foram divididos em três grupos onde cada um recebeu um estímulo visual. Os autores não encontraram diferenças estatísticas na média do pico de torque entre os grupos, embora os grupos que receberam os estímulos visuais tiveram grande melhora no desempenho.

Kellis e Baltzopoulos (1996), avaliaram o efeito do estímulo visual dos músculos flexores e extensores do joelho durante contrações isocinéticas excêntricas nas velocidades angulares de 30 e 150°/s em um dinamômetro isocinético BIODEx. Os voluntários eram apenas do sexo masculino. Os resultados encontrados foram um aumento de 7,2 e 6,4% no torque extensor e de 8,7 e 9% para o torque flexor nas velocidades de 30 e 150°/s respectivamente.

Kim e Kramer (1997), analisaram a efetividade do estímulo visual em contrações isocinéticas concêntricas e excêntricas da articulação do joelho dominante em indivíduos de ambos os sexos. Foram avaliados 10 indivíduos do sexo masculino e 10 do sexo feminino. O equipamento utilizado por eles foi um dinamômetro isocinético KIN COM e a velocidade angular foi de 45°/s para os dois tipos de contração. Os dados foram coletados em duas seqüências. A primeira, os indivíduos realizaram 3 testes no período de 2 semanas e a segunda quatro semanas após a primeira fase. Os resultados obtidos mostraram que os voluntários tiveram torque maior em ambas as contrações, porém, a efetividade dos testes tendeu a diminuir com o passar dos testes.

Embora o estímulo verbal seja um grande aliado durante qualquer tipo de atividade em que o indivíduo esteja realizando, não há trabalhos na literatura onde tal estímulo é analisado durante contrações isocinéticas, somente durante contrações isométricas.

O único trabalho onde todos os estímulos são avaliados na contração isocinética é o trabalho de Campenella et al. (2000), onde eles avaliam o pico de torque durante os estímulos visual e verbal durante contrações isocinéticas concêntricas de 15 homens e 15 mulheres. A velocidade angular utilizada foi de 60°/s e os voluntários realizaram 4 testes com intervalo de 7 a 14 dias entre os testes, sendo que cada teste era fornecido um estímulo. O primeiro teste não era fornecido nenhum estímulo e foi considerado o teste controle, e após os estímulos verbal e visual, somente verbal e por último somente o visual foram fornecidos. Os resultados mostraram que o estímulo visual e o conjunto de verbal e visual foram significativamente maiores que o grupo controle. Por outro lado o

estímulo verbal não teve diferenças estatísticas quando comparado com o grupo controle.

Steyn et al. (2002), avaliaram o efeito dos estímulos verbal e visual simultaneamente no pico de torque e trabalho total em 14 voluntários durante contrações isocinéticas na velocidade de 90°/s. Os voluntários foram divididos em dois grupos onde um grupo não recebeu estímulos e o outro os estímulos verbal e visual. Os resultados mostraram que os voluntários que receberam os estímulos verbal e visual apresentaram aumento no pico de torque e no trabalho total.

A contração isométrica também vem sendo analisada com o uso dos estímulos verbal e visual por vários pesquisadores.

Pierson e Rasch (1964), analisaram o efeito do estímulo visual durante contrações isométricas para a articulação do cotovelo de 15 voluntários. O equipamento utilizado pelos pesquisadores foi uma barra conectada a uma célula de carga onde os indivíduos realizavam a força e esta era transmitida para um indicador de força para que os indivíduos visualizassem seu desempenho. Os voluntários realizaram o teste duas vezes no mesmo dia durante 2 semanas. O resultado encontrado pelos pesquisadores foi um aumento da força quando os indivíduos recebiam o estímulo visual.

Berger (1967), analisou o efeito do estímulo visual na força de preensão da mão de 22 voluntários. O equipamento utilizado para o estudo foi um tensiometro. As condições de estímulo e sem estímulo visual foi realizada no mesmo dia pelos voluntários. O resultado obtido pelo pesquisador foi um aumento na força de preensão da mão quando o estímulo visual era fornecido para os indivíduos.

Peacock et al. (1981), analisaram o efeito dos estímulos verbal e visual durante contrações isométricas da articulação do joelho de 14 mulheres e 2 homens. O equipamento utilizado foi um dinamômetro CYBEX. Os voluntários realizaram 2 contrações isométricas em cada situação (sem comando verbal e visual, comando verbal e visual, somente comando verbal e somente comando visual) no mesmo dia. Os resultados obtidos foram que os estímulos verbal e visual tiveram um aumento de 10% quando comparado com a condição sem estímulos, não encontrando diferenças estatísticas nas outras condições.

Johansson et al. (1983), analisaram o efeito do encorajamento verbal e a relação volume de voz durante contrações isométricas de extensão do cotovelo. Os resultados

obtidos demonstraram que o encorajamento em volume de voz mais alto (88 decibéis), gerou 8% a mais de força quando comparado com um volume mais baixo (66 decibéis).

Na literatura apenas um trabalho utiliza a EMG associada a um dinamômetro para avaliar o efeito do estímulo verbal no torque muscular em contrações isométricas. McNair et al., (1996) avaliaram o pico de torque e a atividade eletromiográfica dos músculos flexores do cotovelo. O equipamento utilizado foi um dinamômetro KIN COM. Os resultados encontrados demonstraram que quando o estímulo verbal foi fornecido houve um aumento de 5% no pico de torque, porém nenhuma diferença significativa no sinal eletromiográfico foi encontrada quando comparado com a presença ou ausência do estímulo.

Dentre os vários trabalhos levantados na literatura, observa-se diferença na metodologia empregada para avaliar a efetividade dos estímulos verbal e visual (EMG, contração isocinética e isométrica), para explicar a grande vantagem de cada estímulo.

Outro grande aspecto que merece destaque é o fato de não termos nenhum trabalho que avalie o estímulo verbal e visual durante contrações isométricas e isocinéticas associadas à eletromiografia para verificar qual estímulo se mostre mais ajustável a cada situação. Verificando com isto padrões eletromiográficos como a coativação muscular durante o fornecimento dos estímulos verbal e visual.

3. Objetivo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito dos estímulos verbal e visual no pico de torque, porcentagem de movimento isocinético e coativação muscular durante contrações isométricas e isocinéticas, utilizando para tal um dinamômetro e um eletromiógrafo.

4. Material e Método

4.1 Grupo Experimental

Foram analisados 13 voluntários do sexo masculino saudáveis e sedentários, sem história prévia de cirurgia no joelho, lesão músculo-esquelética no membro inferior, déficits neurológicos e déficit auditivo ou visual, com idade entre 18 a 32 ($23,15 \pm 3,78$) anos (Tabela 01). O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (conforme resolução nº 196/96, do Conselho Nacional de Saúde, de 13 de agosto de 2004) (ANEXO A). Os voluntários realizaram 4 testes com intervalo de 7 dias entre as coletas, sendo que em cada teste um estímulo era fornecido. A seqüência dos estímulos foi randomizada para cada voluntário:

SCVeVi -sem comando verbal e visual (controle),

CveVi - comando verbal e visual;

Cve - comando verbal;

Cvi - comando visual.

Tabela 01: Descrição dos voluntários quanto idade, altura, massa e tempo de sedentarismo.

Voluntários	Idade (anos)	Massa (kg)	Altura (m)	Tempo de sedentarismo (meses)
A.O.S	29	84	1,65	120
D.C.R	22	96	1,90	8
D.S.B	22	71	1,84	14
D.S.G	20	78	1,75	6
D.V.N	24	65	1,68	12
F.L.S	21	64	1,80	8
G.M.S	32	81	1,83	60
H.C.F	18	70	1,82	6
K.S.R	22	64	1,81	9
M.F.S	21	76	1,81	4
N.A.D	24	82	1,81	4
R.O.S	25	74	1,84	8
T.A.F	21	78	1,80	16
Media ± SD	23,15 ± 3,78	75,62 ± 9,15	1,80 ± 0,07	21,15 ± 33,11

4.2 Instrumentos

4.2.1 Dinamômetro Isocinético

Para a obtenção dos dados referentes à performance muscular, foi utilizado o Dinamômetro Isocinético Computadorizado BIODEX (Figura 01), modelo Biodex Multi-joint System 3 da BIODEX MEDICAL SYSTEMS Inc e seus acessórios que inclui:

- Acessórios para avaliação do joelho;
- *Software* Biodex System 3 Advantage Software v. 3.2.
- Impressora HP deskjet 694;
- Microcomputador Pentium II 233 MHz.



Figura 01: Dinamômetro Isocinético BIODEX e seus acessórios

4.2.2 Eletromiógrafo

Para a aquisição do sinal eletromiográfico utilizou-se um eletromiógrafo EMG System do Brasil Ltda., composto de 8 canais e eletrodos de superfície do tipo ativo, bipolares e diferenciais para a captação da atividade elétrica dos músculos (Figura 02).

Os sinais analógicos foram pré-amplificados no eletrodo diferencial com ganho de 20 vezes e após foram filtrados com filtro passa banda de 20 a 500 Hz e amplificados novamente, com um ganho de 100 vezes, totalizando portanto um ganho final de 2000 vezes. Para a realização dos procedimentos acima foi utilizado o software Aqdados 4 que permite além do tratamento inicial dos dados brutos, a visualização dos dados em tempo de coleta e a frequência de amostragem utilizada para a coleta foi de 2000Hz.

4.2.3 Eletrodos

Os eletrodos acoplados a pele para a captação do sinal eletromiográfico foram em forma de discos compostos de prata no centro com diâmetro de 1 cm (área de captação), e poliuretano no restante (1,4 cm), totalizando um diâmetro de 2,4 cm e 3 mm de altura.



Figura 02. eletromiógrafo da marca EMG System e eletrodos ativos.

4.3 Procedimento experimental

4.3.1 Localização do ponto motor

Para a localização do ponto motor foi utilizado um gerador universal de pulsos NeMESys 941 QUARK e dois eletrodos de estimulação (Figura 03): um passivo, em forma de placa colocado no membro contralateral e outro ativo, em forma de caneta usado para localizar o ponto motor. Esta técnica segundo ARAÚJO et al., (1996) está menos sujeita a erros sistemáticos. Os músculos analisados no estudo foram reto femoral e bíceps da coxa (cabeça longa). Para a localização do ventre do músculo reto femoral e posterior ponto motor os voluntários permaneceram na posição sentada e foram solicitados a manter o membro em extensão contra a resistência do avaliador, já o músculo bíceps da coxa, os voluntários permaneceram em decúbito ventral com o joelho flexionado por volta de 50° com leve rotação lateral e foram orientados a manter o membro nesta posição após a pressão exercida pelo avaliador. Estas posições de avaliação foram descritas por Kendall et al. (1995).



Figura 03: Gerador de pulsos NeMESys 941 – Quark e seus eletrodos, ativo e passivo

4.3.2 Preparação da pele e colocação dos eletrodos

Após a localização do ponto motor, realizou-se uma tricotomia no local com posterior assepsia utilizando álcool para diminuir a resistência cutânea durante as coletas dos dados.

Os 2 eletrodos de superfície foram acoplados à pele no sentido longitudinal das fibras musculares, sendo que um eletrodo foi acoplado no ponto motor e outro logo acima por meio de uma fita adesiva de dupla face internamente e externamente por outra fita adesiva simples para maior fixação. A distância de captação entre um eletrodo e o outro foi 1,4cm. O 3º eletrodo (eletrodo de referência) foi colocado no membro superior do voluntário através de um clipe.

4.3.3 Sincronização dos dados EMG/ BIODEX

Com o intuito de sincronizar os dados do dinamômetro com o EMG, utilizou-se uma chave/botão acoplada ao dinamômetro e interligada ao eletromiógrafo.

4.3.4 Protocolo de aquecimento e alongamento]

Na tentativa de preparar os músculos para o teste e evitar intercorrências como contraturas, estiramento ou dores musculares durante e após os testes optou-se pelo alongamento e aquecimento (SAFRAN et al., 1988). Os voluntários realizaram 3 séries de 30 segundos de alongamentos para os grupos musculares quadríceps e isquiotibiais. Após o alongamento, os voluntários fizeram aquecimento em cicloergômetro por 5 minutos sob a velocidade de 5 km/h, sem carga.

4.3.5 Posicionamento

Após o aquecimento e alongamento, os voluntários foram posicionados na cadeira do BIODEX, cujo encosto foi fixado a 85°. O eixo do dinamômetro foi alinhado ao eixo de rotação do joelho, no epicôndilo lateral do fêmur. Os voluntários foram estabilizados na cadeira com cintos presos à pelve, tronco e coxa. Foram ainda instruídos a cruzar os braços durante os testes. A perna foi fixada no braço de resistência do dinamômetro acima dos maléolos da tíbia. Para evitar artefatos de movimento na captação da atividade eletromiográfica do músculo bíceps utilizou-se uma espuma de 4 cm de altura, 12 cm de comprimento e 6 cm largura posicionada entre a cadeira do dinamômetro e o membro para acomodar o eletrodo durante a coleta do sinal eletromiográfico.

A posição de cada voluntário foi registrada pelo *software* do equipamento para ser usado nos outros testes.

A correção da gravidade (ou seja, o torque produzido pela força peso do segmento corporal) no dinamômetro foi realizada de acordo com as especificações do manual do equipamento (*Biodex Medical System 3, Manual Applications/Operations*). Para esta correção o membro avaliado foi posicionado em extensão, local de maior atuação da gravidade, e o *software* fez o cálculo do valor desconsiderando-o durante o teste. Antes de iniciar as coletas o dinamômetro foi calibrado conforme especificações do equipamento

4.4 Coleta dos dados

O experimento foi realizado no Laboratório de Biodinâmica da Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP na Faculdade de Ciências da Saúde.

Antes do início do experimento, os voluntários receberam e assinaram o Termo de Consentimento de Participação em Pesquisa que informava sobre os procedimentos a serem adotados e sobre a possibilidade de desistência em qualquer fase da pesquisa sem qualquer tipo de pena ou multa (ANEXO B).

Após a assinatura do termo de consentimento, os voluntários responderam um questionário sobre seu nível de atividade física, neurológico e se possuíam algum tipo de lesão no joelho do membro dominante (ANEXO C). Como critério de exclusão foram avaliados os seguintes fatores: presença de algum tipo de dor ou lesão no joelho dominante, déficit auditivo ou visual, praticante de atividade física a mais de 3 meses.

Os dados foram coletados sempre pelo mesmo examinador, com intervalo de 7 dias entre os testes. O membro avaliado foi apenas o membro dominante, não importando se direito ou esquerdo. Para o reconhecimento do membro dominante foi considerado o membro de maior habilidade para chutar uma bola. Os sujeitos também foram instruídos a não alterarem suas atividades no período dos testes.

Cada teste foi dividido em duas etapas e realizado em seqüência no mesmo dia da seguinte forma:

- 1ª Etapa procedimento isométrico;
- 2ª Etapa procedimento isocinético concêntrico unilateral para a articulação do joelho.

4.4.1 Procedimento isométrico

O teste no modo isométrico consistia em 3 séries de flexão/extensão, iniciando por uma extensão durante 5 segundos, seguida de 60 segundos de repouso e posterior flexão com duração de 5 segundos, também seguida de 60 segundos de repouso. O tempo de repouso foi sugerido por Parcell et al. (2002), onde relatam que este período é o suficiente para o indivíduo recuperar os músculos de um possível desgaste fisiológico e metabólico. O torque isométrico foi coletado na amplitude de 60° de flexão do joelho. Segundo Smidt e Rogers (1982), esta amplitude concentra a maior geração de torque pela articulação do joelho. Antes de iniciar o teste os voluntários realizaram 2

contrações submáximas e 1 contração máxima na posição do teste tanto para a extensão quanto para a flexão, com o intuito de familiarização ao equipamento e ao teste. Eles também foram instruídos a fazer o máximo de força durante o teste, mas foram estimulados de acordo com a seqüência de estímulos que foi feita a ele. Os estímulos consistiam da seguinte forma:

SCVeVi: Neste teste os voluntários não receberam nenhum tipo de estímulo (verbal ou visual) e seus olhos foram vendados. Somente para iniciar e terminar o teste eles ouviram as palavras “JÁ” e “ACABOU” (Figura 04).

CVeVi: Os voluntários foram instruídos a observarem a tela do computador onde o *software* do BIODEX permite estipular metas para os indivíduos alcançarem. Estas metas são na cor diferente das mostradas sobre a performance do voluntário e estas metas foram colocadas em níveis altos para que eles se sentissem estimulados a alcançarem. Esta foi a forma do estímulo visual. Concomitantemente, eles receberam encorajamento verbal padronizado para flexão e para extensão da seguinte forma: Para a extensão foi: “FORÇA, ESTENDA A PERNA, VAI, MAIS FORÇA”, e para a flexão: “FORÇA, FLEXIONE A PERNA, VAI, MAIS FORÇA”. O início e término dos testes foram marcados pelas palavras “JÁ” e “ACABOU” (Figura 05).

CVe: Neste teste os voluntários receberam apenas o encorajamento verbal padronizado, previamente descrito e mantiveram seus olhos vendados para que não ocorresse nenhuma interferência visual durante o procedimento.

CVi: Neste teste os voluntários foram instruídos com estímulo visual, conforme descrito previamente.



Figura 04: Voluntário realizando teste isométrico na condição SCVeVi



Figura 05: Voluntário realizando teste isométrico na condição CVeVi

4.4.2 Procedimento isocinético

O teste no modo isocinético concêntrico foi realizado em duas velocidades, 60 e 180°/s de flexão/extensão do joelho unilateral, onde Pincivero et al. (1997) e Guaratini (1999) relatam serem velocidades com grande confiabilidade e precisão para avaliação de performance muscular. Para a velocidade de 60°/s os voluntários realizaram 5

contrações contínuas e recíprocas para flexão/extensão do joelho e para a velocidade de 180°/s foram realizadas 20 contrações contínuas e recíprocas para flexão e extensão do joelho. A amplitude de movimento foi de 70°, partindo de 90° de flexão até 20° de extensão. Entre uma série e outra o voluntário teve um período de 60 segundos de repouso. Como no teste isométrico, os voluntários realizaram 2 contrações submáximas e 1 contração máxima para familiarização ao equipamento e ao teste. No entanto, foram estimulados de forma diferente. Os estímulos para os grupos foram conforme o protocolo isométrico apenas sendo os estímulos e os movimentos contínuos e recíprocos.

4.5 Normalização

Com o intuito de comparar os dados de diferentes indivíduos optou-se pela normalização dos dados:

- Os dados referentes ao pico de torque isométrico e isocinético foram divididos pela massa corporal de cada voluntário.
- Os dados referentes à atividade eletromiográfica das contrações isocinéticas foram normalizados pelo método de Kellis e Baltzopoulos (1996), onde o valor RMS da atividade eletromiográfica integrada antagonista de todas as contrações de um músculo é normalizada por um percentual da atividade agonista dele no mesmo ângulo e velocidade de movimento.
- Já os dados referentes às 3 contrações isométricas foram normalizados pelo mesmo sistema dos dados isocinéticos, porém foram avaliadas as contrações independentes e posteriormente feita a média das três contrações tanto para flexão como para extensão.
- Os dados referentes a porcentagem de movimento isocinético foram calculadas verificando a quantidade de movimento em que o membro permaneceu exclusivamente isocinético durante movimento para cada velocidade de cada indivíduo.

4.6 Análise estatística

Os dados foram coletados e transportados para o programa *Matlab 6.1* (Mathworks), onde foi feita uma rotina matemática para analisar todos os dados simultaneamente. Após o tratamento matemático foi realizado o tratamento estatístico no programa BioEstat 2.0 com índice de significância $p \leq 0.05$. Para a avaliação dos dados optou-se pelo teste pareado de Wilcoxon.

As variáveis analisadas foram o pico de torque extensor e flexor isocinético na velocidade de 60 e 180°/s, pico de torque extensor e flexor isométrico, porcentagem de movimento isocinético e coativação muscular no movimento isocinético nas 2 velocidades e também a coativação muscular na contração isométrica. Os dados foram analisados levando em consideração as quatro situações (SCVeVi, CVeVI, CVe, CVi). O grupo controle foi considerado a condição na qual nenhum estímulo foi fornecido aos voluntários (SCVeVi).

5. Resultados

Pela análise pareada de Wilcoxon referente ao pico de torque isocinético na velocidade de 60 e 180°/s, pico de torque isométrico e porcentagem de movimento isocinético podemos verificar os seguintes resultados demonstrados na Tabela 02.

Tabela 02: Valores da análise estatística de pico de torque isocinético flexor e extensor nas velocidades de 60 e 180°/s e isométrico e a porcentagem de movimento isocinético entre as condições analisadas.

Variável analisada	SCVeVi – CveVI	SCVeVi – CVe	SCVeVi - CVi
PT Ext. 60°/s	0,806	0,637	0,054
PT Flex. 60°/s	0,813	0,753	0,328
PT Ext. 180°/s	0,247	1,000	0,221
PT Flex. 180°/s	0,529	0,373	0,582
PT Ext. isométrica	0,263	0,582	0,755
PT Flex. isométrica	0,021*	0,248	0,116
Porcentagem de movimento isocinético 60°/s	0,721	1,000	0,328
Porcentagem de movimento isocinético 180°/s	0,480	0,414	0,218

Condições avaliadas pelo teste pareado de Wilcoxon com índice de significância $p \leq 0,05$

- - Estatisticamente significativo
- PT – Pico de Torque
- Ext. – Extensão
- Flex. Flexão

A análise do pico de torque isocinético extensor na velocidade de 60°/s não apresentou resultados significativos quando comparado à condição controle.

Note na Figura 06 os valores do pico de torque extensor isocinético a 60°/s dos voluntários nas 4 situações de teste. Pode-se observar que embora os valores de torque para a condição controle tenderam a serem menores para a maioria dos voluntários, os resultados não apresentaram diferenças estatísticas entre as análises.

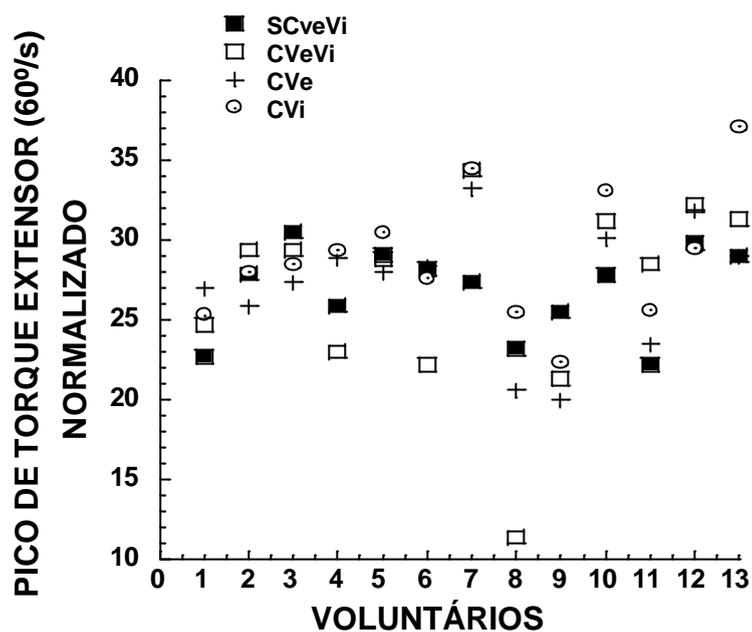


Figura 06: Pico de Torque extensor normalizado no movimento isocinético a 60°/s. valores expressos para todos os voluntários nas 4 condições.

Para a análise do pico de torque flexor a 60°/s também não foi encontrada significância. Os valores de torque flexor na situação controle permaneceram com características semelhantes a do pico de torque extensor. Muitos voluntários apresentaram valor menor em relação às outras formas de estímulos. Isto fica claramente evidente na Figura 07 onde pode-se verificar os torques para cada voluntário referente aos diferentes estímulos.

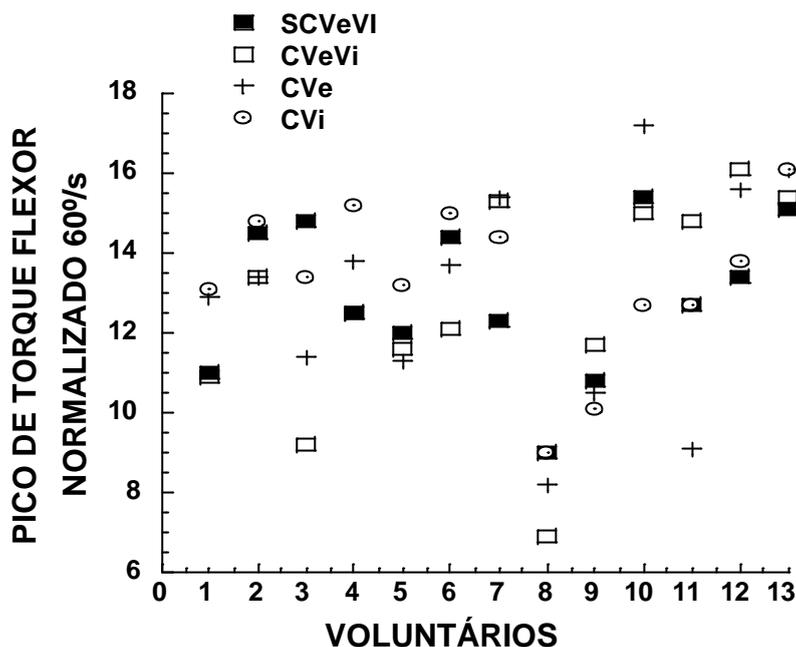


Figura 07: Pico de Torque flexor normalizado no movimento isocinético a 60º/s. Valores expressos para todos os voluntários nas 4 condições.

Para as variáveis pico de torque isocinético extensor e flexor na velocidade de 180º/s não foram encontradas diferenças estatísticas nas variáveis analisadas em relação ao grupo controle. Os valores apresentados para a análise do pico de torque extensor e flexor entre SCVeVi – CVeVi, SCVeVi – CVe e SCVeVi – CVi, demonstraram pouca representatividade entre os estímulos para o pico de torque extensor e flexor.

Dentre as análises referentes ao pico de torque isométrico, somente o pico de torque flexor apresentou diferenças estatisticamente significativas ($p=0,021$) quando comparado entre a condição SCVeVI e CVeVi. Isto pode ser melhor visualizado na Figura 08. As demais condições não apresentaram diferenças estatísticas nas variáveis analisadas no pico de torque extensor SCVeVi – CVeVi, SCVeVi – CVe, SCVeVi – CVI e para o torque flexor nas condições SCVeVi – CVe e SCVeVi – CVI.

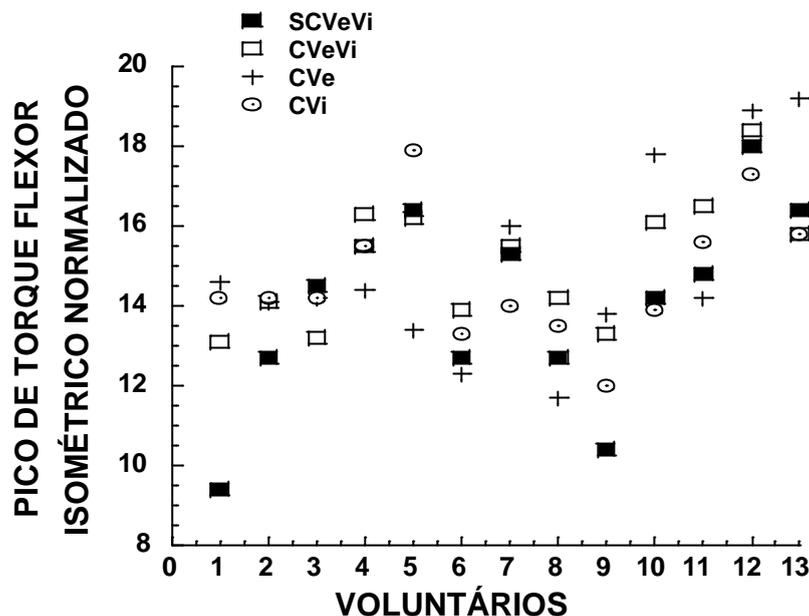


Figura 08: Pico de torque isométrico flexor normalizado. Valores expressos para cada voluntário em cada estímulo.

Nota-se na Figura 08 que o pico de torque flexor isométrico na condição CVeVi se encontra maior que a condição SCVeVi para a maioria dos voluntários. Observa-se também que o grupo controle permanece menor que as outras formas de estímulo embora não tenha apresentado resultados estatísticos para as demais condições analisadas.

Uma variável que pode estar envolvida com qualidade e quantidade de força exercida por uma articulação é a porcentagem de movimento isocinético. Esta variável permite verificar qual a porcentagem de tempo do exercício o qual o movimento foi realmente isocinético. Esta variável quando alterada pode ser um dos indicativos da diminuição da força que o indivíduo desenvolveu durante o teste.

Quando analisado a porcentagem de movimento isocinético nas velocidades de 60 e 180°/s podemos encontrar variações entre as avaliações SCVeVi-CVeVi, SCVeVi-CVe e SCVeVi-CVi, porém estas não apresentaram significância estatística. Estes resultados podem ser melhor visualizados nas Figura 09 e 10, onde caracteriza-se grande homogeneidade do tempo isocinético entre os estímulos para cada voluntário.

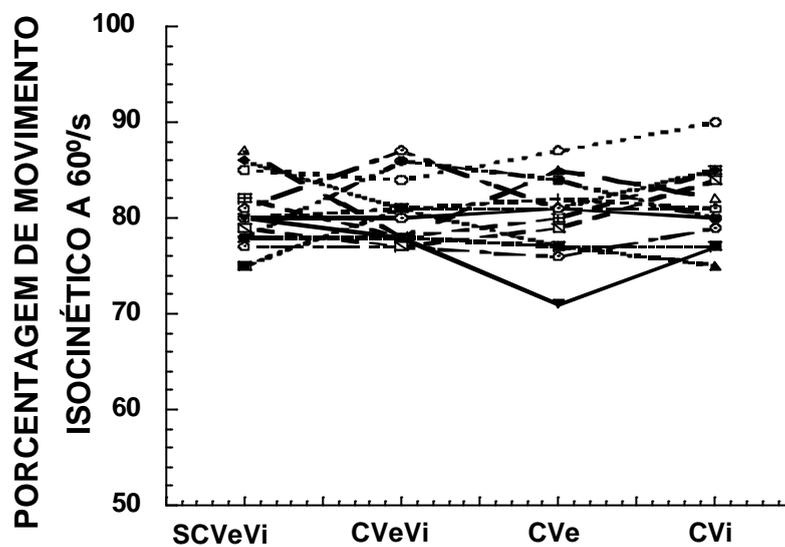


Figura 09: Porcentagem de movimento isocinético na velocidade de 60°/s para os voluntários em cada estímulo.

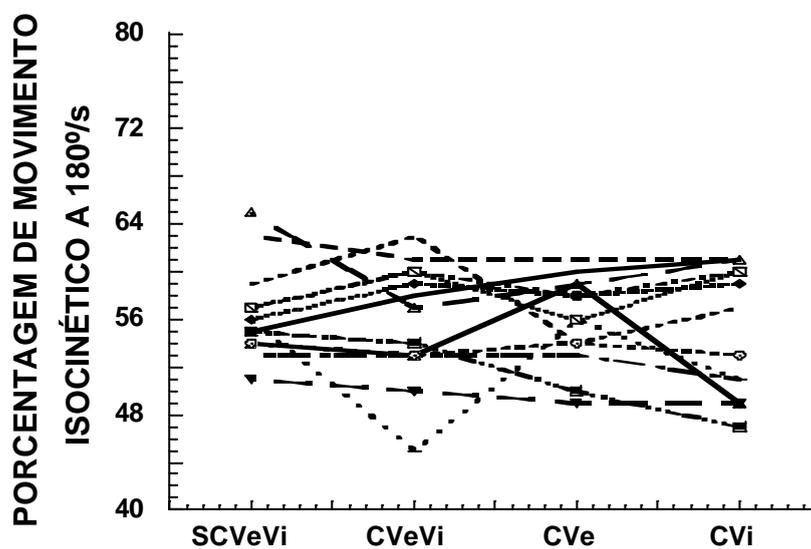


Figura 10: Porcentagem de movimento isocinético na velocidade de 180°/s para os voluntários em cada estímulo.

Outra variável que pode estar envolvida com o torque é a coativação muscular. Esta variável foi analisada na contração isométrica e isocinética a 60 e 180°/s, tanto para a extensão como para a flexão. Na contração no sentido da extensão o músculo antagonista avaliado foi o bíceps e para a extensão o reto femoral. Os resultados podem ser melhor visualizados na Tabela 03.

Tabela 03: Valores da análise estatística para a coativação muscular nos movimentos de flexão (reto femoral) e extensão (bíceps) para os músculos nos movimentos isocinético a 60 e 180°/s e na contração isométrica.

Variável analisada (coativação muscular)	SCVeVi – CveVI	SCVeVi – Cve	SCVeVi - CVi
Extensão a 60°/s (Bíceps)	0,345	0,054	0,115
Flexão a 60°/s (Reto Femoral)	0,721	0,594	0,068
Extensão a 180°/s (Bíceps)	0,806	0,278	0,675
Flexão a 180°/s (Reto Femoral)	0,813	0,115	0,916
Extensão isométrica (Bíceps)	0,363	0,015*	0,027*
Flexão isométrica (Reto Femoral)	0,813	0,213	0,759

Condições avaliadas pelo teste pareado de Wilcoxon com índice de significância $p \leq 0,05$

* - Estatisticamente significativo

A partir da Tabela 03 podemos observar que a coativação muscular para os movimentos de flexão e extensão nas contrações isocinética a 60 e 180°/s não apresentaram diferenças estatísticas.

Na Figura 11 pode-se verificar a coativação muscular para o músculo bíceps no movimento de extensão na velocidade de 60°/s. Note que a coativação do bíceps durante a extensão tendeu a ser maior na condição controle, quando comparado aos outros estímulos para alguns voluntários.

Para o movimento de flexão de joelho, o músculo reto femoral também teve o mesmo comportamento do músculo bíceps nas velocidades de 60 e 180°/s.

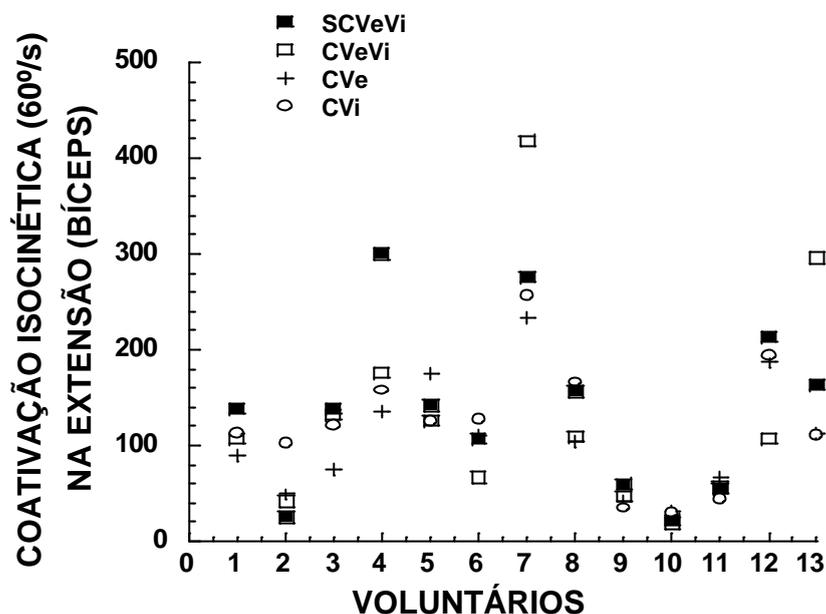


Figura 11: Coativação do músculo bíceps no movimento de extensão durante contração isocinética a 60°/s para cada voluntário e formas de estímulo.

Quando analisamos a coativação do músculo bíceps femoral na contração isométrica durante a extensão do joelho, os estímulos verbal e visual isoladamente apresentaram diferenças estatísticas em relação à condição controle com $p=0,015$ e $0,027$ respectivamente. Na avaliação dos estímulos verbal e visual juntos, nenhuma diferença estatística foi encontrada em relação ao controle.

Isso pode ser observado nas Figuras 12 e 13 onde vê-se uma diminuição da coativação do músculo bíceps na extensão em relação ao controle para a maioria dos voluntários avaliados.

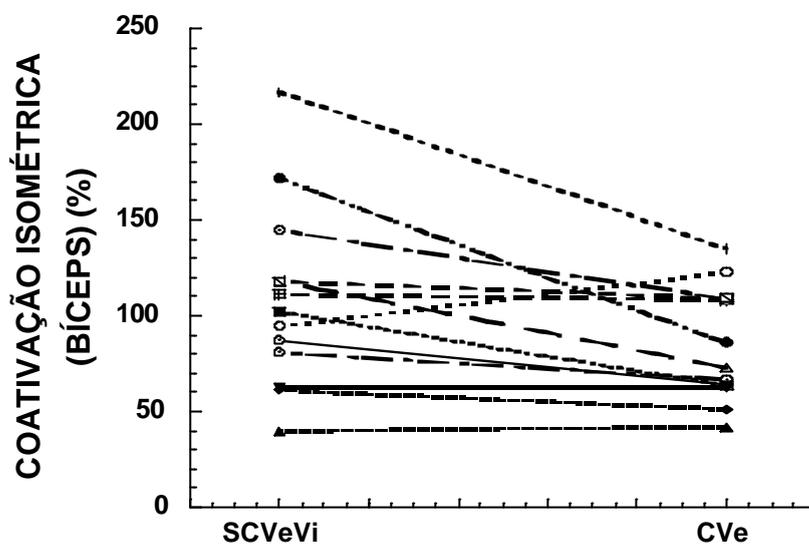


Figura 12: Coativação do músculo bíceps durante a extensão na contração isométrica, na condição (SCVeVI) e (CVe), $p=0,015$

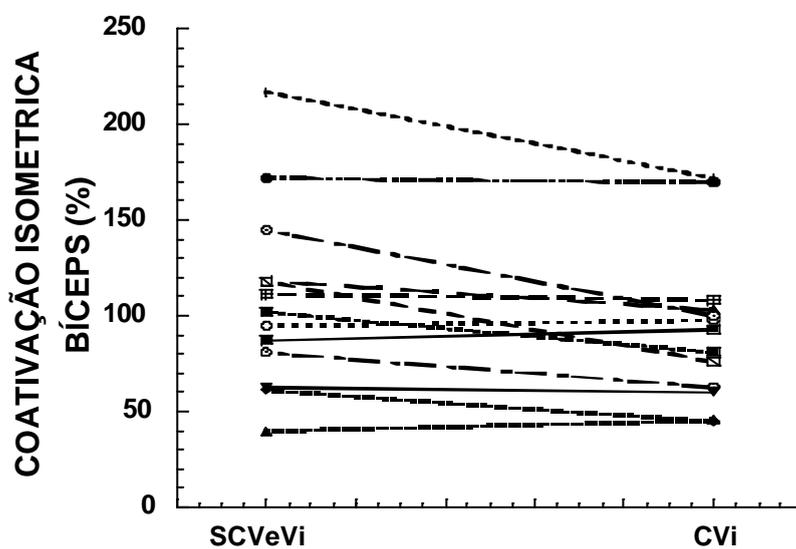


Figura 13: Coativação do músculo bíceps durante a extensão na contração isométrica, na condição (SCVeVI) e (CVi), $p=0,027$.

6. Discussão

Durante o processo de treinamento, bem como na reabilitação onde o objetivo é aumentar a força muscular, preconiza-se o uso de estímulos sensoriais. Partindo deste princípio, avaliamos o efeito desses estímulos em exercício isométrico e isocinético.

Os resultados do presente estudo evidenciam algumas diferenças em relação aos resultados encontrados por outros pesquisadores referentes ao efeito dos estímulos verbal e visual durante contrações isométrica e isocinéticas.

Pode-se observar que apenas o pico de torque flexor na contração isométrica apresentou diferenças estatísticas comparando o grupo controle e grupo com os estímulos verbal e visual juntos. Para os outros estímulos não foram encontradas alterações no pico de torque, tanto flexor como extensor no modo isométrico.

Peacock et al. (1981), encontraram resultados semelhantes porém apenas na avaliação da extensão do joelho, não tendo sido avaliada a flexão como no presente trabalho. Em seu trabalho não é mencionado em qual angulação o pico de torque extensor foi avaliado, pois o ângulo articular pode influenciar na promoção da força por determinada articulação.

Segundo Smidt e Rogers (1982), o ângulo de maior atuação da força isométrica é por volta de 45 a 60° e o torque flexor ocorre com maior atuação por volta de 60° e para a extensão por volta de 45°. No presente trabalho optamos por avaliar tanto o torque flexor como extensor na posição de 60°. Essa posição pode ter favorecido o torque flexor, embora nenhuma alteração no pico de torque flexor tenha ocorrido em relação aos outros estímulos.

Ao avaliar o estímulo visual, Pierson e Rasch (1964) e Berger (1967), encontraram aumento no pico de torque quando o estímulo visual foi fornecido aos voluntários, onde as articulações avaliadas foram o cotovelo e mão, respectivamente. Já McNair et al. (1996) e Johansson et al. (1983), quando avaliaram o estímulo verbal, encontraram aumento de 5% e 8 % respectivamente no pico de torque quando o estímulo foi fornecido. Em seus trabalhos os autores avaliaram o pico de torque isométrico dos músculos flexores e extensores de cotovelo, respectivamente. No estudo de Johansson et al. (1983), verificaram também o efeito da altura do som referente ao estímulo verbal e encontraram que quando o estímulo era realizado em voz alta, os indivíduos desenvolveram mais força durante o exercício. No presente estudo o

estímulo verbal também foi realizado em voz alta, mas nenhuma mudança no pico de torque foi encontrada.

Um fator importante em relação à literatura é o número de voluntários utilizados. O número amostral de voluntários talvez tenha sido pequeno pra demonstrar efetividade, haja visto que o pico de torque teve uma pequena tendência a aumentar na presença dos estímulos verbal e visual.

Comparando os resultados da literatura sobre o pico de torque isocinético nas velocidades de 60 e 180°/s os resultados obtidos diferem mesmo avaliando os mesmos estímulos. Contudo, os dados encontrados na literatura apresentam metodologia diferente na forma de realização dos testes, como abaixo descrito.

Steyn et al. (2002), encontraram aumento no pico de torque e no trabalho total quando avaliaram os estímulos verbal e visual simultaneamente. Neste trabalho os voluntários foram divididos em dois grupos (sem comando e comando verbal e visual juntos). No presente trabalho os estímulos foram aplicados para todos os voluntários, desta forma, ficando difícil à comparação entre os resultados.

Campenella et al.(2000), avaliaram a influência dos estímulos verbal e visual no pico de torque isocinético na velocidade de 60°/s. Seus resultados mostraram aumento do pico de torque nos estímulos verbal e visual juntos e somente no estímulo visual, sendo que o estímulo verbal não apresentou resultados significativos. Eles relatam a dificuldade em padronizar o estímulo verbal para os voluntários, e devido a isto os voluntários não desenvolveram força adequada durante o teste. No presente estudo, nenhuma diferença estatística foi encontrada na avaliação dos estímulos, embora uma das velocidades para avaliar o pico de torque tenha sido a mesma. Em seu estudo, Campenella et. al (2000), utiliza a condição controle como sendo o primeiro teste, o que pode ter influenciado no aprendizado motor para aplicação destes estímulos. Já Fernández-Ruiz et al. (2000), relatam que o aprendizado motor inicia-se à partir do primeiro exercício que o indivíduo realiza, independente da informação fornecida ao indivíduo. Para minimizar este tipo de influência nos resultados optou-se por randomizar a seqüência de coletas.

Hald e Bottjen (1987), encontraram diferenças estatísticas quando o estímulo visual foi fornecido durante contrações isocinéticas máximas, mas não durante contrações submáximas. A velocidade de movimento e o tipo de normalização foram

semelhantes ao presente estudo, somente diferindo no número de contrações e voluntários. Neste trabalho eles avaliaram apenas o estímulo visual, mas utilizaram o comando verbal como complemento durante os testes. Deste modo, a avaliação não deveria ser somente do estímulo visual mas sim de ambos (verbal e visual). Apesar de haver randomização das coletas, eles não relatam como os voluntários foram instruídos antes das mesmas. Este estudo embora tenha demonstrado resultados positivos para o estímulo visual, falhas metodológicas foram encontradas quanto ao tipo de avaliação.

Hobbel e Rose (1993), ao avaliarem o estímulo visual relatam não haver diferença significativa na média e no pico de torque, embora houvesse uma tendência a melhorar o desempenho durante a avaliação isocinética nas velocidades de 120 e 240°/s para a articulação do joelho. Isto pode também ser verificado no presente trabalho, onde apesar de não estatístico, os dados tenderam a aumentar em relação à condição controle.

Kellis e Baltzopoulos (1996), encontraram diferenças estatísticas quando avaliaram o estímulo visual durante contrações excêntricas. nas velocidades de 45 e 150°/s. Já no presente estudo foram verificadas somente as contrações isométrica e isocinética concêntrica. Enoka (1996), relata que a contração excêntrica exerce maior efeito sobre o sistema nervoso central e na musculatura utilizada promovendo maior força. Isto pode ser um dos motivos para o aumento do torque observado neste trabalho.

Kim e Kramer (1997), também ao avaliar o pico de torque em contrações concêntricas e excêntricas na velocidade de 45°/s, encontraram aumento no pico de torque nos dois tipos de contração. Podemos verificar neste estudo que os voluntários foram divididos em 2 grupos, onde 1 grupo não recebia estímulos e o outro o estímulo visual, o que difere do presente trabalho onde os voluntários receberam os 4 estímulos (verbal e visual, somente visual, somente verbal e nenhum estímulo) de forma aleatória. Dessa forma, não há parâmetros para comparação entre os estudos.

Uma variável que poderia ajudar a explicar a pouca alteração no pico de torque seria a porcentagem de movimento isocinético, pois se o indivíduo não alterou o pico de torque para os vários estímulos, a porcentagem de movimento isocinético poderia mostrar uma diminuição, levando a considerar que os voluntários não exerceram força máxima em todo o movimento. No presente estudo, esta porcentagem de movimento isocinético não se alterou para os estímulos, demonstrando que eles exerceram força máxima em todos os testes.

Tortosa et al. (2003), verificaram em seus estudos que com o aumento da velocidade isocinética, a porcentagem de movimento isocinético diminui, este resultado corrobora com nosso estudo em relação a porcentagem de movimento isocinético e velocidade de movimento.

Neste trabalho, o torque e a porcentagem de movimento isocinético não sofreram alterações, à princípio hipotetizou-se que os estímulos poderiam ter aumentado a coativação muscular e com isso o indivíduo não conseguiria desenvolver força. De Luca e Mambrito (1987), Baratta, et al. (1988), Draganich, et al. (1989), Kellis e Baltzopoulos (1997), relatam que a coativação dos músculos que envolvem a articulação do joelho ocorrem para diminuir os deslocamentos articulares com o intuito de prevenir lesões, e com isso a força muscular acaba diminuindo. No presente trabalho não encontrou-se diferenças estatísticas em relação a coativação nos diferentes estímulos para a contração isocinética nas velocidades de 60 e 180°/s. Dessa forma, podemos dizer que a coativação muscular não foi a responsável pela ausência de alteração no pico de torque nos diferentes estímulos, sugerindo que os indivíduos desenvolveram força máxima em todos os testes independente do estímulo, permanecendo com o mesmo grau de coativação muscular.

Um dado a ser ressaltado em relação a coativação foi encontrado nas contrações isométricas. Verificou-se que quando os estímulos verbal e visual eram fornecidos separadamente durante a extensão do joelho, o músculo bíceps foi menos ativado e o torque não alterou para os dois estímulos, mostrando dessa forma que embora o torque extensor permanecesse sem alterações o músculo bíceps utilizou menos fibras musculares para manter a mesma estabilização na articulação. Esta resposta na ativação muscular não predominou para a flexão e também para os dois estímulos juntos na extensão e flexão. McNair et al. (1996), avaliaram atividade elétrica somente no músculo bíceps e não encontraram alterações na atividade elétrica, embora o torque tenha aumentado.

Talvez, o padrão menor de coativação não tenha ocorrido nos estímulos verbal e visual juntos devido a quantidade de estímulos que o indivíduo recebeu e com isso o cérebro não conseguiu controlar duas situações, ou seja, o aumento de força e a ativação muscular.

Esta hipótese torna-se relevante pelo fato de que o torque flexor aumentou, mas a coativação do músculo reto femoral não se alterou quando os estímulos verbal e visual foram fornecidos juntos. Desta forma, o controle neural da coativação pode ter sido maior no controle da contração muscular no sentido de ajudar a estabilizar a articulação com o mesmo grau de coativação para um pico de torque maior durante o exercício.

Giray e Ulrich (1993), relatam que os estímulos sensoriais são parte integrante da regulação intrínseca da ativação dos músculos e que com a oferta de estímulos essa ativação muscular poderia ser modulada de acordo com a intensidade dos mesmos. No presente estudo verificou-se resultados conflitantes à respeito da coativação muscular quando aplicados os estímulos verbal e visual. Esperava-se que essa coativação diminuísse para todas as situações, tanto na flexão quanto na extensão e isso na realidade não ocorreu. Essa diminuição na coativação ocorreu apenas na extensão e para os estímulos separados. Sugere-se que essa diminuição na coativação possa estar envolvido com a quantidade de informação fornecida ao cérebro, e deste modo o tempo de processamento da informação poderia influenciar na força, movimento e controle de ativação muscular.

Algumas considerações devem ainda ser levantadas em virtude dos presentes resultados apresentarem diferenças em relação à literatura.

Como os indivíduos desenvolveram a mesma força, porcentagem de movimento isocinético e a mesma coativação muscular, podemos sugerir que provavelmente para esses indivíduos o simples fato de orientá-los antes dos testes poderia motivá-los o suficiente para desenvolver força máxima independente do estímulo utilizado.

Uma consideração que pode-se analisar é o fato de que quase todos os trabalhos não utilizaram a normalização dos dados e as coletas não foram randomizadas para os estímulos. Isso poderia influenciar de uma maneira direta tanto o pico de torque quanto o aprendizado motor em relação ao efeito dos estímulos. Desta forma, os dados destes trabalhos poderiam ser sub ou superestimados durante a análise dos mesmos. No trabalho, analisou-se os dados normalizados e as coletas foram randomizadas para evitar influências durante a coleta dos dados.

E finalmente, o número de voluntários utilizado no presente trabalho foi menor que os encontrados na literatura. Talvez, com um número maior de voluntários poderiam ser verificados respostas diferentes das encontradas. Contudo, não fica claro o

efeito dos estímulos verbal e visual na função muscular da articulação do joelho para podermos aplicar com uma base técnico-científica durante a reabilitação, haja visto que muitas técnicas de reabilitação utilizam estes estímulos para o treinamento muscular com o objetivo de aumentar a força, como a facilitação neuromuscular proprioceptiva.

7. Conclusão

A partir das variáveis analisadas no presente estudo referentes aos estímulos verbal e visual podemos concluir que:

- O tipo de estímulo dado não interferiu no desenvolvimento da força máxima (pico de torque extensor e flexor; porcentagem de movimento) em voluntários avaliados no movimento isocinético nas velocidades de 60 e 180°/s.
- O grau de coativação dos músculos antagonistas durante o movimento isocinético, não se alterou na presença dos estímulos sensoriais evidenciando que os estímulos não promoveram alterações no controle neural de ativação dos músculos durante os movimentos isocinéticos;
- Na avaliação do pico de torque isométrico, os resultados foram significativos apenas na flexão do joelho sob estímulos verbal e visual juntos, sugere que embora o pico de torque flexor tenha aumentado nesta condição, ainda apresenta pouca representatividade em relação às outras formas de estímulo para o aumento do pico de torque.
- Os estímulos verbal e visual separadamente foram mais eficazes no controle da coativação do músculo bíceps durante a extensão na contração isométrica sem alterar a força muscular.

Referências Bibliográficas

ACIERNO, S. P.; BARATTA, R. V.; SOLOMONOW, M. A. **Practical guide to electromyography for biomechanists**. Louisiana:State University, 1995. 29p.

AMADIO, A. C.; DUARTE, M. **Fundamentos Biomecânicos para a Análise do Movimento**. São Paulo: Ed. Laboratório de Biomecânica – EEFUSP. 1996. 162p.

ARAÚJO, R. C.; SÁ, M. R.; AMADIO, A. C. Estudo sobre as técnicas de colocação de eletrodos para eletromiografia de superfície em músculos do membro inferior. In: Congresso Brasileiro de Biomecânica, 6., Brasília, 1995. **Anais. ...** Brasília,DF.: UnB, 1995. p.244-250.

BARATTA R, SOLOMONOW M ZHOU B H, LESTON D, CHUINARD R, D'AMBROSIA R. The Role of Antagonistic musculature in maintaining knee stability. **Am J Sports Med** ., v.16, p.113-122, 1988

BASMAJIAN, D. V.; DE LUCA, C. J. **Muscle Alive**. Baltimore: Ed. Willians & Wilkins. 1985, 587p.

BERGER, R. A. Effects of knowledge of isometric strength during performance on recorded strength. **The Research Quartely**, v.38, n. 3, p. 507-508, 1967.

BIODEX SYSTEM 3. **Manual Applications/Operations. Biodex Medical Systems Inc.** [Brookhanen R. & D. Plaza 20 Ramsay Rod Box702, Shirley – New York 11967-0702, 516-924-9000. Fax 516-924-9241.]

BROWN, J. L. Sistemas sensoriais. In: BROBECK, J. R.. **As Bases Fisiológicas da Prática Médica**. 9ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1976, p.807-847.

CAMPENELLA, B.; MATTACOLA, G.; KIMURA, I. F. Effect of visual feedback and verbal encouragement on concentric quadriceps and hamstrings peak torque of males and females. **Isokinetics and Exercise Science**, v.8, p.1-6, 2000.

CROSSMAN, A. R.; NEARY, D.: **Neuroanatomia – ilustrado e colorido**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1997, 169p.

DE LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of Applied biomechanics**, v.12, n.2, p. 135-163, 1997.

DE LUCA, C. J.; MAMBRITO, B. Voluntary control of motor units in human antagonist muscles: coactivation and reciprocal activation. **Journal of Neurophysiology**, v.38, n.3, p.525-542, 1987.

DIERICK, F.; DOMICENT, C.; DETREMBLEUR, C. Relationship between antagonistic leg muscles co-contractions and body center of gravity mechanics in different level gait disorders. **Journal Electromyogr. Kinesiol.**, v. 12, p.59-66, 2002.

DRAGANICH, L. F.; JAEGER, R. J.; KRALJ, A. R.. Coactivation of the hamstrings and quadriceps during extension of knee. **The Journal Bone and Joint Surgery**, v.71-A, n.7, p.1075-1081, 1989.

DVIR, Z. **Isocinética: Avaliações Musculares, Interpretações e Aplicações Clínicas**. São Paulo: Manole, 200. 202p.

ENOKA, R. M. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. **J. Appl. Physiol.** v. 81, p. 2339-2346, 1996.

EVARTS, E. V.; TANJI, J. Gating of motor cortex reflexes by prior instruction. **Brain Research**, v.71, p.479-494, 1974.

FEINTUCH, U.; COHEN, A.. Visual attention and coactivation of response decisions for features from different dimensions. **Psychological Science**, v.13, n.4, p.361-369, 2002.

FÉRNANDEZ-RUIZ, J.; HALL-HARO, C.; DÍAZ, R.; MISCHNER, J.; VERGARA, P.; LOPEZ-GARCIA, J.C.. Learning motor synergies makes use of information on muscular load. **Learning & Memory**, v.7, p.193-198, 2000.

FONSECA, S. T.; SILVA, P. L. P.; OCARINO, J. M.; URSINE, P. G. S. Análise de um método eletromiográfico para quantificação de co-contração muscular. **Rev. Bras. Ciên. e Mov.**, v.9, n.3, p.23-30, 2001.

FOX, C. R. Sentidos especiais 3: sistema visual. In COHEN, H. **Neurociência para Fisioterapeutas - Incluindo correlações clínicas**. 2.ed. São Paulo: Manole. 1999. p.169-193.

GALUSKE, R. A. W., SHMIDT, K. E., GOEBEL, R., LOMBER, S. G., PAYNE, B. R.: The role of feedback in shaping neural representations in cat visual cortex. **Proc Nat Am Soc.** v.99, n.26, p.17083-17088, 2002.

GIRAY, M.; ULRICH, R. Motor coactivation revealed by response force in divided and focused attention. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v.19, n.6, p.1278-1291, 1993.

GOTTLIEB, G. L.; MYKLEBUST, B. M.; PENN, R.D.; AGARWALL, G. C. Reciprocal excitation of muscle antagonists by the primary afferent pathway. **Exp Brain Res.**, v.46, p. 454-456, 1982.

GUARATINI, M.I. **Confiabilidade e precisão da medida para teste-reteste no dinamômetro isocinético Biodex**. 1999. 101f. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade federal de São Carlos – UFSCAR.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 2002. 632 p.

HALD, R. D.; BOTTJEN, E. F. effect of visual feedback on maximal and submaximal isokinetic test measurements of normal quadriceps and hamstrings. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.9,n.2, p.86-93, 1987.

HALL, S. J. **Biomecânica Básica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2000. 417p.

HAMMOND, M. C.; FITTS, S. S.; KRAFT, G. H.; NUTTER, P. B.; TROTTER, M. J. ROBINSON, L. M. Co-contraction in the Hemiparetic Forearm: Quantitative EMG evaluation. **Arch Phys Med Rehabil**, v.69, p.348-351, 1988.

HENNINGSSEN, H.; KNECHT, S.; ENDE- HENNINGSSEN, B. Influence of afferent feedback on isometric fine force resolution in humans. **Exp Brain Res.**, v. 113, p. 207-213, 1997.

HISLOP, H.; PERRINE, P. P. The isokinetic concept of exercise. **Physical Therapy**, v. 47, n.2, p.114-117, 1967.

HOBBEL, S. L.; ROSE, D. L. The relative effectiveness of three forms of visual knowledge of results on peak torque output. **J Orthop Sports Phys Ther.**, v.18, n.5, p.601-608, 1993.

JOHANSSON, C. A.; KENT, B. E.; SHEPARD, F. Relationship between verbal command volume and magnitude of muscle contraction. **Physical Therapy**, v.63,n.8, p.1260-1265, 1983.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSEL, T. M. **Fundamentos da neurociência e do comportamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.,1997, 591p.

KEELE, S. W.; POSNER, M. I Processing of visual feedback in rapid movements. **Journal of experimental Psychology**, v.77, n.1, p.155-158, 1968.

KELLIS, E.; BALZOPoulos, V. Resistive eccentric exercise: Effects of visual feedback on maximum moment of knee extensors and flexors. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.23, n.2, p.120-24, 1996.

KELLIS, E.; BALZOPoulos, V. The effects of antagonist moment on the resultant knee joint moment during isokinetic testing of the knee extensors. **Eur J Appl Physiol.**, v.76, p. 253-59, 1997.

KELLIS, E.; BALZOPoulos, V. The effects of normalization method on antagonistic activity patterns during eccentric and concentric isokinetic knee extension and flexion. **Journal Electromyogr. Kinesiol.**, v.6, n.4, p. 235-245, 1996.

KENDALL, F. P.; McCREARY E. K.; PROVANCE, P. G. **Músculos Provas e Funções**. São Paulo: Manole. 1995. 348p.

KIM, H. J.; KRAMER, J. F. Effectiveness of visual feedback during isokinetics exercise. **Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy**, v.26, n.6, p.318-23, 1997

KINGSLEY, R. E.: **Manual de Neurociência**. 2.ed. Rio de Janeiro-RJ Guanabara Koogan. 2001, 496p.

LANDY-EKMAN, L. **Neurociência – Fundamentos para a reabilitação**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2000. 347p.

LINDEN, D.W.V.; CAURAUGH, J.H.; GREENE, T.A. The effect of frequency of kinetic feedback on learning na isometric force production task in nondisabled subjects. **Physical Therapy**. v.73, n.2, p. 79-87,1993.

MACHADO, A. **Neuroanatomia funcional**. 2.ed.. São Paulo: Atheneu. 2001. 363p.

MARSDEN, C. D.; ROTHWELL, J. C.; DAY, B. L. The use of peripheral feedback in the control of movement. **TINS**, v.7, p. 253-257, 1984.

McNAIR, P. J.; DEPLEDGE, J.; BRETTKELLY, M.; STANLEY, S. T.. Verbal encouragement: effects on maximum effort voluntary muscle action **Br J Sports Med**, v.30, p.243-245, 1996.

OSTERNIG, L. R.; HAMILL, J.; LANDER, J. E.; ROBERTSON, R. Co-activation of sprinter and distance runner muscles in isokinetic exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.18, n. 4, p. 431-435, 1986.

PARCELL, A. C.; SAWYER, R. D.; TRICOLI, V. A.; CHINEVERE, T. D. Minimum rest period strength recovery during a common isokinetic testing protocol. **Medicine & Science in Sports & Exercise**. v.34, n.6, p. 1018-22, 2002.

PEACOCK, B.; WALSH, W. S. NICHOLSON, K.. Feedback and maximum voluntary contraction. **Ergonomics**, v.24, n.3, p.223-228, 1981.

PERRIN, D. H. **Isokinetic Exercise and Assessment**. Ed. Human Kinetics. 1993, 153p.

PIERSON, W. R.; RASCH, P. J. Effect of knowledge of results on isometric strength scores. **The Research Quarterly**, v.35, n.3, p.313-315, 1964.

PINCIVERO, D. M.; LEPHART, S. M.; KARUNAKARA, R. A..Reliability and precision of isokinetics strength and muscular endurance for the quadriceps and hamstrings. **Int J Sports Med**, v.18, p. 113-117, 1997.

SAFRAN, M. R.; GARRETT, W. E.; SEABER, A. V.; GLISSON, R. R.; RIBBECK, B. M. The role of warmup in muscular injury prevention. **The American Journal of Sports Medicine**, v.16, n.2, p.123-129, 1988.

SCHMIDT, R. A. **Aprendizagem e performance motora - dos princípios à prática**.. São Paulo-SP: Ed. Movimento, 1992. 310p.

SHAPIRO, A. H. Verbalization during the preparatory interval of a reaction-time task and development motor control. **Child Development**, v.44, p. 137-142, 1973.

SHORE S. E. Sentidos especiais 1: O sistema auditivo. In COHEN, H. **Neurociência para Fisioterapeutas - Incluindo correlações clínicas**. 2.ed. São Paulo: Manole.. 1999. p.131-147.

SMIDT, G. L.; ROGERS, M. W. Factors contributing to the regulation and clinical assessment of muscular strength. **Physical Therapy**. v.62, n.9, p.1283-1290, 1982.

STEYN, B.; GOSLIN, A.; BOOYSEN, C.; TERBLANCHE, P.; WYK, G.V. The effects of visual feedback and verbal encouragement a modes of psychological motivation on isokinetic concentric leg extension test results. **African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance (AJPHERD)**, v.8, n.2, 334-346, 2002.

TEMRADO, J. J.; VIEILLEDENT, S.; PROTEU, L. Afferet information for motor control: The role of visual information in different portions on the movement. **Journal of Motor Behavior**. v.28, n.3, p.280-287, 1996.

THISTLE, H. G; HISLOP, H. J.; MOFFROID, M.; LOWMAN, E. W. Isokinetic Contraction: A new concept of exercise. **Archives of Physical Medicine & Rehabilitation**, v.1, p.279-282, 1967.

TORTOZA, C.; NOGUEIRA, D. V.; SILVA, S. B.; FATARELLI, I. F. C.. Influência da velocidade do movimento na fase isocinética concêntrica. In: Congresso Brasileiro de Biomecânica, 8., Ouro Preto, 2002. **Anais. ... Minas Gerais, MG.: UFMG, 2003.** p.244-250.

YOUNG, P. A.; YOUNG, P. H.: **Bases da neuroanatomia clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1998. 285p.

Anexo A**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVAP****CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo n.º L079/2004/CEP, sobre "*Estudo do estímulo verbal e visual durante teste isométrico e isocinético concêntrico na função muscular da articulação do joelho*", sob a responsabilidade da Profa. Patrícia Mara Danella, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, conforme Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi **aprovado** por esta Comissão de Ética em Pesquisa.

São José dos Campos, 13 de agosto de 2004

PROF. DR. LANDULFO SILVEIRA JUNIOR
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa da Univap



Anexo B

Termo de Consentimento

UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA – UNIVAP

“ESTUDO DO ESTÍMULO VERBAL E VISUAL DURANTE TESTE ISOMÉTRICO E ISOCINÉTICO CONCÊNTRICO NA FUNÇÃO MUSCULAR PARA A ARTICULAÇÃO DO JOELHO”.

Responsáveis: Sidney Benedito Silva

Orientador: Profa. Dra. Patrícia Mara Danella

Co-orientador: Éder Rezende Moraes

Eu _____,
portador do RG n° _____ residente a Rua: _____ N° _____
Bairro: _____ Cidade: _____-_____. Declaro que
tenho ___ anos de idade e concordo voluntariamente em participar nas pesquisas
conduzidas pelo Sr. Sidney Benedito Silva

Objetivo do Estudo:

O presente estudo tem como objetivo avaliar a influência dos estímulos verbal e visual durante testes isocinéticos e isométricos para a articulação do joelho e com isso buscar encontrar um padrão para a utilização de dinamômetros tanto para avaliação, treinamento ou reabilitação.

Explicação do Procedimento:

Cada experimento terá a duração de quarenta minutos. Durante este experimento eu serei submetido a um aquecimento de 5 (cinco) minutos em uma bicicleta ergométrica. Logo após o aquecimento eu serei posicionado e um equipamento chamado de Dinamômetro Isocinético onde eu realizarei 3 séries de teste isométrico com intervalo de 1 minuto entre cada série e em seguida 2 séries de testes isocinéticos nas velocidades

de 60°/s e 180°/s também com intervalo de 1 minuto entre cada série. Além disso, serão colocados 4 eletrodos auto adesivos na perna dominante para que possa ser analisada a atividade elétrica dos músculos da coxa. Através deste protocolo de experimento o pesquisador estará analisando minha força muscular e a ativação dos músculos durante determinado estímulo (verbal, visual ou ambos)

Possíveis Benefícios:

O benefício maior será de ajudar o entendimento do melhor método de estimular indivíduos que utilizam dinamômetros isocinéticos. O voluntário não será remunerado de forma alguma em espécie ou outra forma de pagamento para a execução do experimento.

Desconforto e Risco:

Fui informado de que o experimento não trará nenhum risco para a minha saúde e que a minha identidade não será revelada.

Seguro de Saúde ou de Vida:

Eu entendo que não existe nenhum tipo de seguro de saúde ou de vida que possa vir a me beneficiar em função de minha participação nesse estudo.

Liberdade de participação:

A minha participação neste estudo é voluntária. É meu direito interromper a minha participação a qualquer momento sem que isto incorra em qualquer prejuízo ou penalidade. Também entendo que o pesquisador tem o direito de me tirar do estudo a qualquer momento.

Sigilo de identidade:

As informações obtidas nos testes desse estudo serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultadas por pessoas leigas sem a minha autorização oficial. Essas informações só poderão ser utilizadas para fins científicos, desde que fique resguardada a minha privacidade.

A Profa. Dra. Patrícia Mara Danella e o Prof. Dr. Éder Rezende Moraes me explicaram todos os riscos envolvidos, a necessidade da pesquisa e se prontificaram a responder todas as questões sobre os experimentos. Eu aceito participar neste estudo de livre e espontânea vontade. Entendo que é meu direito manter uma cópia deste consentimento.

Para questões associadas com este estudo, por favor, contate:

Fone: (12) 9127-9325/ 3947- 2032/ 3947-1140

Assinatura do voluntário

Nome por extenso

Sidney Benedito Silva - Pesquisador

Dra. Patrícia Mara Danella – Orientadora

Dr. Éder Rezende Moraes – Co-orientador

Assinatura do pai ou
Responsável legal
(caso se aplique)

Nome por extenso

Assinatura de uma
testemunha

Nome por extenso

Endereço: Av. (R.): _____ compl. _____ n. ____.
Cidade _____ Estado _____
CEP: _____
Tel: _____
RG: _____ CIC: _____

Anexo C

Questionário

Nome: _____ idade: _____

Sexo _____ altura: _____ peso _____

Endereço: _____

Cidade: _____ bairro: _____ estado: _____

Telefone: _____

Marque sua resposta com um “X”, em caso de “SIM” especifique qual joelho, direito (D), ou esquerdo (E), ou mesmo os dois:

1) Qual o membro de sua dominância?

Direito () Esquerdo ()

2) Sente ou sentiu algum tipo de dor, durante um tempo prolongando, e não apenas como dor de um trauma (ex. “pancada”, com a dor somente na hora do acontecido), em qualquer dos joelhos alguma vez?

() NÃO

() SIM () D () E

3) Existe algum movimento que você realiza com os joelhos que produza dor ou incomodo?

() NÃO

() SIM () D () E

4) Teve alguma lesão (patologia) no joelho nos últimos 12 meses?

() NÃO

() SIM () D () E

3) Tem ou teve algum problema com a musculatura que envolve o joelho?

() NÃO

() SIM () D () E

Qual?: _____

4) Você pratica algum tipo de esporte?

() NÃO

Há quanto tempo não pratica? _____

() SIM

Qual?: _____

Com que frequência? _____

5) Gostaria de fazer algum comentário sobre alguma informação não consta no questionário e que você ache importante?

() NÃO

() SIM () D () E

Qual?: _____

6) Afirma, portanto, nunca ter apresentado qualquer tipo de dor ou outro sintoma que tivesse sido afetado a articulação do joelho?

() NÃO

() SIM

Eu, _____
_____, declaro serem verdadeiras as informações acima afirmadas por mim.

Assinatura do voluntário

RG: