Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Educação e Humanidades
Instituto de Educação Física e Desportos

Antônio Márcio dos Santos Valente

Associação da força de preensão manual com parâmetros cinemáticos da subida em corda

Rio de Janeiro
2018

Antônio Márcio dos Santos Valente

Associação da força de preensão manual com parâmetros cinemáticos da subida em corda

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Orientador: Prof Dr Luiz Alberto Batista

Coorientador: Daniel das Virgens Chagas

Rio de Janeiro

2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CEH/B

V154 Valente, Antônio Márcio dos Santos.
Associação da força de preensão manual com parâmetros cinemáticos da subida em corda / Antônio Márcio dos Santos Valente. – 2018.
84f. : il.

Orientador: Luiz Alberto Batista.
Coorientador: Daniel das Virgens Chagas.
Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Subida na corda – Teses. 2. Preensão – Teses. 3. Educação física para militares – Teses. 4. Cinemática – Teses. I. Batista, Luiz Alberto. II. Chagas, Daniel das Virgens. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Educação Física e Desportos. IV. Título.

CDU 796.012.424

Bibliotecária: Eliane de Almeida Prata. CRB7 4578/94

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação desde que citada a fonte.

_____ _____
Assinatura Data

Antônio Márcio dos Santos Valente

Associação da força de preensão manual com parâmetros cinemáticos da subida em corda

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico.

Aprovada em 06 de fevereiro de 2018.

Banca Examinadora:

_____

Prof. Dr. Luiz Alberto Batista (Orientador)

Instituto de Educação Física e Desporto – UERJ

_____

Prof. Dr. Daniel das Virgens Chagas (Coorientador)

Instituto de Educação Física e Desporto – UERJ

_____

Prof. Dr. Runer Augusto Marson

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército

_____

Prof. Dr. Eduardo Camillo Martinez

Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército

Rio de Janeiro

2018

DEDICATÓRIA

À minha adorável esposa Viviane Conceição Zanini Tauil Valente, fonte de inspiração e apoio fraterno.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz Alberto Batista, meu amigo e referência educacional, pelo apoio incondicional, por acreditar em minhas capacidades e me aceitar como orientando.

Ao Exército Brasileiro e ao Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx) pela confiança em meu trabalho e por permitir minha especialização e desenvolvimento profissional sem os quais eu não conseguiria cursar as disciplinas necessárias à conclusão do curso de mestrado.

Aos Professores Doutores Runer Augusto Marson, Eduardo Camillo Martinez e Daniel das Virgens Chagas pela amizade, pela paciência, pelo incentivo, pelas sugestões e correções em meu texto e pela audiência em minhas apresentações.

Aos companheiros do Laboratório de Biomecânica e Comportamento Motor da UERJ - LABICOM, que foram sempre solidários nos momentos de dificuldade e permanentes incentivadores.

Aos meus colegas de trabalho do IPCFEx, em especial à Direção, pela compreensão e apoio na elaboração dos meus horários de estudos em coordenação com minhas tarefas profissionais.

RESUMO

VALENTE, Antônio Márcio dos Santos. *Associação da força de preensão manual com parâmetros cinemáticos da subida em corda*. 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Esse projeto teve por finalidade examinar se existe associação entre o desempenho obtido no teste contínuo de FPM e o comportamento de variáveis biomecânicas identificadas na execução da habilidade motora específica "deslocamento corporal vertical com auxílio de corda" (Escover) em indivíduos de 27±1,7 anos, alunos do Curso de Monitor da Escola de Educação Física do Exército. Como objetivos intermediários, foi formulada a caracterização biomecânica da Escover que serviu de referência para uma proposta um modelo de desempenho desta tarefa. Tratou-se de um estudo descritivo correlacional de corte transversal que coletou dados de uma amostra por conveniência de 17 indivíduos (homens). Para a visualização da tarefa Escover foi utilizada uma filmadora profissional Sony modelo Nr HXR-MX70N, cuja leitura dos dados necessários foi feita através do software *Kinovea*® que permitiu a caracterização do movimento. A capacidade de gerar força de preensão foi mensurada por meio do dinamômetro eletrônico modelo TRF200 e conversor analógico-digital 830C da EMG System do Brasil. O exame qualitativo preliminar do movimento foi feito através da Análise de Decomposição em Etapas (ADE) que consiste em um conjunto de procedimentos aplicados a descrições de movimentos corporais e desenvolvidas com base nos conceitos biomecânicos "instante" e "duração". Como resultados foram apresentados um cronoposturograma que detalha o movimento, e uma proposta de modelo teórico de desempenho para a Escover. De maneira geral, as variáveis avaliadas no teste de FPM contínuo de 60s (Fmáx, Ffin, %F e Impulso) apresentaram fraca correlação com as variáveis cinemáticas identificadas na Escover (T Corda, Distância de pegadas manuais inicial e final, Comprimento de braçadas e Média das pegas manuais). O tempo de subida teve moderada correlação com a distância entre as mãos, tomando como referência a mão direita, em posição de pegada superior na corda ao final da subida ($r=-0,69$; $r^2=0,47$ e $p=0,002$). Teve forte correlação com o comprimento médio das braçadas ($r=-0,71$; $r^2= 0,51$, $p=0,001$) e moderada correlação com a média das distâncias entre as mãos na corda durante a subida, independente do posicionamento das mãos (esquerda ou direita) na pegada superior ($r=-0,62$; $r^2=0,38/p=0,008$ e $r=-0,66$; $r^2=0,43/p=0,004$, respectivamente). Conclui-se que tanto a análise sistematizada da Escover quanto os fatores componentes do diagrama em blocos sugeridos no presente estudo podem servir de base para outras propostas, visando correções ou complementações técnicas e ainda direcionar o processo de ensino x aprendizagem, a fim de se atingir à eficiência desta tarefa. As contrações estáticas raramente são necessárias ou influentes na realização de tarefas motoras dinâmicas. Ou seja, a Escover e o teste de FPM máximo contínuo pertencem a habilidades diferentes. Assim, pode-se supor que a associação entre as variáveis da FPM e as cinemáticas da Escover dificilmente serão perfeitas, pois pertencem a "habilidades independentes".

Palavras-chave: Preensão manual. Subida em corda. Cinemática.

ABSTRACT

VALENTE, Antônio Márcio dos Santos. *Association of handgrip strength with kinematic rope climb parameters.* 2017. 84 f. Dissertação (Mestrado em Aspectos Biopsicossociais do Exercício Físico) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

The aim of the present study was to analyze the relationship between handgrip strength (FPM) and kinematics characteristics of the specific motor skill "vertical corporal displacement with rope assistance" (Escover) in young military. Seventeen male soldiers, aged 27±1,7 years old, participated this investigation. In this study was used convenience sampling. A Sony camcorder model Nr HXR-MX70N (60 Hz) and software Kinovea® were used for recording and digitalizing the Escover. The handgrip grip strength was measured using the electronic dynamometer model TRF200 and converted to digital sign through 830C EMG System do Brazil. The qualitative analysis of movement, based on Decomposition Analysis in Steps, was performed in order to determine kinematics variables. The climb time had a moderate correlation with the distance between the hands taking as reference the right hand in the upper position in the rope at the end of the climb (r=-0,69; r^2 = 0,47 and p = 0,002). It also had a strong correlation with the mean length of the grasping (r=-0,71; r^2 = 0,51, p = 0,001) and moderate correlation with the mean distance between the hands on the rope during the climb, regardless of the position of the hands (left or right) in the upper footprint (r=-0,62; r^2 = 0,38 / p = 0.008 and r=-0,66; r^2 = 0,43 / p = 0,004, respectively). It is concluded that the static contraction measured by handgrip strength (FPM) are rarely necessary or influential in performing dynamic motor tasks as rope climb. However, the analysis of Escover and the component factors of the block diagram, suggested in the present study, can be used as a basis for other proposals aimed at corrections or technical complements and also direct the teaching-learning process in order to achieve efficiency this task. Static contractions

Keywords: Handgrip Strength. Hope Climb. Kinematic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Parâmetros da curva de força de preensão manual.....26

Figura 2 – Articulação do ombro.....28

Figura 3 – Articulação do cotovelo.....28

Figura 4 – Músculos do antebraço.....29

Figura 5 – Ligamentos da mão.....30

Figura 6 – Dispositivo montado para o teste de subida em corda.....35

Figura 7 – Dinamômetro eletrônico de FPM modelo TRF200.....36

Figura 8 – Sistema de captação da FPM.....36

Figura 9 – Gráfico de desempenho do teste de FPM contínuo.....37

Figura 10 – Posição para mensuração da FPM.....38

Figura 11 – Estrutura básica de um modelo de desempenho.....40

Figura 12 – Cronoposturograma do deslocamento corporal vertical com auxílio de corda (Escover) 42

Figura 13 – Ciclo completo de uma braçada da Escover.....46

Figura 14 – Modelo teórico de Escover.....47

Figura 15 – Cronoposturograma de Escover parcial 1.....56

Figura 16 – Cronoposturograma de Escover parcial 2.....57

Figura 17 – Cronoposturograma de Escover parcial 3.....57

Figura 18 – Cronoposturograma de Escover parcial 4.....58

Figura 19 – Cronoposturograma de Escover parcial 5.....58

Figura 20 – Diagrama em blocos de Escover parcial 1.....60

Figura 21 – Diagrama em blocos de Escover parcial 2.....60

Figura 22 – Diagrama em blocos de Escover parcial 3.....60

Figura 23 – Diagrama em blocos de Escover parcial 4.....61

Figura 24 – Diagrama em blocos de Escover parcial 5.....62
Figura 25 – Diagrama em blocos de Escover parcial 6.....63

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Resumo descritivo das etapas do cronoposturograma da Escover 43

Quadro 2 – Variáveis do ciclo de uma braçada da Escover 46

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis avaliadas no teste de FPM contínuo de 60s 48

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis cinemáticas da Escover 48

Tabela 3 – Matriz de correlação entre as variáveis cinemáticas da Escover e as variáveis avaliadas no teste de FPM 49

.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Plotagem de relações entre o tempo de subida na corda e as variáveis da FPM 50

Gráfico 2 – Plotagem de relações entre o tempo de subida na corda e as variáveis cinemáticas da Escover 51

Gráfico 3 – Variações de pegadas da mesma mão na condição inicial e final da Escover de 5m 52

Gráfico 4 – Variações de pegadas entre mãos diferentes na condição inicial e final da Escover de 5m 52

SUMÁRIO

	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.	**REFERENCIAL TEÓRICO**	19
1.1	**Preensão Manual**	19
1.1.1	Aplicabilidade da Força de Preensão Manual	20
1.1.2	Equipamentos para a mensuração da Força de Preensão Manual ...	21
1.1.3	Fatores de influência na geração de Força de Preensão Manual	22
1.1.4	Formas de mensuração da Força de Preensão Manual	24
1.2	**Ascensão corporal por meio da ação de membros superiores** ...	27
1.2.1	Aspectos anatomo-funcionais dos membros superiores	27
1.2.2	O deslocamento corporal vertical por meio da ação de membros superiores	31
2.	**MATERIAIS E MÉTODOS**	33
2.1	**Delineamento do estudo**	33
2.2	**Limitações**	33
2.3	**Seleção da amostra**	34
2.3.1	Critérios de inclusão	34
2.3.2	Critérios de exclusão	34
2.4	**Instrumentos de coleta de dados**	34
2.4.1	Instrumentos para a caracterização biomecânica do DCV com auxílio de Corda (Escover)	34
2.4.2	Instrumentos para a coleta da FPM	35
2.4.3	Instrumentos para mensuração das medidas antropométricas	36
2.5	**Procedimentos para a coleta de dados**	36
2.5.1	Procedimentos para a coleta da FPM	37
2.5.2	Procedimentos para a caracterização biomecânica do DCV com auxílio de corda (Escover)	38

2.6 **Tratamento estatístico dos dados**. 40

3. **RESULTADOS** 42

3.1 **Cronoposturograma do DVC com auxílio de corda (Escover)** 42

3.2 **Modelo teórico proposto de DCV com auxílio de corda (Escover)** 47

3.3 **Estatística Descritiva dos Dados** 48

3.3.1 Valores de força no teste preensão manual contínuo 48

3.3.2 Variáveis cinemáticas do DCV com auxílio de corda (Escover) 48

3.3.3 Matriz de correção entre as variáveis cinemáticas do DCV com auxílio de corda (Escover) e as variáveis do teste de FPM contínuo . 48

3.3.4 Correlações entre o tempo de subida na corda e as variáveis do teste de FPM contínuo 49

3.3.5 Correlações entre o tempo de subida na corda e as variáveis cinemáticas do DCV com auxílio de corda (Escover) 50

3.3.6 Variações entre as pegadas iniciais esquerda e direita no DCV com auxílio de corda (Escover) 51

4. **DISCUSSÃO** 53

4.1 **Cronoposturograma do DCV com auxílio de corda (Escover)** ... 53

4.2 **Modelo teórico proposto do DCV com auxílio de corda (Escover)** 59

4.3 **Medidas descritivas e correlações entre as variáveis estudadas** 63

CONCLUSÃO 70

REFERÊNCIAS 72

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido 82

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O grau de eficiência, ou seja, o menor consumo possível de energia na execução de tarefas motoras (KNUDSON e MORRISON, 2011), está associado à capacidade de gerar força muscular e esta, por sua vez, constitui um dos indicadores do nível de condicionamento físico geral do indivíduo (CASTRO-PIÑERO et al., 2009). O teste de força de preensão manual (FPM) é um dos exames físicos muito utilizados na mensuração de tal indicador (EV INNES, 1999; NICOLAY e WALKER, 2005; WIND et al., 2010).

A importância de um bom estado na capacidade de gerar e aplicar a força muscular de membros superiores, expressa pela ação de preensão das mãos e nas ações dos músculos desses membros, pode ser evidenciada nas tarefas de deslocamento corporal vertical (DCV), como acontece na subida com auxílio de corda (DHAHBI et al., 2015). Assim, para aperfeiçoar o movimento de subida em corda pode ser interessante o entendimento da real associação desta tarefa com a capacidade de gerar e aplicar a FPM.

No que se refere ao aspecto força, a aptidão física é caracterizada como a capacidade de realizar esforços musculares com eficácia, vigor e sem fadiga extrema (GUEDES, 1996; GALLAHUE et al., 2000; HEYWARD, 2004). Esta aptidão física está associada aos aspectos de saúde (ARAÚJO e ARAÚJO, 2000; ACMS, 2014; LEE et al., 2017; SHIROMA et al., 2014) e ao desempenho motor global (GAERTNER, et al., 1991; SHEPHARD e BALADY, 1999). Desempenho motor, segundo Magill (2011), é o comportamento observável na execução de uma habilidade em um momento específico e numa situação específica.

Algumas profissões exigem níveis específicos de aptidão física para o desempenho das tarefas laborais, como as daquelas inerentes a instituições de segurança, ao meio militar e atlético (MUJIKA, et al., 2016; KNAPIK et al., 1990; SANTTILA et al., 2008, NINDL et al., 2015), demandando que os profissionais mantenham atributos físicos em estado ótimo das capacidades físicas relacionadas à força, potência e resistência muscular (CARLSON e JAESEN, 2012; EISINGER, 2009; BURNSTEIN, et al., 2011, SUCHOMEL, et al., 2016). Esta condição pode repercutir nas taxas de êxito funcional, pois tais capacidades são fatores decisivos

na diferença entre obter sucesso nas empreitadas ou falhar na execução de uma ou mais tarefas (CARLSON e JAESEN, 2012; BURNSTEIN, et al., 2011).

Para além de constituir um indicador do nível de aptidão físico, e por sê-lo, a capacidade de gerar força muscular tem efeito preventivo no que tange à instalação de diferentes agravos neuromusculares e musculoesqueléticos (MATSUDO, 1998; ARAÚJO e ARAÚJO, 2000; ACSM, 2014). Da mesma forma, o estado de tal capacidade também está diretamente relacionado com o grau de estabilidade articular dinâmica (BORST, 2004; HOLVIALA et al., 2006).

Por outro lado, o comprometimento do estado desta capacidade mostra-se associado a limitações neuromusculares significantes, (NICOLAY e WALKER, 2005; WIND et al., 2010) dentre as quais estão incluídas aquelas que prejudicam o cumprimento de distintas tarefas motoras (LESINSKI et al., 2013). Da mesma forma nos casos de relação de força muscular e atividades motoras que exigem a ação sinérgica de membros superiores, o que é o caso do DCV, no qual, ao que tudo indica, a qualidade de ação dos membros superiores e a FPM são fundamentais.

Provavelmente devido à expressiva gama de atividades da vida diária nas quais as ações das mãos são utilizadas e a variedade de funções para a execução dessas tarefas, pesquisas científicas têm sido feitas empregando os escores da dinamometria manual como indicadores de saúde (GALE et al., 2006; RANTANEN et al., 2003; ROBERTS et al., 2011), de força global (FRY et al., 2006; RANTANEN et al., 2000; SMITH T. et al., 2006, GONÇALVES, 2016), como índice de mortalidade e composição corporal (ANAKWE et al., 2007; GALE et al., 2006; PEREIRA L. C. et al., 2015).

Estudos também indicam a relação da FPM com o grau de eficiência no cumprimento de atividades funcionais (HABIBI, et al., 2013; RANTANEN et al., 2000), com a idade cronológica (BARBOSA et al., 2005, FREDERIKSEN et al., 2006), bem como com graus de eficácia e eficiência no cumprimento de atividades motoras específicas que requerem sustentação e/ou suspensão vertical do corpo (DHAHBI et al., 2015; NOVELLO et al., 2006; WATTS et al., 1993; WATTS et al., 2008).

No meio militar, é comum o uso do DCV nas ações de salvamento, técnicas de segurança, escalada em rocha, ultrapassagem de obstáculos e pistas de cordas, uma vez que o profissional utiliza a força dos membros superiores para a execução de tais tarefas.

Os testes de FPM estão incluídos entre os comumente utilizados para obtenção de índice geral de força dos membros superiores (BRICKMAN, 1990; DE et al., 2011), constituindo-se em um dos elementos básicos na pesquisa das capacidades manipulativas, de força e de movimentos que envolvem as mãos (NOVO JR. et al., 1998). Considera-se que os escores obtidos com os testes supracitado refletem a força isométrica muscular das mãos e antebraços e são considerados índices de funcionalidade destes membros (BURNSTEIN et al., 2011; DHAHBI et al., 2015; NINDL et al., 2015; PEREIRA et al., 2011), constituindo eficiente meio auxiliar para a avaliação física de grandes populações por ser de simples execução, não demandar o uso de equipamentos complexos e ser um teste de fácil adaptação ao nível de condicionamento do testado (FLANAGAN et al., 2003; FIGUEIREDO, et al., 2006; SLOBODAN, 2002; HABIBI et al., 2013).

Apesar de aceitarmos como veridica a proposição de que existe uma contribuição da capacidade de produção de FPM para a eficácia da realização da habilidade motora “subida em corda”, há lacunas a serem exploradas quanto à real relação entre o comportamento desta capacidade muscular e variáveis biomecânicas presentes nas ações que envolvem o deslocamento corporal vertical (DCV). Com base no contexto problemático exposto, formulou-se o seguinte questionamento a ser abordado neste estudo: qual a associação entre o desempenho obtido em teste de FPM e o comportamento de variáveis cinemáticas relacionadas às ações corporais produtoras do deslocamento corporal vertical (DCV) com auxílio de corda?

RELEVÂNCIA

A capacidade de gerar força muscular constitui um dos indicadores do nível de aptidão física individual (CASTRO-PIÑERO et al., 2009; GIRARD e MILLET, 2009) e já se sabe que existe uma relação de eficiência e eficácia entre o nível desta competência e o cumprimento de tarefas motoras (SHEPHARD R.J. e BALADY G., 1999).

Diferentes tipos de atividades físicas, sendo elas modalidades esportivas ou não, utilizam a força de preensão das mãos como importante fator envolvido no desempenho de suas tarefas (FERNANDES E MARINS, 2011). Exemplos destas atividades são as verificadas na prática do judô, do tênis, da vela, do remo, nas tarefas militares e dos ginastas de circos. Em diversos momentos, durante a prática das referidas atividades, a união de habilidade, força e resistência muscular é fundamental para o sucesso. Tais capacidades aparentam ser essenciais em ações que envolvem a sustentação corporal.

Por exemplo, em muitas ações de praticantes de ginástica artística, de malabaristas de circos ou, ainda, nos treinamentos funcionais, os indivíduos devem suportar sua massa corporal pela ação da força de membros superiores, neste momento, expressa pela preensão manual. Militares em atividades de salvamento ou escaladas, além da própria massa corporal, suportam ainda o acréscimo da expressiva massa do equipamento que eles utilizam durante essas atividades funcionais (CARLSON e JAESEN, 2012).

Porém, tanto na vida diária quanto em ambientes de trabalho, situações que requerem a aplicação da FPM máxima são raras quando comparadas a esforços repetidos ou a esforços estáticos contínuos (NICOLAY e WALKER, 2005) e, nesse sentido, há escassez de informações sobre este segundo foco. Tal carência de informação demanda à busca por maiores esclarecimentos acerca da relação força x tempo da FPM na execução de tarefas motoras diversas (MASSY-WESTROPP et al., 2004; NOVO JR., 1998).

Segunto Batista (2000), estudiosos em biomecânica do movimento corporal reconhecem que a primeira etapa para se estudar qualquer tipo de habilidade motora consiste na caracterização do movimento corporal utilizado para cumprir a tarefa posta. Knudson e Morrison (2011) indicam que um dos pontos mais

importantes sobre uma determinada atividade consiste em estabelecer suas características essenciais. Neste sentido, ao que se percebe, a literatura já identifica padrões de movimentos em escaladores profissionais e amadores (SIBELLA et al., 2006; SIBELLA et al., 2007).

No entanto, parâmetros cinemáticos, notadamente os fatores biomecânicos críticos (HAY e REID, 1985; KNUDSON e MORRISON, 2011) da habilidade “escalada em corda”, ainda não foram identificados e descritos. Tais fatores podem ser caracterizados como aqueles fundamentais e determinantes da medida dos efeitos da execução de uma tarefa (HAY e REID, 1985). Eles constituem os aspectos do movimento que menos variam de uma pessoa para outra e que são menos adaptáveis, caso o objetivo do movimento tenha de ser alcançado com segurança e eficiência (KNUDSON e MORRISON, 2011). Como consequência, ainda não se sabe em que medida a FPM está associada aos comportamentos de tais fatores cinemáticos e ao grau de eficiência no DCV presentes na subida com auxílio de corda.

Para os profissionais militares, este tipo de informação pode servir de parâmetro adicional para a seleção de pessoal, remodelação do teste de aptidão física ou direcionamento do treinamento, notadamente importante para o caso daqueles que não desenvolvem a capacidade a contento por meio dos métodos tradicionais. No meio civil, a informação pode contribuir com um melhor direcionamento de aulas de condicionamento, nas quais têm sido utilizadas ações como a subida em corda, e similares, como exercício componente de programas de treinamento físico.

Por fim, espera-se, também, que os resultados do estudo propiciem contribuições ao meio acadêmico, uma vez que possibilitarão promover a descrição do ato de realizar o DCV em corda, que é pouco explorado em termos de eficiência motora, mas faz parte do repertório motor, laboral ou não, do ser humano.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Examinar se existe associação entre o desempenho obtido no teste contínuo de FPM e o comportamento de variáveis biomecânicas identificadas na execução da habilidade motora específica “deslocamento corporal vertical com auxílio de corda”.

Objetivos específicos

- Formular a caracterização biomecânica da habilidade motora específica deslocamento corporal vertical com auxílio de corda;
- Propor um modelo de desempenho de deslocamento corporal vertical com auxílio de corda; e
- Registrar os escores de força máxima, força final, taxa de decaimento e impulso obtidos no teste contínuo de 60 s de FPM;
- Registrar os escores das variáveis cinemáticas: tempo de subida, distância entre as mãos na condição inicial e final e comprimento médio das braçadas identificadas na execução do deslocamento corporal vertical com auxílio de corda; e
- Examinar a relação existente entre o desempenho das variáveis mensuradas no teste de FPM e o comportamento das variáveis cinemáticas identificadas na execução do deslocamento corporal vertical com auxílio de corda.

1. **REFERENCIAL TEÓRICO**

O DCV é uma característica das tarefas motoras humanas presentes em variadas ações profissionais. As características das ações de DCV permite hipotetizar que entre os fatores que devem ser considerados durante a realização de tal atividade está o nível absoluto de preensão manual necessária e de força dos membros superiores, bem como a taxa de fadiga da musculatura envolvida no movimento. A fim de esclarecer o que a literatura atual apresenta sobre o tema e verificar o grau de associação do teste de FPM com a tarefa de subida em corda, esta revisão de literatura teve por objetivo abordar os seguintes tópicos: a aplicabilidade da FPM, os equipamentos de mensuração da FPM, as variáveis de influência e as formas de mensuração da FPM. Serão apresentados, também, os aspectos anatomo-funcionais dos membros superiores e as características da ascensão corporal vertical por meio da ação de membros superiores.

1.1 **Preensão Manual**

Embora a ação de preensão manual seja aparente simples, seus parâmetros mecânicos e funcionais são consideravelmente complexos. Tal ação se encontra presente em inúmeras tarefas do cotidiano e se caracteriza pelo ato de agarrar um objeto, fixo ou solto, por meio do seu aperto ou pinçamento entre os dedos e a palma das mãos (NAPIER, 1993).

A FPM corresponde à tensão isométrica máxima que pode ser gerada em um dinamômetro, em inúmeros padrões de empunhadura ou pegada (AN et al., 1985; DIAS J. A. et al., 2010). A literatura científica indica que já existe um consenso acerca da relação entre o pico da FPM com valores normativos para a identificação de talentos esportivos (FARIA e FARIA, 1989; FRY et al., 2006; FERNANDES e MARINS, 2011) bem como estimar o desempenho funcional para executar tarefas da vida diária (AMANDIO et al., 2008) ou ainda, na sua associação da FPM com a idade cronológica (BARBOSA et al., 2005, FREDERIKSEN et al., 2006), o que permite classificar esse fenômeno como um indicador de previsão de estado futuro ou grau de equivalência com um estado de momento esperado.

Assim, o controle motor, o desempenho e a menor probabilidade de instalação de lesão em várias atividades ocupacionais e esportivas estão relacionados com a manutenção de um nível suficiente de preensão manual.

O teste de FPM possibilita avaliar, em termos gerais, a capacidade física força muscular de membros superiores e fornece parâmetros dinamométricos para possível identificação e intervenção deste fenômeno neuromecânico. Os fatores que são considerados durante essa atividade incluem o nível absoluto de força de preensão necessária, bem como a taxa de fadiga dos músculos responsáveis por este movimento (BLACKWELL, KORNATZ, HEATH, 1999).

1.1.1 Aplicabilidade da Força de Preensão Manual

A capacidade de utilizar a mão como pinça ou garra é denominada preensão (KONIN, 2006). Diversas são as aplicabilidades da capacidade de exercer a FPM. Tal capacidade tem relação com o nível de aptidão física (FRY et al., 2006; CASTRO-PIÑERO et al., 2009; GIRARD e MILLET, 2009), com o controle de processos de reabilitação (TREDGETT e DAVIS, 2000) e com efeitos de hormônios (ERKOL INAL et al., 2015). Outros estudos indicam a sua relação com a idade cronológica (BARBOSA et al., 2005, FREDERIKSEN et al., 2006) e, também, como forma de estimar a mortalidade e a composição corporal (RANTANEN et al., 2003; REBELATTO, et al., 2006; GALE et al., 2006; PEREIRA L. C. et al., 2015) ou prever características do indivíduo como a área muscular do antebraço (ANAKWE et al., 2007)

Diferentes estudos buscaram estabelecer valores normativos do desempenho da FPM, mas poucos relacionaram os resultados do teste com tarefas motoras e o inseriram em um contexto sinérgico ou funcional (EV INNES, 1999; LUNA-HEREDIA et al., 2005; BOHANNON et al., 2006; MOURA, 2008; MITSIONIS et al., 2009; FERNANDES e MARINS, 2011).

Amandio et al., (2008), na tentativa de analisar a FPM num contexto funcional, avaliaram uma amostra 19 sujeitos (12 homens e 7 mulheres) com idades entre 62 e 99 anos. Foi verificado que as únicas tarefas funcionais para as quais não foram observadas diferenças significativas entre os sexos envolveram os membros superiores (AMANDIO et. al., 2008). De maneira geral, os autores observaram que a FPM se correlacionou moderadamente com o desempenho em tarefas motoras

específicas. Tal associação revelou-se mais forte com o conjunto dos testes do que com cada um deles tomado isoladamente (r múltiplo= 0,66; r^2= 0,44 e $p<0,04$). De fato, a FPM foi responsável por 44% da variância observada no conjunto das tarefas propostas.

Baseado nas informações anteriores, um aspecto a ser considerado é o pequeno número de trabalhos acerca da preensão manual envolvendo militares, notadamente no que tange à mensuração desta capacidade associada ao desempenho em tarefas motoras funcionais e de caráter sinérgico, como o deslocamento corporal vertical presente na subida com auxílio de corda.

1.1.2 Equipamentos de mensuração da Força de Preensão Manual

Diferentes equipamentos foram projetados para mensurar a FPM. Dentre os disponíveis no mercado, o dinamômetro hidráulico analógico Jamar (Lafayette Instrument, EUA) é um dos mais utilizados para o tipo de mensuração (BOHANNON et al., 2006; FERNANDES e MARINS, 2011), no entanto, assim como o Digital Hand Dynamometer Takey (WATANABE et al., 2004), este dispositivo apresenta a limitação de só ser capaz de detectar o valor de Pico de Força produzida (Fmáx) reduzindo a amplitude das análises de resistência à fadiga muscular, fato bastante relevante, pois as situações operacionais ou atividades da vida diária (AVD) que requerem a aplicação da força de preensão máxima parecem ser relativamente raras, quando comparadas com as atividades que requerem esforços fortes e repetidos ou esforços estáticos contínuos (NICOLAY e WALKER, 2005).

Outros equipamentos diferentes do dinamômetro Jamar também são empregados na mensuração da FPM (CLERKE, 2005; ROSA e JUNIOR, 2011; HABIBI et al., 2013). Dentre estes, estão aqueles que possibilitam a mensuração da curva de força e não somente do pico, como é o caso do equipamento de fabricação brasileira, da EMG Sistema Transdutor Manual do Brasil e do *Biopac System*, de fabricação norte americana que, além do pico de força, também permitem adquirir uma curva força x tempo de preensão.

A análise da curva de preensão já foi explorada de forma que o registro do tempo de pressão manual (para cada mão) foram usadas para calcular a força de preensão máxima, o tempo necessário para atingir 95% de força de preensão máxima, o trabalho total e a potência máxima (MYERS, GRENNAN e PALMER,

1980). Os autores concluiram que o tempo necessário para alcançar 95% da força de preensão máxima e a potência máxima, em particular, parecem ser indicadores de função mais sensíveis do que a medição da força de preensão máxima padrão. em mulheres saudáveis ou com artrite reumatóide.

Em um estudo comparando três modalidades de dinamômetros, foi observada uma diferença estatisticamente significativa entre os dinamômetros Jamar, Takei e transdutor (EMG Sistema transdutor manual do Brasil). O Jamar apresentou valores médios de força de preensão manual mais elevados do que os valores encontrados para os outros instrumentos, tanto para membros dominantes como para não-dominantes e em ambos os sexos. No entanto, o Takey e o transdutor da EMS produziram resultados semelhantes na amostra estudada (AMARAL et al., 2012). Logo, os dinamômetros Takey e transdutor não podem ser utilizados de forma intercambiável com o dinamômetro Jamar, uma vez que produzem valores distintos, o que deve ser também observado na comparação de dados utilizando os referidos equipamentos.

1.1.3 Fatores de influência na geração da Força de Preensão Manual

Fernandes e Marins (2011), em sua revisão de literatura sobre os principais aspectos de influência envolvidos na mensuração da FPM, observaram que, em geral, os homens têm maior força de preensão manual do que as mulheres (FERNANDES e MARINS, 2011), corroborando com outros estudos (HO et al., 2000), no entanto, não há diferenças significativas entre os sexos em medidas de resistência relativa da preensão manual (NICOLAY e WALKER, 2005).

Pesquisas que abordaram a dominância de membros, indicam que, de modo geral, a mão dominante apresenta melhor desempenho que a mão não dominante com relação à Força Máxima (Fmáx), em ambos os sexos (CAPORRINO et al., 1998; BRICKMAN, 1990; LUNA-HEREDIA et al., 2005; MITSIONIS et al., 2009). Um estudo envolvendo 182 tenistas infanto-juvenis, 137 do gênero masculino (entre 9 e 18 anos) divididos em 5 categorias de jogo (10, 12, 14, 16 e 18 anos), relatou que o lado dominante dos tenistas apresentou maior FPM, comparado ao lado contralateral, a partir da categoria 14 anos, independente do protocolo usado para avaliar a FPM (PEREIRA et al., 2011). Já foram relatadas diferenças entre a FPM da mão dominante e não dominante em torno de 10% (ARMSTRONG e OLDHAM,

1999; WATANABE et al., 2004). Para atletas, essa diferença pode chegar a 20% (LUCKI e NICOLAY, 2007). O fato pode ser explicado pela maior utilização do membro dominante nas tarefas e AVD o que provocaria um fortalecimento da musculatura e consequente aumento de força.

Numa amostra de 2.982 estudantes chineses, entre 15 e 22 anos, também foi verificado que os destros contêm na mão dominante cerca de 10% de FPM acima daqueles que tem a mão esquerda como dominante e que os homens têm cerca de 40% a mais de FPM que mulheres (HO et al., 2000). A mão dominante, apesar de aparentemente gerar mais força, apresenta fadiga mais rapidamente, independente do sexo (NICOLAY e WALKER, 2005). Outra revisão de literatura indica que é difícil tirar conclusões sobre a dominância na FPM, pois é influenciada por muitos outros fatores, tais como tipo de trabalho e demandas de lazer (EV INNES, 1999). Logo, devido à falta de concordância entre os diversos estudos, não se pode considerar nenhuma diferença percentual fixa entre as mãos (FERNANDES e MARINS, 2011).

A FPM tem uma relação curvilínea com a idade, o que resulta no seu aumento proporcional, para atingir um pico entre 25 a 39 anos, e depois uma diminuição gradual, com o aumento da idade, provavelmente em decorrência da perda de massa muscular (GUNTHER, 2008; BOHANNON, 2006). Outro estudo envolvendo 553 homens e 629 mulheres observou uma redução da FPM nos homens a partir dos 50 anos, e o grupo que obteve maior força média foi o de 45 a 49 anos. Para as mulheres, a redução da FPM ocorreu com o grupo a partir dos 54 anos e o pico de força máxima foi em mulheres de 35 a 39 anos.

Variáveis antropométricas também influenciam nas medidas da FPM (BRICKMAN, 1990; NICOLAY e WALKER, 2005; GUNTHER, 2008; FERNANDES, L. et al, 2011; PEREIRA L. C., et al., 2015). Foi observado que as medidas do antebraço e da mão são os melhores preditores de força de preensão do que estatura e peso e que a melhor medida linear simples para prever força de preensão é largura de palma (NICOLAY e WALKER, 2005). A maior largura de palma sugere que um indivíduo tem músculos e ossos maiores, mas também uma maior largura de palma proporciona uma vantagem neste dispositivo de preensão.

Mitsionis et al., (2009) identificaram associação positiva entre a estatura e a FPM em ambos os sexos, associação positiva com a massa corporal somente nos homens, em seu estudo com 232 adultos saudáveis. Ainda em relação a fatores antropométricos, um estudo com 530 crianças suecas de 4 a 16 anos relatou que o

comprimento da mão e o peso corporal foram os responsáveis pela maior parte da variabilidade na FPM (ROSS e ROSBLAD, 2002). A largura da palma da mão foi considerada como a melhor medida linear simples para prever força de preensão (NICOLAY e WALKER, 2005). Nesse sentido, a maior largura de palma sugere que um indivíduo tem músculos e ossos maiores e que proporciona uma vantagem mecânica no dispositivo de preensão.

1.1.4 Formas de mensuração da Força de Preensão Manual

Uma revisão de literatura sobre os métodos de mensuração FPM mostra que parece haver a necessidade de ajustar o equipamento de medição para diferentes tamanhos de mãos (DIAS J. A. et al., 2010). Os autores sugerem, ainda, a realização de no mínimo três avaliações em cada mão e a adoção de um posicionamento corporal padrão, de preferência o recomendado pela Sociedade Americana de Terapeutas Manuais (ASHT). Também salientam a utilização de incentivo verbal e/ou visual na tentativa de garantir esforço máximo durante a tarefa, pois já foi relatada uma diferença significativa entre o volume de um comando verbal e contrações de força isométrica, onde o aumento do volume resultou no aumento da força de preensão (JOHANSSON et al., 1983).

Diferenças significativas (5 a 7%) da força de pico podem existir entre diferentes horários de mensuração, em um mesmo dia (MCGARVEY et al.,1984; BRICKMAN, 1990). Na mensuração da FPM de 95 indivíduos saudáveis (61 mulheres e 34 homens), não foi encontrada diferença na força de preensão entre a manhã (9.00-11.00 h) e a tarde (13:00-15:00 h), embora tenha havido um dia entre as mensurações (YOUNG et al., 1989).

Ao ser considerado o efeito de períodos de descanso entre cinco medidas, não foi encontrada diferença significativa entre os períodos de descanso de 60s, 30s e 15s (TROSSMAN et al., 1989). Ao mensurar os efeitos da fadiga durante a medida da FPM usando três tentativas, com intervalo de 15s entre elas, não foi verificada nenhuma diferença significativa entre as tentativas de dois grupos, indicando que esse tempo de recuperação seja suficiente para evitar uma possível fadiga muscular, não afetando os resultados apresentadas (MATHIOWETZ, 1990).

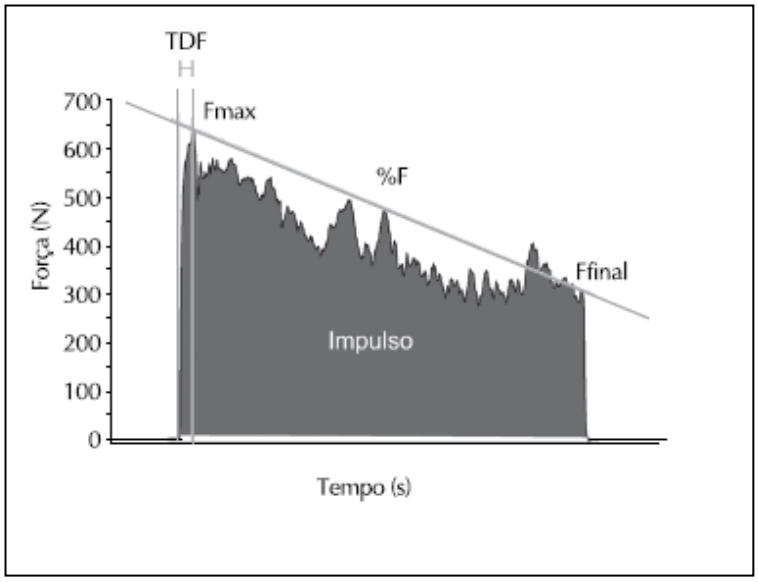
Levando em consideração o tipo de preensão exercida no instrumento, um estudo envolvendo 51 indivíduos, com idades entre 18 e 33 anos, examinou a força

de preensão absoluta e a força de resistência em três experimentos: a repetição única, 10 repetições e 30s de preensão estática (NICOLAY e WALKER, 2005). Os autores verificaram que a capacidade de prever a força foi mais precisa para a única repetição. A principal conclusão tirada a partir do estudo é que a força de preensão absoluta e resistência são propriedades independentes e que com a força de preensão não é possível prever confiavelmente a fadiga relativa de membros superiores. Os autores demonstraram, também, que a FPM absoluta diminuiu à medida que a duração da experiência foi aumentada.

Diferentes tipos de contração têm sido utilizadas para mensurar a FPM. A mais usual tem sido a contração isométrica voluntária máxima (CIVM), com duração de 3 a 10s, porcentagens da CIVM, a contração isométrica intermitente e o tempo de preensão mantido durante a contração isométrica voluntária máxima (NOVO JR., 1998; PEREIRA, H. M. 2011; BURNSTEIN et al., 2011; DHAHBI et al., 2015, NINDL et al., 2015). Alguns pesquisadores se propuseram a analisar a força isométrica máxima durante um intervalo de tempo observando as curvas força x tempo (MYERS, GRENNAN e PALMER, 1980; NOVO JR. et al., 1998; NICOLAY e WALKER, 2005). Tais variáveis podem ser importantes na identificação da capacidade funcional das mãos e como se dá o processo de fadiga durante atividades motoras, como o deslocamento corporal vertical, presente na subida em corda.

Comparando-se os valores da preensão manual usando um dinamômetro digital e o dinamômero Jamar em 476 indivíduos, entre homens e mulheres, foi verificado que o dinamômetro digital é mais sensível (MASSY-WESTROPP et al., 2004). Este estudo é um dos poucos que apresenta valores normativos para as características de força x tempo da preensão manual. Outras variáveis da FPM, como o pico de força (Fmáx), a taxa de desenvolvimento de força (TDF), a taxa de perda de força (%F) entre a Fmáx e a força final (Ffin) e o trabalho realizado (Impulso) também já foram utilizadas (MYERS, GRENNAN e PALMER, 1980). Os autores propuseram um modelo de curva preensão x tempo utilizado até os dias de hoje (Figura 1).

Figura 1 - Parâmetros da curva de força de preensão manual



Fonte: MYERS, GRENNAN E PALMER, 1980.

Um estudo utilizando protocolo de 5s de preensão sugere a utilização de um método de integração da área abaixo da curva da FPM para estimar potência muscular (IKEMOTO et al., 2007). Tal área também pode ser uma ferramenta alternativa para estudos que envolvem resistência muscular (BYRD e JENNESS, 1982). Em uma análise qualitativa da força total e da força individual dos dedos e das relações com alguns fatores fisiológicos, foi utilizado o protocolo de 10s de preensão manual para suas considerações sobre a curva força x tempo (NOVO JR., 1998). Posteriormente, um estudo com atletas de diversas modalidades esportivas também fez análises de preensão contínua por dois minutos e preensão intervalares a cada um minuto, durante quatro minutos (SILVA, 2006).

Em testes de FPM prolongados (mais de três minutos) o desempenho da força de preensão pode ser afetado pela sensação de dor (YAMAJI S. et al., 2006). Os autores desse estudo relatam, ainda, que a 75% e 50% da Fmáx, ao contrário, o comportamento da curva de força é diferente, perdendo a característica exponencial. Desta forma, pode não ser possível a mensuração da fadiga da força de preensão durante um minuto a 50% da Fmáx, já que a força nesse ponto da curva pode ainda não apresentar declínio.

1.2 **Ascensão corporal por meio da ação de membros superiores**

A ascensão corporal por meio da ação de membros superiores é uma habilidade motora que tem como propósito deslocar o corpo na direção vertical se usando de movimento corporal coordenado. Sua aplicabilidade varia desde escaladas em rochas, técnicas de *rappel*, testes físicos até a subida em corda. Serão abordadas, mais especificamente, as características da ascensão corporal por meio da ação de membros superiores e alguns aspectos anatomo-funcionais das estruturas envolvidas.

1.2.1 Aspectos anatomo-funcionais dos membros superiores

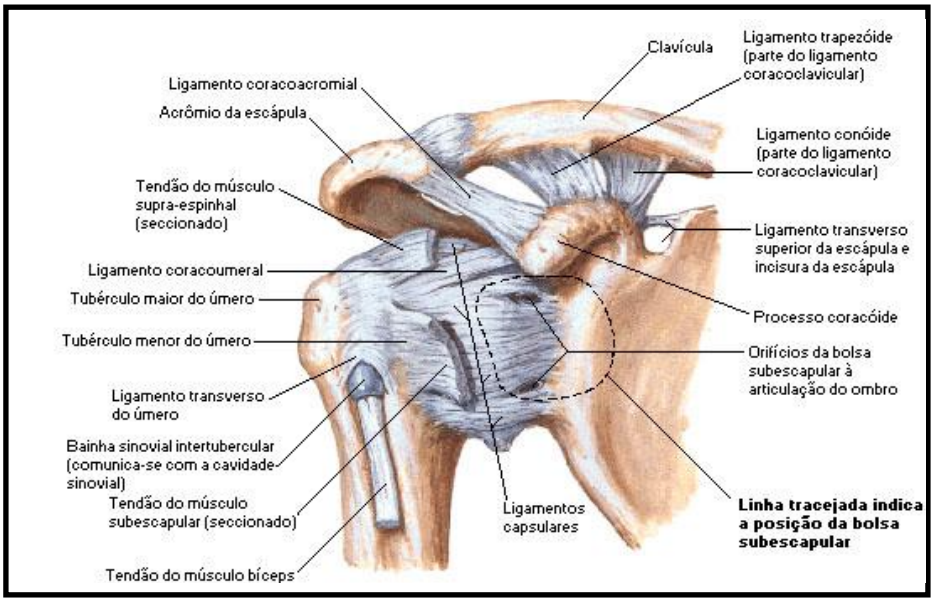
Diferentes tarefas diárias, atividades esportivas e profissionais necessitam da força dos músculos que atuam nos membros superiores, especificamente nas articulações do ombro, braço, antebraço e mãos (HUNT; ORR e BILLING, 2013; WATANABE et al., 2004; DHAHBI et al., 2015). Essas articulações favorecem a realização de uma ampla gama de movimentos devido às suas interações e ações coordenadas (HAMILL e KNUTZEN, 2012), possibilitando, ao indivíduo, manipular objetos e executar tarefas variadas.

O ombro é caracterizado como uma articulação móvel que possui grande amplitude de movimento, além de ser bastante solicitada devido às suas características biomecânicas e funcionais (NEER, 1995). A literatura indica que o complexo do ombro não apenas proporciona uma ampla variação para o posicionamento da mão, mas também executa as importantes funções de estabilização para uso da mesma (SMITH et al., 1997). O aspecto relevante, salientado no presente estudo, diz respeito ao funcionamento interligado da biomecânica humana, cujo conjunto de movimentos deve ser analisado e estudado de forma sistêmica e não de forma segmentar.

O Complexo do ombro (ou a cintura escapular)-apresenta quatro articulações: escapulotorácica, esternoclavicular, acromioclavicular e do ombro (OIZUMI et al., 2006; TERRY e CHOPP, 2000) e, apesar de ser possível criar movimentos isolados em qualquer dessas articulações, em geral, o movimento é gerado em todas ao mesmo tempo quando o braço é levantado ou abaixado ou, se for produzida

qualquer outra ação motora, como a ação de elevação corporal vertical (ZARIS e ROWE, 1984). A Figura 2 ilustra a articulação do ombro.

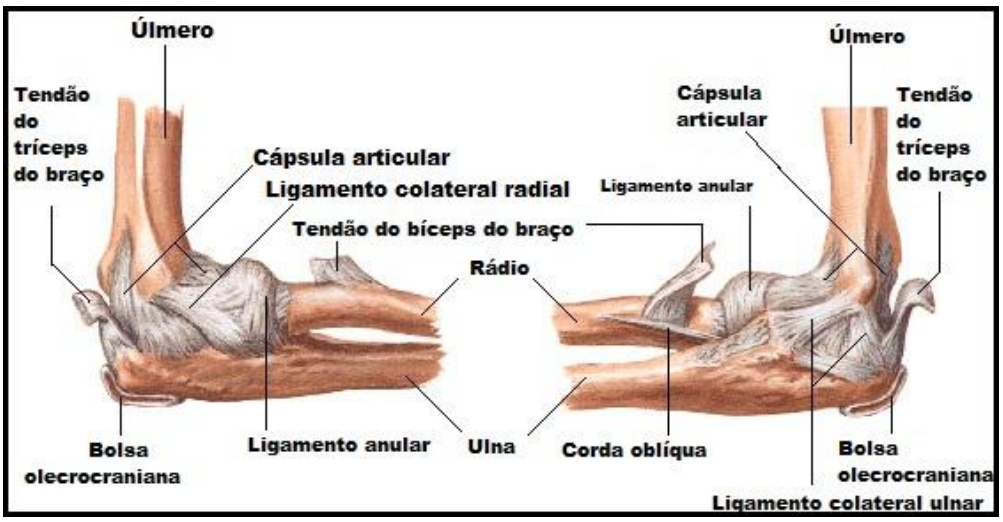
Figura 2 - Articulação do ombro



Fonte: NETTER e FRANK H., 2000.

Outro complexo articular em destaque é o do cotovelo (Figura 3), que apresenta três articulações que permitem o movimento entre os três ossos do braço e do antebraço (úmero, rádio e ulna). Permitem, também, flexionar e estender o braço e, ainda, são responsáveis pela prono-supinação do antebraço, que torna possível o movimento de rotação do antebraço.

Figura 3 - Articulação do cotovelo

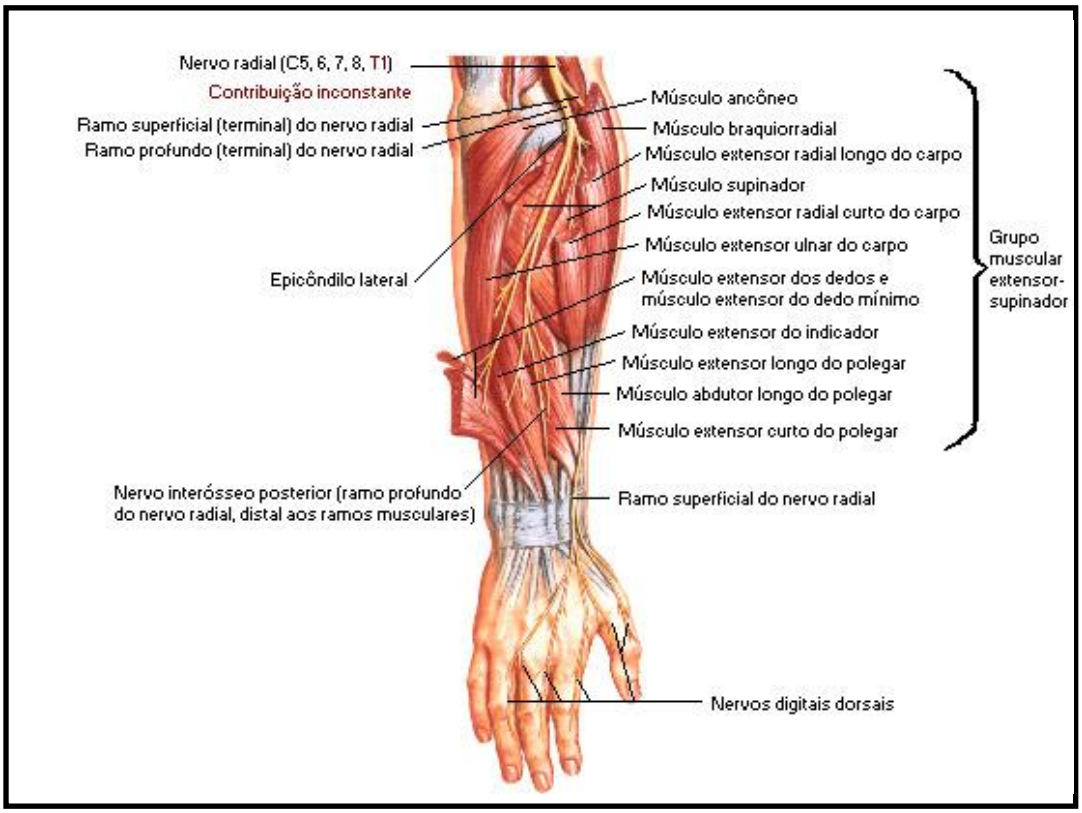


Fonte: NETTER e FRANK H., 2000.

A articulação do cotovelo, conjugada ao movimento do antebraço, ajuda o ombro na aplicação da força e no controle do posicionamento das mãos no espaço e, independente da tarefa imposta às mãos, seu posicionamento é gerado pela relação de trabalho entre o complexo do ombro e o antebraço (HAMILL e KNUTZEN, 2012).

Em relação à ação muscular, a literatura considera que o grupo de músculos flexores do antebraço tem o dobro da força dos extensores em todas as posições articulares (Figura 4), o que facilita o movimento de tração em relação ao de extensão de antebraço (HAMILL e KNUTZEN, 2012).

Figura 4 - Músculos do antebraço



Fonte: NETTER, FRANK H., 2000.

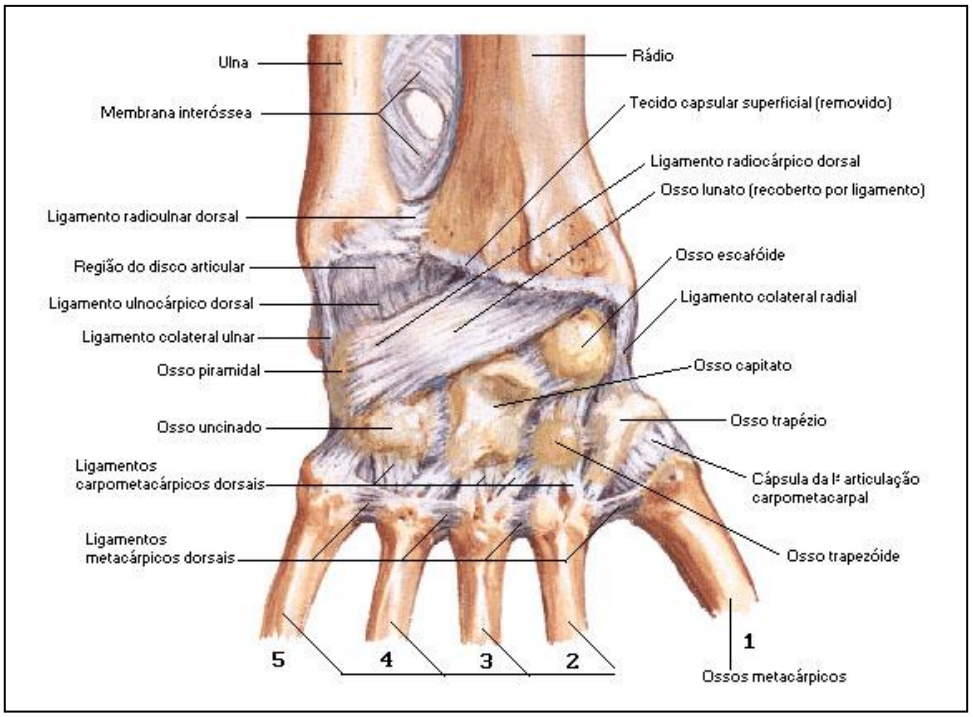
A mão e o antebraço são ligados por outro grupo de articulações: o punho ou articulação radiocarpal. Elas efetuam os movimentos típicos das articulações sinoviais, e dá à mão toda a variabilidade necessária para executar suas funções. A posição do punho influencia a posição das articulações metacarpais, e estas, influenciam a posição das articulações interfalângicas da mão (HAMILL e KNUTZEN, 2012).

O punho fornece uma ampla mobilidade e estabilidade a mão. É uma estrutura que apresenta alta complexidade sendo constituída por 23 ossos, 26 articulações, um extenso e intricado sistema ligamentar (Figura 5) e muscular que lhe possibilitam um mecanismo de abertura e fechamento e fornecem a sua função preensora (GODOY, 2004).

Trinta e nove músculos agonistas e antagonistas atuam no punho e na mão em forma de pares, de forma que, mesmo o menor e mais simples movimento, depende da ação de agonistas e antagonistas (TUBIANA e CHAMAGNE,1998).

A força da mão normalmente é associada à força de preensão, assim, uma preensão forte utilizará os músculos extrínsecos, enquanto que movimentos finos e precisos como, por exemplo, os de pinça, utilizarão os músculos intrínsecos (HAMILL e KNUTZEN, 2012). A força de preensão em aproximadamente 40° de hiperextensão do punho é mais de 03 (três) vezes superior à força de preensão medida em 40° de flexão de punho (ZUCKERMAN apud HAMILL e KNUTZEN, 2012).

Figura 5 - Ligamentos da mão



Fonte: NETTER, FRANK H., 2000.

1.2.2 O deslocamento corporal vertical por meio da ação de membros superiores

O DCV por meio da ação de membros superiores caracteriza-se por movimentos coordenados específicos que fazem parte de técnicas utilizadas na prática de alguns esportes, especificamente na ginástica artística, por forças militares e como exercícios de treinamento em diferentes modalidades de lutas. Recentemente, passou a fazer parte de métodos de treinamento modernos, como a subida na corda de treinamentos funcionais e em ações circenses.

Dentre a gama de aplicações, seu uso no meio militar é notório, uma vez que é utilizado como tarefa operacional sendo, inclusive, objeto de avaliação da capacidade física de seus profissionais. De fato, faz parte da formação militar o aprendizado das técnicas de elevação corporal integradas a equipamentos para transpor obstáculos naturais ou artificiais ou, ainda, garantir a segurança no desempenho de técnicas de escalada e salvamento (DHAHBI et al., 2015).

A natureza física do DCV exige que o indivíduo desloque a massa do corpo verticalmente, se utilizando de diferentes graus de apoio manual e de uma série de movimentos musculares coordenados. Nessas ações motoras, a união de habilidade, força e resistência muscular aparenta ser fundamental para o sucesso. Exemplos desses exercícios é a flexão e extensão de braços na barra fixa (FBB), a escalada em paredões e a execução de pistas de cordas, particularmente na ação de subida em corda.

O presente estudo está focado no DCV com auxílio de corda sendo realizada somente por ação dos membros superiores. Para facilitar nossas observações, denominaremos o DCV com auxílio de corda como “escalada em corda vertical” ou Escover.

Similar ao que ocorre no DCV presente na FBB, na Escover, o sujeito necessita deslocar toda a sua massa corporal contra o sentido da força gravidade por meio de suspensões corporais sucessivas, feitas por intermédio de ações musculares coordenadas e pelo apoio gerado pela preensão manual sobre uma corda, sendo, portanto, correto supor que quanto maior for a magnitude da massa a ser deslocada, maior será a quantidade de força muscular necessária. Resulta disso que a participação conjunta e coordenada dos complexos músculo-articulações dos ombros, cotovelos, punhos e mãos são de extrema importância.

A Escover pode ser definida, então, como uma habilidade motora cíclica, realizada pela ação sinérgica dos membros superiores, que tem como propósito deslocar o corpo na direção vertical utilizando uma corda. Assim, a rapidez com que se executa a subida na corda ou a altura máxima alcançada pode determinar o grau do desempenho físico geral de um indivíduo. Nesse sentido, as formas de DCV dependem do estilo de movimento (YOUDAS, et. al., 2010). Ao que Youdas et al. (2010) denominaram “Estilo de movimento”, o presente estudo denominará “Técnica Motora”.

O presente estudo envolverá não somente a associação da FPM com variáveis biomecânicas presentes na ascensão corporal pela ação exclusiva de membros superiores com auxílio de corda, como também a descrição do movimento dentro de um modelo teórico de desempenho proposto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, são apresentados os procedimentos metodológicos do presente estudo, assim descritos: delineamento do estudo, limitações, seleção da amostra, instrumentos de coleta de dados, procedimentos de coleta de dados e tratamento estatístico dos dados.

2.1 **Delineamento do estudo**

Neste estudo, propusemo-nos a verificar a associação entre o teste de FPM e o comportamento de variáveis biomecânicas relacionadas às ações corporais produtoras da Escover. Foi utilizada uma amostra por conveniência constando de militares do sexo masculino matriculados ao Curso de Monitor da EsEFEx no ano de 2017, de massa corporal de 74,8±8 Kg, estatura de 1,75±8 cm e idade de 27±1,7 anos. Todos estavam habituados com a tarefa de subida em corda, a qual constitui um dos testes físicos realizados pelos alunos durante o referido curso. Foram selecionados somente os militares voluntários e que conseguiram êxito no teste de 5m de subida em corda.

Os voluntários da pesquisa responderam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A), ao qual faz parte do projeto “Desempenho Físico Operacional de Homens e Mulheres do Exército Brasileiro” com o parecer número 1.550.437 de registro na Plataforma Brasil.

2.2 **Limitações**

- O equipamento EMG Sistema Transdutor Manual do Brasil não permite uma regulagem anatômica para tamanhos variados de mãos.

- A captação do movimento de Escover foi feita com utilização de uma única filmadora e o movimento rotacional e pendular dos indivíduos na corda não foram controlados, o que dificultou a observação da tarefa em todos os ângulos.

- Utilizou-se uma única posição do corpo e a mão dominante no teste de FPM, dessa forma, não foi possível verificar se existe influência nos valores de força e resistência muscular em diferentes posições de corpo e das mãos.

2.3 **Seleção da amostra**

2.3.1 Critérios de inclusão

- Ser do sexo masculino, com no mínimo três anos de serviço militar;
- Estar ambientado com o teste de subida em corda;
- Estar praticando atividade física regularmente ao menos três vezes por semana; e
- Manifestar interesse em participar do estudo assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A).

2.3.2 Critérios de exclusão

- Diagnóstico médico ou outra limitação funcional que possa influenciar a capacidade de produzir FPM (RÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002); e
- Não ter concluído com sucesso a subida em 5 m em corda.

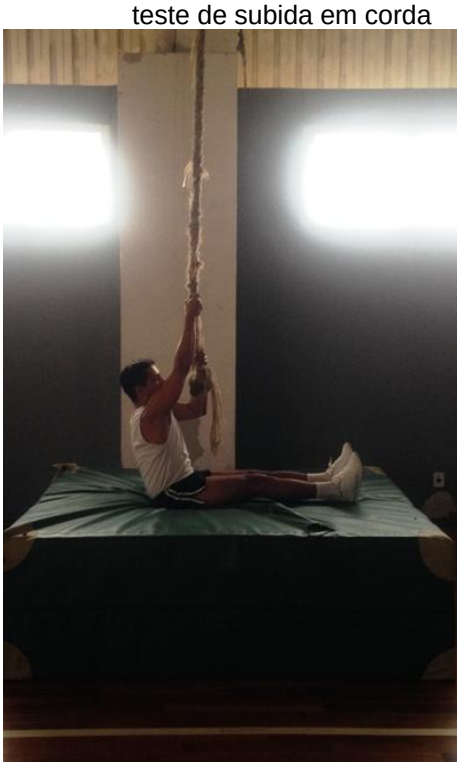
2.4 **Instrumentos de coleta de dados**

2.4.1 Instrumentos para a caracterização biomecânica da Escover

Para a caracterização biomecânica da Escover, foi utilizada uma filmadora profissional Sony (HXR-MX70N) fixada em um tripé articulado e posicionada a 4m de distância da corda a uma altura de 2m em relação ao solo.

A estação de teste de subida de 5m na corda vertical constou de uma corda de poliamida (4 fios enrolados em conjunto da esquerda para a direita) de comprimento igual a 12m e 4cm de diâmetro, de forma a permitir a empunhadura com as mãos fechadas e que demande alto nível de força de preensão manual. A corda foi fixada a uma estrutura de metal com 12m de altura em relação ao solo e marcada com fitas coloridas na posição inicial (1m de altura) e na final (6m de altura). Por razões de segurança, um colchão (3 x 2 x 0,5m) de espuma foi colocado a uma distância de 0,5m, aproximadamente, entre a superfície superior do colchão e a marca de partida, na corda. O dispositivo para o teste de subida em corda é exibido na Figura 6.

Figura 6 – Dispositivo montado para o teste de subida em corda



Fonte: O AUTOR, 2018.

Para leitura dos dados necessários à descrição do movimento de Escover em corda, foi utilizado o software *Kinovea*®, que permite o tratamento de vídeos (cortes e mudança de velocidade de execução) e marcação de parâmetros cinemáticos, como ângulos articulares e deslocamentos segmentares, além de possibilitar mensurar o tempo de execução de etapas de um movimento.

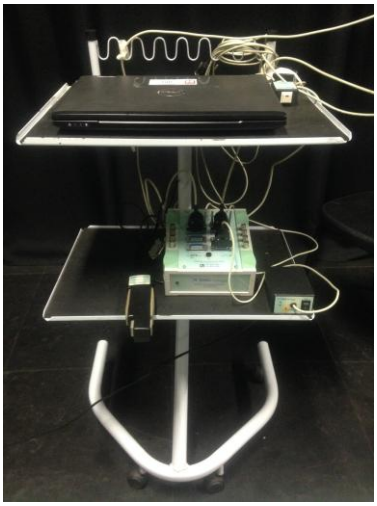
2.4.2 Instrumentos para a coleta da FPM

Para a mensuração da FPM, foi utilizado o sistema de aquisição composto de um computador (Pentium - 200 MHz) e um conversor analógico-digital 830C (EMG System do Brasil, São José dos Campos, SP, Brasil) de 16 bits e faixa dinâmica de ±5 V. Dinamômetro eletrônico (Figura 7) de força de preensão manual, modelo TRF200 (EMG System do Brasil, São José dos Campos, SP, Brasil) com cabo de 2 m flexível, blindado e um sistema de aquisição de dados que permite a leitura deste equipamento em até 200 kgf (Figura 8).

Figura 7 – Dinamômetro eletrônico de FPM modelo TRF200

Fonte: O AUTOR, 2018.

Figura 8 – Sistema de captação da FPM



Fonte: O AUTOR, 2018.

2.4.3 Instrumentos para a mensuração das medidas antropométricas

Na coleta de dados antropométricos, foi utilizada uma balança marca Balmak (BK 300) com capacidade de 2kg a 300kg e precisão de 100g para mensurar a massa corporal total (MCT) e um estadiômetro de parede da marca Sanny para mensurar estatura, de extensão de até 210 cm e com precisão de 0,1 cm.

Para a mensuração da MCT, os indivíduos tomaram a posição de pé, descalços e com os braços estendidos ao longo do corpo sobre plataforma da balança. Foram consideradas as duas casas decimais apresentadas no visor da balança. Para a mensuração da estatura, cada participante tomou a posição ereta e encostada no estadiômetro, calcanhares unidos, pernas paralelas, peso distribuído em ambos os pés, braços estendidos ao longo do corpo, cabeça erguida em um ângulo reto com o pescoço e olhando para um ponto fixo ao nível dos olhos.

2.5 **Procedimentos para a coleta de dados**

As coletas foram realizadas nas instalações do Centro de Capacitação Física do Exército (CCFEx) em dois dias consecutivos, da seguinte maneira:

2.5.1 Procedimentos para a coleta da FPM

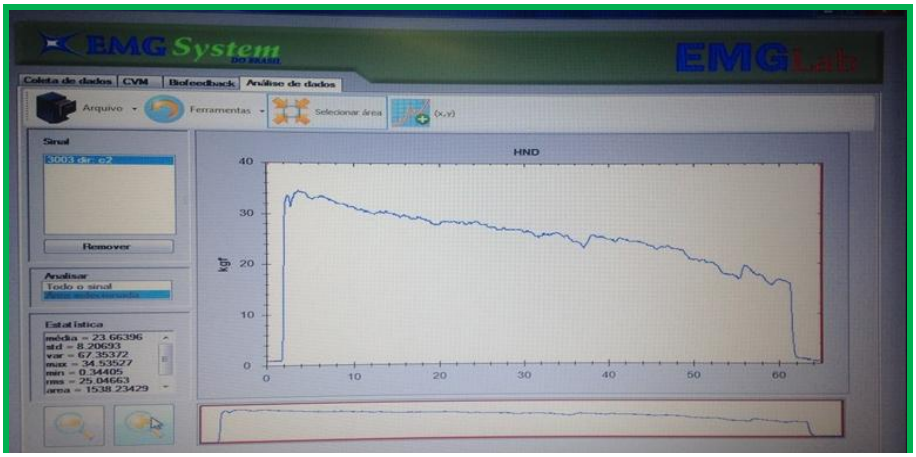
Os procedimentos para a coleta da FPM foram executados no primeiro dia de coleta em duas etapas distintas, a saber:

1° etapa do 1° dia: foi feita uma explanação sobre o protocolo, o preenchimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e a mensuração da massa corporal total e da estatura dos indivíduos.

2° etapa do 1° dia: imediatamente após a atividade anterior, foi realizado o teste de FPM com 01 minuto de duração. A tentativa foi precedida de exercícios de aquecimento padronizado, que constou de 10 movimentos de circundução de braços à frente e 10 movimentos para trás e de 30 movimentos de polichinelos, uma vez que o aquecimento prévio parece influenciar na capacidade de exercer a FPM (FIGUEIREDO, et al., 2006; MARION e NIEBUHR, 1992). Após o aquecimento, uma sessão de familiarização foi conduzida, consistindo de algumas contrações submáximas da FPM seguidas por uma tentativa de esforço máximo (BAPTISTA et al., 2013). Como um pequeno período de descanso é suficiente para evitar a fadiga muscular entre as tentativas do teste de FPM (TROSSMAN et al., 1989; MATHIOWETZ, 1990), dois minutos após a familiarização, foi realizado o protocolo de avaliação para a mensuração e manutenção da contração isométrica voluntária máxima (CIVM) de preensão manual durante 60s.

A avaliação foi realizada com o uso de estímulo visual caracterizado pela observação, por parte do avaliado, do gráfico do desempenho no teste de FPM exibido na tela do computador (Figura 9).

Figura 9 – Gráfico de desempenho do teste de FPM contínuo



Fonte: O AUTOR, 2018.

Todo o procedimento de coleta foi feito no mesmo horário, ao longo dos dias, com o membro superior dominante e com a posição de tronco, punho e antebraço recomendados pela Sociedade Americana de Terapia Mãos (FESS, 1992), pois há indícios de que esses fatores influenciam nos resultados (EV INNES, 1999). Nesse procedimento, os indivíduos foram posicionados sentados em uma cadeira, com o membro superior em um ângulo de 90° de braço e antebraço, ao longo do corpo (Figura 10).

Figura 10 – Posição para a mensuração da FPM

Fonte: O AUTOR, 2018.

Da curva força x tempo, figura resultante da avaliação da FPM, foram analisados o pico de força (Fmáx), expressa em Newton (N); a força final (Ffin), o valor da força no instante de 60s; o impulso que representa a integral da área sobre o gráfico da curva força-tempo expressa em Kgf.s e a taxa de decaimento de força (%F), que constitui a diferença percentual entre a Fmáx e Ffin expressa pela equação (NOVO JR, 1998):

$$\%F = \frac{(Fmáx - Ffin) * 100}{Fmáx}$$

2.5.2 Procedimentos para a caracterização biomecânica da Escover

No segundo dia, foram coletados os dados relativos a execução da habilidade motora subida na corda. Para este procedimento, os indivíduos foram estimulados a

subir tão rápido quanto possível até atingir a marca final, empreendendo um deslocamento de 5m (DHAHBI et al., 2015). Todos os participantes realizaram apenas uma tentativa, sendo a execução registrada por uma filmadora. Um cronômetro era acionado ao sinal de início de execução dado pelo valiador e parado quando o participante tocava a marca final, situada a uma altura de 5m acima do ponto de partida. A subida tinha início com o participante na posição sentada, mantendo a corda entre as pernas, com as duas mãos colocadas sobre a corda e sem exceder a marca de partida. A tarefa foi realizada sem o uso de luvas e sem o auxilio dos membros inferiores, ou seja, não foi permitido que as pernas tocassem a corda para ajudar na subida, embora estivessem livres para movimentar-se durante o deslocamento (Figura 6).

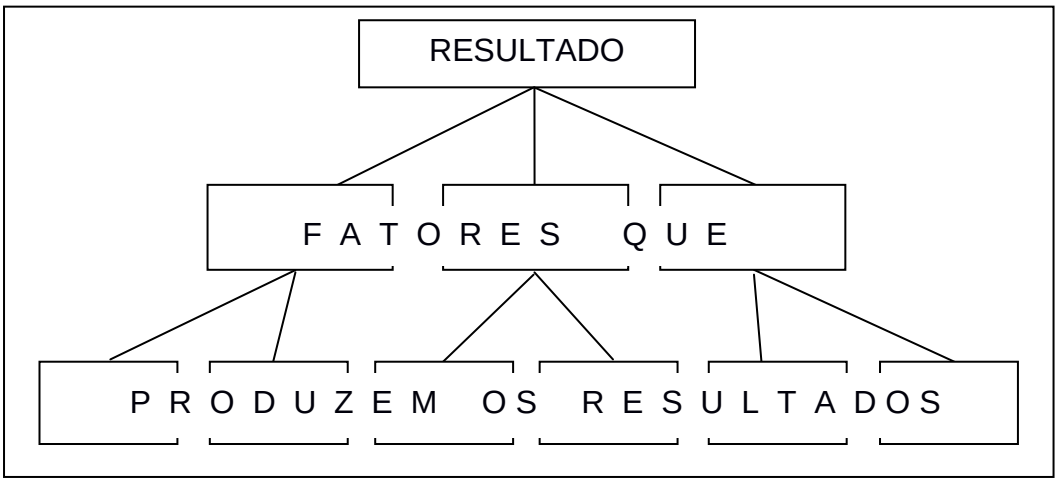
Para realizar exame qualitativo preliminar do movimento, foi utilizada a proposta de Batista (2000) de Análise de Decomposição em Etapas (ADE). A ADE consiste em um conjunto de procedimentos, aplicados à descrições de movimentos corporais desenvolvidas com base nos conceitos biomecânicos “instante” e “duração” (DONSKOI & ZATSIORSKI, 1988), que visa preparar a tarefa motora para a realização de análises posteriores de maior profundidade, sejam elas de natureza qualitativa ou quantitativa. Em acordo com a estratégia proposta por Batista (2000), a descrição dos instantes é feita pela observação direta do comportamento dos segmentos corporais. Entre dois instantes consecutivos, está presente a duração, que é o espaço de tempo no qual o movimento corporal efetivamente ocorre. A descrição da duração é feita pela análise da variação de amplitude articular e do comportamento da ação dos músculos associados a esses movimentos.

Os instantes e as durações das etapas relevantes e presentes na Escover foram identificados e registrados pelas ferramentas do software *Kinovea*® e deram origem a um cronoposturograma (Batista, 2000). A análise do cronoposturograma confeccionado (Figura 12) foi feita para que os fatores constituintes da Escover fossem identificados. Tais informações constituem a base para a proposta do modelo teórico de desempenho da Escover (Figura 13).

A confecção do modelo teórico de desempenho apresentado para a Escover foi realizada a partir de uma adaptação da proposta de elaboração de modelos corporais em diagrama em blocos proposta por Hay e Reid (1985). Os autores propõem que se disponha na primeira linha do diagrama a identificação do resultado de desempenho para posteriormente identificar os fatores, ou seja, as variáveis

críticas, que produzem este resultado (Figura 11). Na elaboração do modelo teórico da Escover consideramos não somente a identificação de variáveis críticas, grandezas mecânicas, mas também os elementos observacionais e ou/ mensuráveis em acordo com os pressupostos de Jurgen Weineck (1989) no relativo a identificação do tipo motor ideal, ou modelo ideal típico.

Figura 11 – Estrutura básica de um modelo de desempenho



Fonte: HAY e REID, 1985.

2.6 **Tratamento estatístico dos dados**

O tratamento estatístico dos dados foi realizado com o programa *Statistic*, versão 7.0. Foram calculadas as médias dos resultados dos testes FPM da mão dominante e os respectivos desvios-padrão (DP). Para a análise descritiva, os dados numéricos da amostra foram submetidos a testes de normalidade. Devido ao tamanho do grupo, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk a fim de testar a normalidade da distribuição onde os resultados demonstraram que os valores das variáveis apresentaram um comportamento normal, para um nível de significância de $p \leq 0.05$.

Os dados foram apresentados em média (Méd) e desvio-padrão (DP) utilizando-se para as variáveis Pegada Esquerda (Peg E) e Pegada Direita (Peg D) um teste t para amostras dependentes para comparar a média das distâncias entre as pegadas das mesmas mãos nas condições inicial e final da Escover e um teste t

para amostras independentes para comparar a distância entre mãos diferentes na mesma situação de pegada na corda (inicial e final).

Para determinar a existência ou não de correlação entre as variáveis do teste FPM contínuo (Fmáx, Ffin, %F e Impulso) e as variáveis cinemáticas da Escover (T Corda, Peg E/D inicial e final, C Braç e Med Peg D/E), foi estimado o coeficiente de correlação produto-momento de Pearson (r de Pearson) E consideraram-se significativos os resultados para um valor de $p \leq 0,05$. A interpretação qualitativa do coeficiente de correlação foi realizada segundo a tabela de Munro (2005).

.

3. RESULTADOS

Inicialmente, será apresentado o cronoposturograma da Escover. A seguir, será descrito o modelo teórico proposto de desempenho. Posteriormente, serão exibidos os valores numéricos das variáveis cinemáticas identificadas na Escover e as variáveis avaliadas no teste de FPM. Por fim, será apresentada a matriz de correlação entre o resultado do teste de FPM com os parâmetros cinemáticos da Escover.

3.1 **Cronoposturograma da Escover**

Cumprindo-se a primeira etapa do processo de Análise de Decomposição em Etapas (ADE), foi elaborado um cronoposturograma (Figura 12) de um ciclo de escalada constituído por 9 etapas. A posição de referência utilizada foi o início do ciclo com a mão esquerda em pegada superior e término na mesma posição.

Figura 12 - Cronoposturograma da Escover

Instante 1	Instante 2	Instante 3	Instante 4	Instante 5

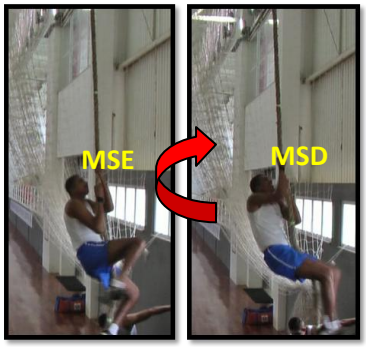
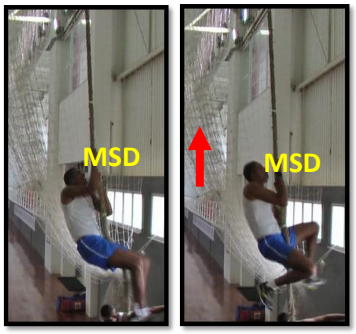
Duração 1	Duração 2	Duração 3	Duração 4

Fonte: O AUTOR, 2018

O Quadro 1 apresenta um resumo descritivo dos 5 instantes e 4 durações presentes no cronoposturograma confeccionado para a Escover.

Quadro 1- Resumo descritivo das etapas do cronoposturograma da Escover

Etapas	Nome	Ilustração	Consideração sumária
Instante 1	Dupla pegada esquerda superior inicial		Indivíduo em posição de preparação para o início da Escover. Mão esquerda em pegada superior como referência.
Duração 1	Ascensão em dupla com pegada esquerda superior		O indivíduo executa, nos dois membros superiores, flexão nas articulações dos cotovelos e extensão com os ombros, realizando uma ação de puxada vertical.
Instrate 2	Dupla pegada esquerda superior final		O indivíduo atinge um valor máximo de flexão de cotovelos e extensão de ombros.

Duração 2	Transfe-rência em pegada simples esquerda		A mão que está em posição inferior na corda se desloca para a posição superior realizando a inversão de posição das mãos. É um período curto com suporte em apenas uma das mãos.
Instante 3	Dupla pegada direita superior inicial		A mão que segurava a corda em posição inferior passa a segurá-la em uma posição um pouco acima do ápice da cabeça.
Duração 3	Ascenção em dupla pegada direita superior		Ocorre uma nova flexão cotovelos e extensão de ombros, gerando uma nova ação de puxada que faz com que o corpo continue seu deslocamento no sentido de baixo para cima.
Instante 4	Dupla pegada direita superior final		Neste instante, o indivíduo atinge novamente um valor máximo de flexão de ambos os membros superiores e está na iminência de retirar o contato da mão posicionada na parte inferior da corda.

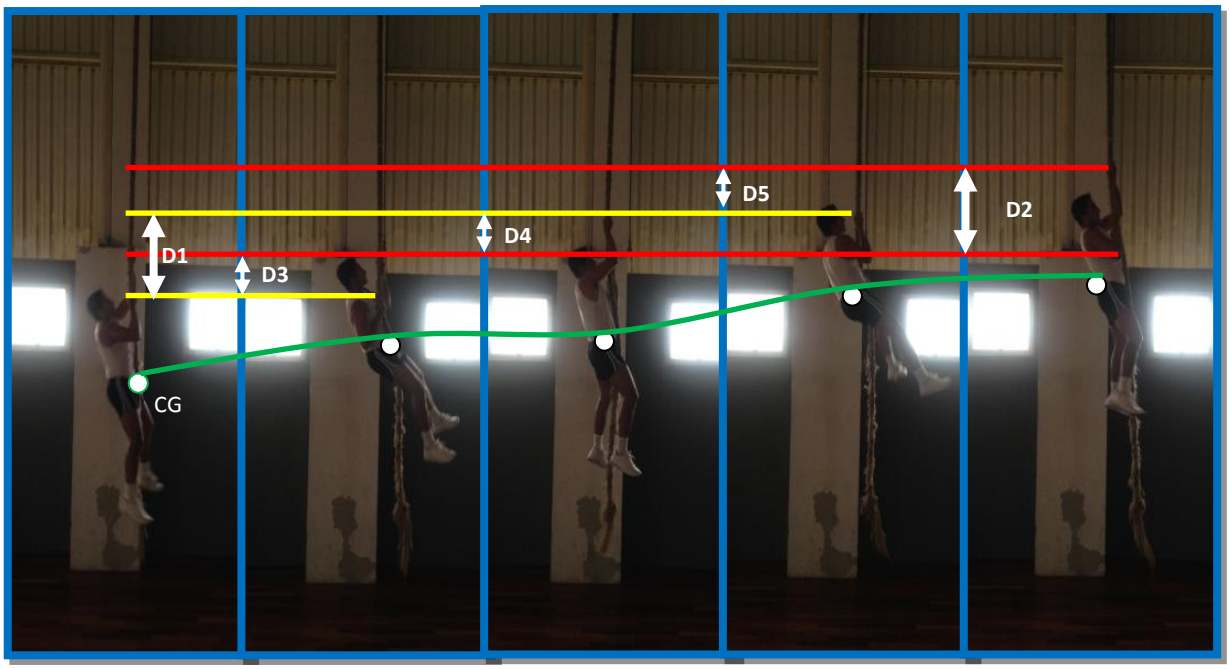
Duração 4	Transferência em pegada simples direita		Ocorre uma nova mudança de posicionamento de sustentação de mãos na corda.
Instante 5	Dupla pegada esquerda superior		Indivíduo fecha um ciclo de braçada tendo como referência a mesma mão de pegada superior inicial e faz a preparação para o início de um novo ciclo de braçada.

Fonte: O AUTOR, 2018.

Na descrição do cronoposturograma, o comprimento da braçada pode ser considerado como a distância entre duas pegadas sucessivas de uma mesma mão na corda, seja com a mão esquerda ou direita na posição superior inicial como referência ou o somatório das distâncias de pegadas sucessivas das duas mãos: esquerda, direita e esquerda, ou vice-versa. Para a mensuração destas distâncias levou-se em consideração o centro da pegada da mão na corda.

A Figura 13 ilustra as partes constituintes de um ciclo de braçadas da Escover e o Quadro 2 exibe as variáveis identificadas em um ciclo completo de Escover tendo a mão esquerda em pegada superior como referência.

Figura 13 - Ciclo completo de uma braçada da Escover



Legenda: D1 = comprimento de uma braçada de mão direita superior; D2 = comprimento de uma braçada de mão esquerda superior; D3 = distância de pegada da mão direita até a mão esquerda superior após um movimento de puxada para cima; D4 = distância de pegada mão esquerda até a mão direita superior; D5 = distância da pegada da mão direita até a mão esquerda superior após um movimento de puxada para cima.

Fonte: O AUTOR, 2018.

Quadro 2- Variáveis do ciclo de uma braçada da Escover

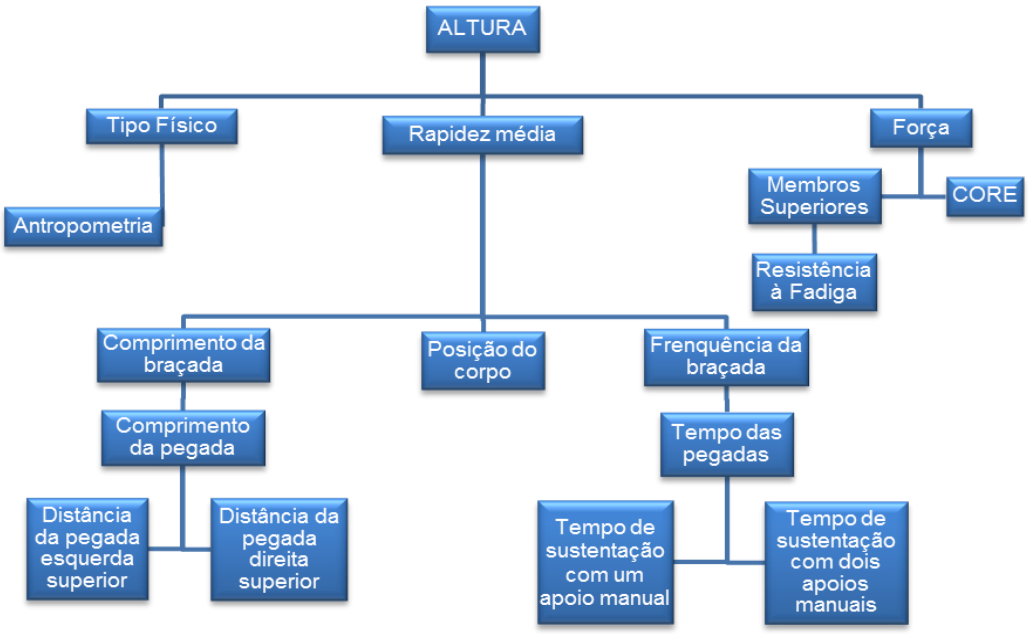
Variável	Descrição	Abreviatura
D1	Comprimento de uma braçada de mão direita superior	C Braç Direita
D2	Comprimento de uma braçada de mão esquerda superior	C Braç Esquerda
D3	Distância de pegada da mão direita até a mão esquerda superior	Peg Esquerda
D4	Distância de pegada mão esquerda até a mão direita	Peg Direita

	superior	
D5	Distância de pegada mão esquerda até a mão direita superior após uma puxada	Peg D ini
CG	Centro de gravidade em movimento oscilatório	CG

3.2 **Modelo teórico proposto da Escover**

A Figura 14 apresenta uma proposta de análise qualitativa sistematizada para a Escover e organiza o relacionamento entre a altura a ser alcançada na subida em corda e os fatores que produzem este resultado (Diagrama em blocos). Para esta análise, tomamos a altura a ser superada na corda como o resultado a ser alcançado na tarefa Escover.

Figura 14 - Modelo teórico de Escover



Fonte: O AUTOR, 2018.

A segunda linha do diagrama do modelo teórico de desempenho apresentado na figura 14 exibe três fatores que interferem diretamente na altura a ser superada na Escover: o tipo físico, a rapidez média de deslocamento e a capacidade de força muscular. Estes, por sua vez, também foram divididos de forma que cada um dos fatores incluídos no modelo proposto seja completamente definido pelos fatores que aparecem imediatamente abaixo dele.

3.3 **Estatística Descritiva dos Dados**

3.3.1 Valores de força no teste preensão manual contínuo

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos valores do teste contínuo de 60s de FPM dos 17 voluntários participantes deste estudo com o dinamômetro eletrônico, modelo TRF200 e conversor analógico-digital (EMG System do Brasil).

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis avaliadas no teste de FPM contínuo de 60s

	Fmáx (Kgf)	**Ffin (Kgf)**	**%F**	**Impulso (Kgf.s)**
Média	31,26	17,61	43,18	1373,55
DP	4,40	3,59	11,34	186,88

Legenda: Fmáx (FPM máxima); Ffin (FPM obtida ao final de 60s de preensão contínua); %F (taxa de decaimento da FPM em 60s de preensão contínua) e Impulso (integral da área sob o gráfico de força).

3.3.2 Variáveis cinemáticas do DCV com auxílio de corda (Escover)

Um resumo dos valores das variáveis cinemáticas avaliadas durante a Escover de 5m dos 17 voluntários participantes deste estudo é exibido na Tabela 2.

Tabela 2 – Estatística descritiva das variáveis cinemáticas da Escover

	T Corda (s)	**Peg E Ini (cm)**	**Peg E Fin (cm)**	**Peg D Ini (cm)**	**Peg D Fin (cm)**	**C Braç (cm)**	**Méd Peg E (cm)**	**Méd Peg D (cm)**
Média	15,16	27,59	20,08	27,71	20,28	51,54	26,18	27,22
DP	3,69	6,17	3,64	9,28	3,63	7,64	4,30	7,97

Legenda: T Corda (tempo obtido no teste de subida de 5m de corda); Peg E ini (distância entre as mãos com pegada feita com a mão esquerda superior no início da subida); Peg E fin (distância entre as mãos com pegada feita com a mão esquerda superior no final da subida); Peg D ini (distância entre as mãos com pegada feita com a mão direita superior no início da subida); Peg D fin (distância entre as mãos com pegada feita com a mão direita superior no final da subida); C Braç (comprimento da braçada); Méd Peg E (média da pegada com a mão esquerda) e Méd Peg D (média da pegada com a mão direita).

3.3.3 Matriz de correção entre as variáveis cinemáticas da Escover e as variáveis do teste de FPM contínuo

A Tabela 3 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis cinemáticas da Escover e os parâmetros de força verificados no teste contínuo de 60s de FPM dos 17 voluntários participantes deste estudo.

Tabela 3 - Matriz de correlação entre as variáveis cinemáticas da Escover e as variáveis avaliadas no teste de FPM

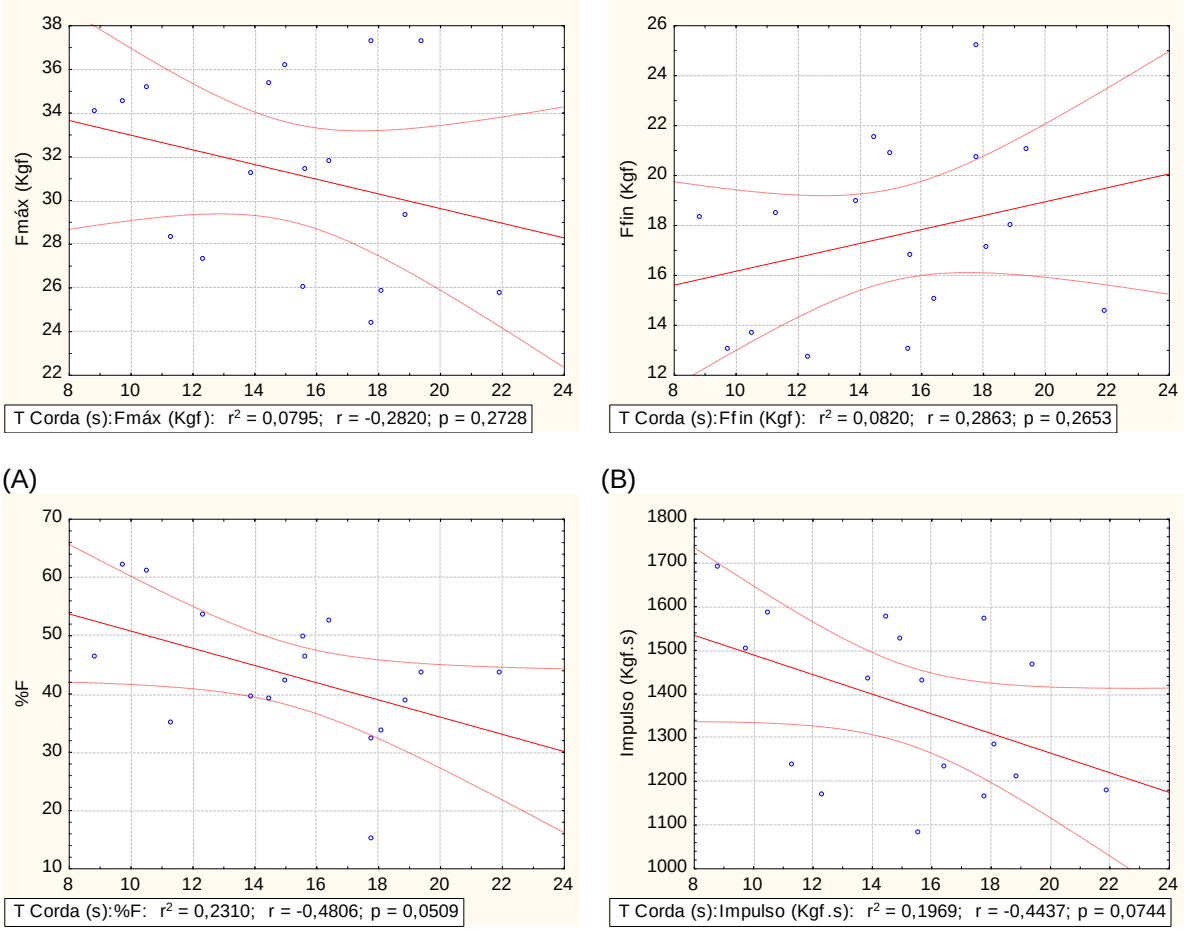
	IMC (Kg/m²)	Fmáx (Kgf)	Ffin (Kgf)	%F	Impulso (Kgf.s)	T Corda	Peg E ini	Peg E fin	Peg D ini	Peg D fin	C Braç	Méd Peg E	Méd Peg D
IMC	1												
Fmáx	-0,28	1											
Ffin	-0,23	0,42	1										
%F	0,07	0,33	-0,71	1									
Impulso	-0,30	0,87	0,41	0,21	1								
T Corda	0,25	-0,28	0,29	-0,48	-0,44	1							
Peg E Ini	0,08	0,21	-0,24	0,41	0,26	-0,49	1						
Peg E fin	-0,38	0,26	-0,18	0,34	0,25	-0,46	0,47	1					
Peg D ini	0,21	0,31	-0,13	0,38	0,35	-0,37	0,50	0,06	1				
Peg D fin	-0,17	0,12	-0,21	0,29	0,22	**-0,69**	0,64	0,47	0,40	1			
C Braç	-0,18	0,25	-0,23	0,44	0,24	**-0,71**	0,26	0,37	0,32	0,60	1		
Méd Peg E	-0,18	0,11	-0,33	0,43	0,11	**-0,62**	0,43	0,52	0,09	0,60	0,87	1	
Méd Peg D	-0,12	0,17	-0,11	0,26	0,34	**-0,66**	0,07	0,05	0,34	0,40	0,81	0,63	1

Legenda: Fmáx (FPM máxima); Ffin (FPM obtida ao final de 60s de preensão contínua); %F (taxa de decaimento da FPM em 60 s de preensão contínua); Impulso (integral da área sob o gráfico de força); T Corda (tempo obtido no teste de subida de 5 m de corda); Peg E Ini (distância entre as mãos com pegada feita com a mão esquerda superior no início da subida); Peg E Fin (distância entre as mãos com pegada feita com a mão esquerda superior no final da subida); Peg D Ini (distância entre as mãos com pegada feita com a mão direita superior no início da subida); Peg D Fin (distância entre as mãos com pegada feita com a mão direita superior no final da subida); C Braç (comprimento da braçada); Méd Peg E (média da pegada com a mão esquerda) e Méd Peg D (média da pegada com a mão direita).

3.3.4 Correlações entre o tempo de subida na corda e as variáveis do teste de FPM contínuo

Os gráficos 1A a 1D apresentam as correlações entre o tempo de subida de 5m na corda e as variáveis avaliadas no teste de FPM contínuo de 60 s dos 17 voluntários participantes deste estudo.

Gráfico 1 - Plotagem de relações entre o tempo de subida na corda e as variáveis da FPM

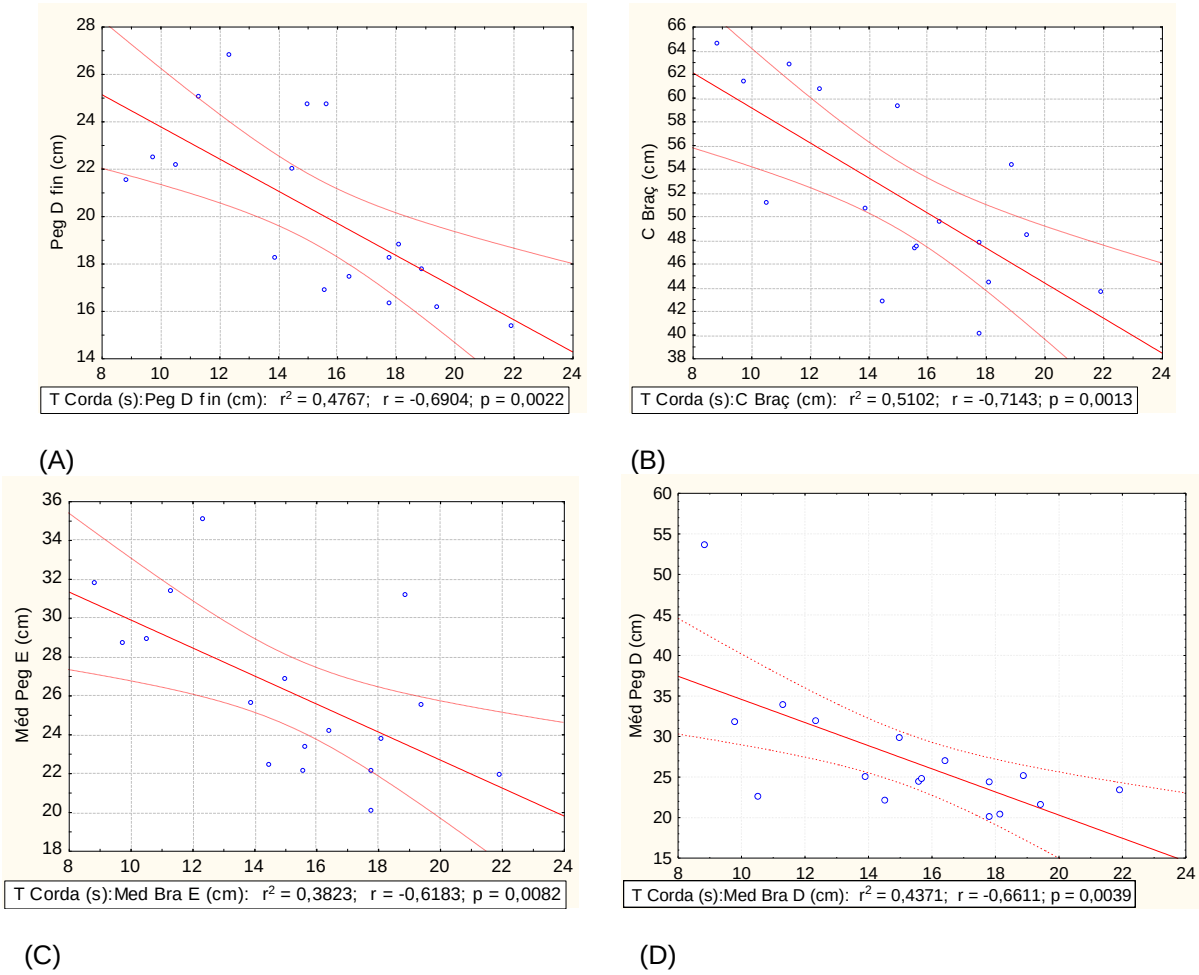


Legenda: A – correlação entre o tempo de subida na corda e a força máxima de preensão manual; B – correlação entre o tempo de subida na corda e a FPM ao final do tempo de 60s; C – correlação entre o tempo de subida na corda e a taxa de decaimento da FPM; D – correlação entre o tempo de subida na corda e o impulso.

3.3.5 Correlações entre o tempo de subida na corda e as variáveis cinemáticas da Escover

Os gráficos 2A a 2D apresentam as relações entre o tempo de subida na corda e as variáveis cinemáticas da Escover dos 17 voluntários participantes deste estudo.

Gráfico 2 - Plotagem de relações entre o tempo de subida na corda e as variáveis cinemáticas da Escover

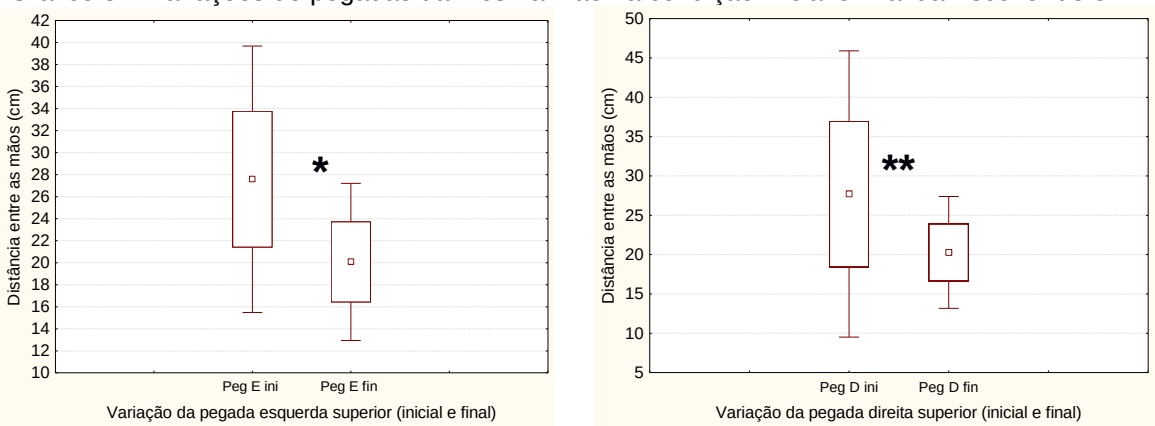


Legenda: A – correlação entre o tempo de subida na corda e a distância entre as mãos com pegada feita com a mão direita superior no final da subida; B – correlação entre o tempo de subida na corda e o comprimento da braçada; C – correlação entre o tempo de subida na corda e a média das braçadas com a mão esquerda em posição superior na corda; D – correlação entre o tempo de subida na corda e a média das braçadas com a mão direita em posição superior na corda.

3.3.6 Variações entre as pegadas iniciais esquerda e direita na Escover

Os gráficos 3A e 3B apresentam as variações entre as pegadas iniciais das mesmas mãos durante a Escover. Os gráficos 4A e 4B apresentam variações de pegadas entre mãos diferentes (direita e esquerda) na condição inicial e final da Escover.

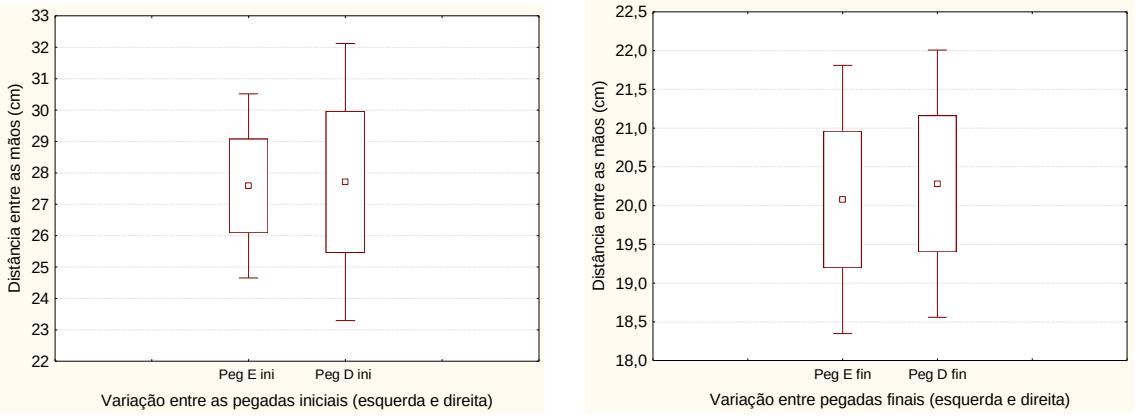
Gráfico 3 – Variações de pegadas da mesma mão na condição inicial e final da Escover de 5m.



(A) (B)

Legenda: A – variações da pegada com a mão esquerda superior no início e no final da subida; B – variações da pegada com a mão direita superior no início e no final da subida; *p=0,00039 e **p=0,0024.

Gráfico 4 – Variações de pegadas entre mãos diferentes na condição inicial e final da Escover de 5m.



(A) (B)

Legenda: A – variações de pegadas entre as mãos esquerda e direita em posição superior no início da subida; B –variações de pegadas com as mãos esquerda e direita em posição superior no final da subida.

4 DISCUSSÃO

A capacidade de gerar força muscular é um atributo importante nas atividades da vida diária e o teste de FPM é comumente utilizado para mensurar o nível de força das extremidades superiores nas mais diversas áreas e com objetivos bem diferenciados, sejam elas profissionais terapêuticas ou científicas. O presente estudo examinou não somente a existência de associação entre o desempenho obtido no teste de FPM, de caráter contínuo durante 60s e o comportamento de variáveis biomecânicas na execução da habilidade motora específica, denominada Escover, como também a descrição do movimento dentro de um modelo teórico de desempenho proposto. Para facilitar as abordagens, a discussão foi dividida nos seguintes tópicos, assim descritos: cronoposturograma da escalada em corda vertical (Escover); modelo teórico proposto de Escover e medidas descritivas/correlações entre as variáveis estudadas.

4.1 Cronoposturograma da Escover

Para cumprir o objetivo principal do presente estudo, houve a necessidade de estabelecer um primeiro objetivo específico e caracterizar a Escover. Foi verificado, após busca, que parece não haver na literatura uma descrição detalhada desta tarefa motora. Assim, a proposta de Batista (2000) de Análise de Decomposição por Etapas (ADE), aplicada a descrições de movimentos corporais, junto com os conceitos biomecânicos de “instante” e “duração” (DONSKOI & ZATSIORSKI, 1988) permitiram a montagem do cronoposturograma da Escover exibido na figura 12.

A observação da Escover e a montagem do cronoposturograma possibilitou conceituar a tarefa e, semelhantemente ao verificado na ascenção corporal presente na escalada em rochas (WATTS et al., 2008), a Escover pode ser descrita como: o resultado de sucessivas ações de FPM voluntária submáxima sob uma corda em coordenação com forte flexão das articulações de cotovelos e cintura escapular em condições biocinéticas normais, a fim de permitir movimento ascendente da massa corporal. O ciclo de braçada da Escover foi então dividido em 9 etapas (5 instantes e 4 durações) descritos detalhadamente a seguir.

O Instante 1 foi nomeado de Dupla Pegada Esquerda Superior Inicial (Quadro 1). O indivíduo se encontra na posição de preparação para o início da execução. O membro superior esquerdo (MSE) apresenta flexão de cotovelo em torno de 100º e extensão ombro de 110º (aproximadamente) de forma que a mão segure a corda em uma posição um pouco acima do ápice da cabeça. O membro superior direito (MSD) apresenta uma flexão de cotovelo e de ombro de aproximadamente 45º de forma que a mão fique posicionada na corda em uma posição abaixo do ápice da cabeça. Um ponto a ser notado na posição assumida pelos membros superiores (MMSS) diz respeito aos valores dos ângulos de inserção musculares. No caso do membro que está mais estendido o ângulo de inserção dos músculos parece não ter o melhor valor para gerar toque, porém a posição permite que a contração muscular gere uma maior amplitude de movimento (ENOKA,2000). Já no MS que está menos estendido os ângulos são mais favoráveis a geração de torque, porém promovem um menor deslocamento. As mãos dos segmentos esquerdo e direito assumem uma distância de 20 a 30 cm, aproximadamente.

A duração 1 foi nomeada de ascensão em dupla com pegada esquerda superior (Quadro 1). O indivíduo executa, nos dois segmentos, flexão nas articulações dos cotovelos e extensão com o ombro, realizando uma ação de puxada que faz com que o corpo se desloque no sentido de baixo para cima. O cotovelo do MSE desenvolve um deslocamento angular (Ɵ) de 30° (aproximadamente), o ombro do MSE apresenta Ɵ de 35° (aproximadamente). Ao que parece, uma boa relação intersegmentar seria aquela na qual o membro que está menos estendido atue com mais ênfase ajudando que os valores angulares do mais estendido atinjam os melhores valores de geração de torque. Este evento se caracteriza como um tipo de coordenação intersegmentar necessário ao movimento.

O instante 2 foi nomeado de dupla pegada esquerda superior final (Quadro 1). O indivíduo atingiu o valor máximo de flexão do MS, que se encontrava menos estendido no instante 1 (MSD) e está na iminência de retirar o contato da mão deste segmento com a corda. O outro segmento (MSE) apresenta valores médios no ângulo de flexão no cotovelo e extensão no ombro de 60 e 75°, respectivamente.

A duração 2 foi nomeada de transferência em pegada simples esquerda (Quadro 1). O indivíduo não tem a mão direita segurando a corda uma vez que ela está sendo deslocada para pegá-la em um pouco mais acima, de forma a posicionar o segmento para a próxima puxada. O segmento esquerdo sustenta sozinho o corpo

e continua fazendo flexão de cotovelo e extensão de ombro promovendo a ascensão do corpo.

O instante 3 foi nomeado de dupla pegada direita superior inicial (Quadro 1). O MSD se encontra com o cotovelo em flexão de aproximadamente 110º e ombro em extensão aproximadamente de 100º de forma que a mão segure a corda em uma posição um pouco acima do ápice da cabeça. O MSE também apresenta uma flexão de cotovelo e de extensão de ombro de 65 e 60°, aproximadamente, de forma que a mão fique posicionada na corda em uma posição abaixo do queixo. Os ângulos de inserção musculares do MSE passam a ter melhores valores para gerar torque. Porém, para o MSD, que está mais acima da cabeça, a posição permite que a contração muscular gere uma maior amplitude de movimento em relação ao MSE. As mãos dos segmentos esquerdo e direito assumem uma distância de 20 a 35.

A duração 3 foi nomeada de ascensão em dupla pegada direita superior (Quadro 1). O indivíduo executa, nos dois segmentos, flexão com as articulações dos cotovelos e extensão com as dos ombros, realizando uma nova ação de puxada que faz com que o corpo continue seu deslocamento no sentido de baixo para cima. O cotovelo do MSD desenvolve um deslocamento angular (ϴ) de 45° (aproximadamente) e o ombro do MSD apresenta ϴ de 40° (aproximadamente). Ambos os MMSS atuam em aparente coordenação segmentar de forma que os valores angulares se mantenham nos melhores valores de geração de torque.

O instante 4 foi nomeado de Dupla Pegada Direita Superior Final (Quadro 1). O indivíduo atingiu o valor máximo de flexão de ambos os MS em relação ao instante 3 e está na iminência de retirar o contato da mão do segmento esquerdo com a corda. O MSD apresenta valores médios de 70° no ângulo de flexão no cotovelo e 60° de extensão de ombro mantendo a mão à frente do rosto do indivíduo.

A duração 4 foi nomeada de Transferência em Pegada Simples Direita (Quadro 1). Neste intervalo, o indivíduo não tem a mão esquerda segurando a corda uma vez que ela está sendo deslocada para pegá-la em um pouco mais acima, de forma a posicionar o segmento para a próxima puxada. O segmento direito sustenta sozinho o corpo e continua fazendo flexão de cotovelo e extensão de ombro promovendo a ascensão do corpo.

O instante 5 foi nomeado de Dupla Pegada Esquerda Superior (Quadro 1). O indivíduo fecha um ciclo de braçada e faz a preparação para o início de nova

execução. Os MMSS novamente em flexão de cotovelo e extensão de ombro similares em relação ao instante inicial 1. A mão do segmento esquerdo segura a corda em uma posição ligeiramente acima do nível do ápice da cabeça e a mão do segmento direito toma a posição na corda em nível abaixo do queixo. Os ângulos de inserções musculares do membro que está mais estendido apresentam valores menos favoráveis para gerar toque, porém a posição permite que a contração muscular gere uma maior amplitude de movimento. No MS que está menos estendido, os ângulos são mais favoráveis à geração de torque, porém promoveram um menor deslocamento.

Percebe-se que, de maneira geral, a tarefa motora Escover se inicia com uma dupla pegada/preensão manual (Figura 15) dos membros superiores assumindo a situação de duplo “pivô” para o DCV inicial na corda.

Figura 15 – Cronoposturograma da Escover parcial 1

As mãos tomam uma distância entre si de 20 a 30 cm (aproximadamente). O membro em pegada superior na corda se apresenta em extensão parcial em um nível acima da cabeça. A mão do outro membro que está em pegada inferior na corda fica posicionada levemente à frente do rosto do indivíduo. Não foi possível verificar a influência da dominância de membros em relação a pegada superior inicial. A seguir, ocorre o movimento coordenado de flexão de cotovelo e extensão de ombros dos membros superiores (Figura 16A) até o limite articular do membro com pegada na posição inferior na corda (Figura 16B).

Figura 16 – Cronoposturograma da Escover parcial 2

(A) (B)

Legenda: A – ascensão em dupla com pegada esquerda superior; B – dupla pegada esquerda superior final.

Nesse processo, há uma aparente relação intersegmentar na qual o membro que está menos estendido atua com mais ênfase ajudando para que os valores angulares do mais estendido atinjam os melhores valores de geração de torque e economia de esforço. Este evento se caracteriza como um tipo de coordenação intersegmentar necessário ao deslocamento vertical. Ao final do movimento, a mão de pegada superior na corda assume uma posição ligeiramente à frente do rosto do indivíduo e a outra mão assume uma posição aproximadamente abaixo do queixo.

Seguido a sequência de movimentos, ocorre a primeira transferência de pegada entre as mãos (Figura 17A). Os valores de ângulos intersegmentares assumidos são diferentes da posição inicial (Figura 17B), possivelmente devido à influência da dominância. A distância entre as mãos permanece em torno de 20 a 30 cm.

Figura 17 – Cronoposturograma da Escover parcial 3

(A) (B)

Legenda: A – transferência em pegada simples esquerda; B – dupla pegada direita superior inicial

O movimento combinado de flexão de cotovelos e extensão de ombros se repete (Figura 18A). Ao final, mão em pegada inferior na corda assume uma posição

aproximadamente abaixo do queixo do indivíduo e a mão em pegada superior na corda fica posicionada ligeiramente à frente do rosto (Figura 18B). Ambos os membros superiores assumem uma posição próxima ao corpo.

Figura 18 – Cronoposturograma da Escover parcial 4

(A) (B)

Legenda: A – ascensão em dupla pegada direita superior;
B – dupla pegada direita superior final

Continuando as ações, ocorre a segunda transferência de pegada entre as mãos (Figura 19A) de forma que a mão em pegada inferior na corda (posicionada abaixo do queixo do indivíduo) passe a ocupar novamente uma posição em pegada superior na corda e ligeiramente acima da cabeça (Figura 19B).

Figura 19 – Cronoposturograma da Escover parcial 5

(A) (B)

Legenda: A – transferência em pegada simples direita;
B – dupla pegada esquerda superior

Fecha-se, assim, um ciclo de braçada. Os ângulos de inserções musculares do membro que está mais estendido apresentam valores menos favoráveis para gerar toque, porém a posição permite que a contração muscular gere uma maior amplitude de movimento. No membro superior que está menos estendido, os ângulos são mais favoráveis à geração de torque, porém promovem um menor deslocamento angular.

Durante todo o processo de transferência de pegada, e visando o DCV em melhores condições, se percebe que o corpo, usando de ação sinérgica, procura um posicionamento intersegmentar que favoreça, ao mesmo tempo, a geração de torque, particularmente pelo membro que está posicionado na pegada inferior, amplitude de movimento articular, em maior proporção pelo membro que está posicionado na pegada superior e economia de esforços, por ambos os membros.

Devido à similaridade de estímulos físicos presentes nas ações de Escover e escalada em rochas, pode ser feita uma analogia da importância da flexão de cotovelos e extensão de ombros na produção de torque e economia de esforços necessária ao DCV. Koukoubis et. al. (1995) avaliaram o movimento de elevação vertical avaliou 07 escaladores durante três flexões consecutivas na barra horizontal. Os avaliados usaram apenas a ponta dos dedos de ambas as mãos, com antebraços pronados, reproduzindo um verdadeiro movimento de escalada. Os resultados indicaram que os picos de atividade do músculo braquioradial e bíceps braquial ocorreram durante a elevação e na descida. O pico mais alto de ambos os músculos ocorreu quando o cotovelo foi flexionado em aproximadamente 90° e quando o cotovelo estava completamente flexionado, o sinal de eletromiografia (IEMG) caiu para um valor baixo e formou um platô

4.2 **Modelo teórico proposto de Escover**

Cumprindo o segundo objetivo específico da pesquisa, todos os fatores julgados determinantes da Escover foram identificados e incluídos em uma proposta de modelo teórico de desempenho visualizado na forma completa de um diagrama em blocos (Figura 14). Esse diagrama seguiu os pressupostos de Hay e Reid (1985) para a confecção de um modelo ideal típico, sendo necessário estabelecer o fator “resultado” da tarefa motora a ser analisada para ocupar o topo do diagrama. No presente estudo a altura na corda a ser superada foi estabelecida como o fator resultado ao final da Escover.

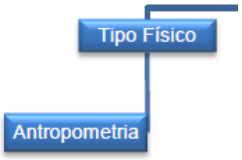
O modelo ideal típico proposto explica de forma pormenorizada as influências de cada fator para o cumprimento da Escover. Dessa forma, a altura a ser cumprida na Escover pode ser determinada por uma sequência de três fatores distintos e consecutivos envolvidos, e assim descritos: o tipo físico, a rapidez média e a capacidade de força muscular (Figura 20).

Figura 20 – Diagrama em blocos da Escover parcial 1

Fonte: O Autor, 2018.

O fator tipo físico, por sua vez, é influenciado apenas pelas características antropométricas do indivíduo (Figura 21).

Figura 21 – Diagrama em blocos da Escover parcial 2

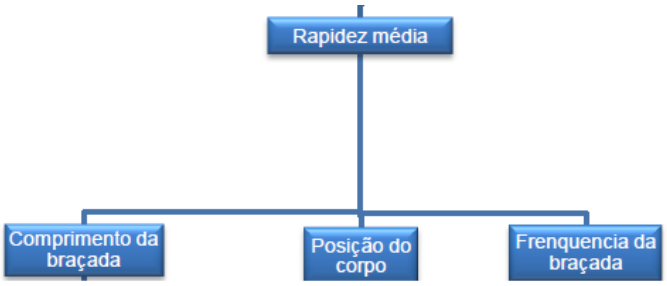


Fonte: O Autor, 2018.

Parece ser natural supor que indivíduos com acentuada massa corporal total sintam maior dificuldade em realizar a Escover ou manter a ação de subida ao longo do tempo, uma vez que a resistência da força da gravidade está sempre presente.

Seguindo a sequência do diagrama em blocos proposto, a rapidez média de subida na Escover é derivada dos seguintes fatores de influência (Figura 22): comprimento de braçada (C Braç), posição do corpo e frequência de braçada (Frq Braç).

Figura 22 – Diagrama em blocos da Escover parcial 3



Fonte: O Autor, 2018.

Para o resultado “altura” na Escover, a rapidez média é igual ao produto do C Braç pela média de suas Frq Braç**.** Dessa forma, seria conveniente dizer que

indivíduos capazes de fazer com que o seu centro de gravidade (CG) assuma uma velocidade ascendente o mais uniforme possível (situação ideal), ou sem paradas constantes, tomando como base o C Braç e a Frq Braç durante a Escover, evitariam a fadiga muscular precoce da musculatura envolvida. Esse movimento de oscilação do CG pode ser visualizado na Figura 13.

Fatores implícitos relacionados à coordenação corporal imposta pela posição dos segmentos, pelas coordenadas em torno das articulações do cotovelo, pelos comprimentos dos seguimentos e pelos ângulos relativos dos seguimentos são representados pelo fator posição do corpo. Durante a Escover, existe uma aparente coordenação intersegmentar entre braços, tronco e pernas, que facilita o posicionamento espacial para o DCV evitando rotações e balanços desnecessários que exigem capacidade de força adicional da musculatura envolvida no movimento para manter o equilíbrio corporal. Nesse sentido, a preensão manual exercida na corda, que funciona como ponto de sustentação ou pivô, é importante.

Fazendo uma analogia com o pensamento de Sporrong et al. (1996) sobre a necessidade de estabilização das mãos para uma melhor elevação do corpo na execução da flexão de braços na barra, na Escover, as mãos também atuam de forma estática, como um ponto de fixação para o membro superior. Logo, quanto maior for esta ação estabilizadora, melhor será o desempenho do ombro e da cintura escapular na realização do movimento de elevação. A ineficiência nesta ação pode levar à fadiga precoce da musculatura envolvida na execução do movimento.

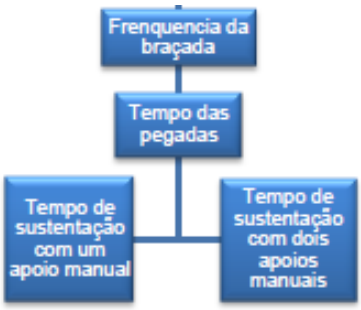
Dentro do diagrama de blocos da Escover, a distância entre as mãos na corda foi denominada de “pegada de manuais”. Assim, uma pegada de mão (esquerda ou direta) na posição superior da corda (referência de análise) constitui um fator de influência do fator de nível acima chamado comprimento da pegada (C Peg) que por sua vez é fator de explicação do fator C Braç (Figura 23).

Figura 23 – Diagrama em blocos da Escover parcial 4

Fonte: O Autor, 2018.

O fator Frq Braç é determinado, em partes, pelo tempo de execução das pegadas manuais na corda (mão esquerda superior ou direita superior) que por sua vez são influenciadas pelo tempo de sustentação nas formas de apoios manuais na corda que podem ser com apenas uma das mãos ou com as duas ao mesmo tempo (Figura 24). Esse tempo de sustentação deve ser feito com os cotovelos numa angulação ≥90° (KOUKOUBIS et. al., 1995) a fim de evitar maior exigência muscular. Tal angulação articular dos cotovelos deve permitir tanto a geração de força para a sustentação do corpo, produzida principalmente pelo braço que está com a pegada inferior na corda durante a transferência de pegada, assim como, permitir uma moderada amplitude articular necessária para o movimento ascendente gerado pela ação do braço com pegada superior e auxiliado pelo braço com pegada inferior na corda.

Figura 24 – Diagrama em blocos da Escover parcial 5



Fonte: O Autor, 2018.

Passando ao fator força muscular do diagrama em blocos proposto para a Escover, Suchomel et al., (2016), em uma revisão de literatura sobre a importância da força muscular na performance atlética, concluíram que esta tem influência significativa nas características de força x tempo relacionadas ao desempenho de habilidades. Uma maior capacidade de gerar força muscular é sinônimo de melhora de desempenho em uma ampla gama de habilidades específicas gerais e esportivas, ao mesmo tempo que reduz o risco de lesões ao realizar essas atividades. Logo, a capacidade de gerar força muscular de membros superiores e da musculatura abdominal/dorsal, bem como seus índices de fadiga, devido à presença constante da força da gravidade e dos períodos de sustentação corporal apenas pela ação de preensão das mãos, seja com um ou dois apoios, no ciclo de braçadas,

também são caracterizados como fatores de influência dentro do modelo teórico apresentado para a Escover (Figura 25).

Figura 25 – Diagrama em blocos da Escover parcial 6

Fonte: O Autor, 2018.

Em habilidades motoras como a Escover, onde é necessária a manutenção da força de preensão máxima e/ou submáxima por um período de tempo e repetidas vezes, existe a instalação do processo de fadiga muscular. A fadiga tem sido frequentemente descrita como um processo fisiológico tempo dependente que engloba numerosos fatores centrais e periféricos (SAHLIN, 1992), afetando a capacidade de produção de força e prejudicando o desempenho (PALMITIER et al., 1991; STUART, 1996). Assim, dentro do diagrama em bloco proposto, tanto a fadiga muscular precoce de membros superiores, abdômen e dorso, quanto a pouca capacidade de gerar força de preensão manual, necessária a sustentação corporal e transferência de pegadas, prejudicam o rendimento da Escover.

4.3 **Medidas descritivas e correlações entre as variáveis estudadas**

Após a caracterização e sistematização da Escover, os resultados do teste de FPM contínua de 60s e as variáveis cinemáticas da Escover obtidas nesse trabalho foram analisados estatisticamente e comparados com dados de outros estudos.

Tomando por base os valores da estatística descritiva das variáveis avaliadas no teste de FPM contínuo de 60s exibidos nas Tabelas 1 e 2, em geral, verifica-se que os valores médios da Fmáx da mão dominante (31,26±4,4 Kgf) estão próximos aos reportados por Novo Junior (1998), que utilizou um protocolo de apenas 10s de preensão com dinamômetro hidráulico em dois homens e duas mulheres (33,3±3,8Kgf e 33,07±1,1Kgf, para os homens). Os valores de Ffin (17,61±3,59Kgf) e %F (43,18%±11,34) foram inferiores e superiores, respectivamente, aos reportados

pelo autor, possivelmente devido ao menor tempo de duração de preensão contínua nos 10s (22,93±0,9Kgf e 25,07±3,7Kgf / 11,3±4,7% e 11,5±3,9%, respectivamente).

No entanto, Dias (2009), usando uma amostra de judocas, reportou valor médio superior de impulso (441,1±105,7Kgf) e similar para o %F (42,7±17,52%). O menor nível de impulso do presente estudo (1373,55±186,88Kgf) pode ter ocorrido devido ao maior tempo de preensão do teste (60s) já que Dias (2009) utilizou um protocolo de 30s de preensão. O autor também obteve um maior nível de Fmáx (45,3±12,1Kgf) em relação ao presente estudo, talvez pela diferença de dinamômetros utilizados já que fez o uso de um dinamômetro que possibilitava ajuste de empunhadura sensível a forças de tração diferentemente deste estudo, que usou um dispositivo sensível ao efeito de pressão em célula de carga. Há relatos na literatura de que resultados de diferentes dinamômetros não podem ser utilizados de forma intercambiável (AMARAL et al., 2012).

A dissertação de Silva (2006) explorou diferentes testes de FPM em 21 atletas de quatro modalidades esportivas (Aikidô, Jiu-Jitsu, Judô e Remo) e indivíduos não atletas, usando um protocolo de 120s de preensão contínua. Os resultados médios referentes à variável Fmáx (45,8 a 56,7Kgf) diferem do presente estudo permanecendo acima do reportado na Tabela 1 (31,26Kgf) possivelmente pela diferença do perfil da amostra utilizada. Já os valores de Ffin foram similares (15,0 a 17,9Kgf) para o período de 60s de preensão. O Autor detectou que os maiores valores de Fmáx foram verificados nos atletas de Jiu-jitsu, porém houve diferença significativa apenas com o grupo de não atletas em alguns instantes verificados: Fmáx, Força exercida no instante 15s e Força exercida no instante 30s.

Nicolay e Walker (2005), usando uma amostra de estudantes universitários de mesma faixa etária, reportaram um decréscimo de força na mão dominante de 59,6% durante os 30s do teste do teste de preensão contínua. Tais valores tiveram maior nível em relação ao presente estudo (%F de 43,18±11,34%) sendo que o valor da Fmáx da mão dominante (37,1±8,8 Kgf) obteve a maior diferença em relação ao estudo atual (31,26±4,4Kgf). Fleishman (1964) sugeriu que a força estática e a força dinâmica pertencem às habilidades de movimento independente, ou seja, a capacidade de gerar grande força de preensão não necessariamente significa que a pessoa será capaz de manter uma alta percentagem da força ao longo do tempo (NICOLAY e WALKER, 2005). Os resultados do presente estudo corroboram com

essa ideia e talvez justifiquem a fraca correlação entre as variáveis da FPM e as cinemáticas analisadas durante a Escover (Tabela 5).

Os resultados da força de preensão obtida no instante 60s (Ffin) apresentados na Tabela 1 (17,61±3,59Kgf) também foram menores do que o pico de força atingido (Fmáx de 31,26±4,4Kgf) corroborando com estudos de Dempsey e Ayoub (1996) e Nicolay e Walker (2005).

Verificando a matriz de correlação entre as variáveis cinemáticas da Escover e os parâmetros de força do teste contínuo de 60s de FPM (Tabela 3), percebe-se que o IMC apresentou fraca correlação (r na faixa de 0,07 a -0,38 e p≥0,05) tanto com as variáveis cinemáticas e quanto com as variáveis de força muscular avaliadas na Escover. Essa informação indica que as variações de massa corporal e estatura são compensadas por outros fatores durante a Escover.

De maneira geral, as variáveis analisadas Fmáx, Ffin, %F e impulso apresentaram uma fraca correlação (r na faixa de 0,11 a -0,48 e p≥0.05) com as variáveis cinemáticas da Escover (T Corda; Peg E Ini; Peg E Fin; Peg D Ini; Peg D Fin; C Braç; Méd Peg E e Méd Peg D). Pode-se supor, então, que o sucesso no cumprimento da Escover tem relação com outros fatores envolvidos na ação, como os constantes do modelo teórico de desempenho proposto no presente estudo (Figura 14).

O gráfico 1A a 1D exibem a plotagem das relações entre o tempo de subida na corda (T Cor) e as variáveis da FPM (Fmáx, Ffin, %F e impulso). Uma explicação plausível a essa fraca correlação apresentada seria o tipo de amostra utilizada. Os indivíduos do estudo, apesar de terem um bom nível de condicionamento, foram selecionados por conveniência, sendo assim, diversos fatores de confundimento como a antropometria, o repertório motor de cada indivíduo, o estado motivacional e o grau de treinabilidade, poderiam interferir nos resultados.

Outro fator que pode ter influenciado na fraca correlação entre o T Cor e as variáveis do teste de FPM do presente estudo é o posicionamento do cotovelo. A revisão de literatura que avaliou os estudos envolvendo FPM indica que o posicionamento do cotovelo poderia influenciar a FPM (BRICKMAN, 1990; ESPANA-ROMERO, 2010), pois, para aumentá-la, é necessário não só maior recrutamento dos músculos flexores, mas também um incremento da atividade dos músculos extensores com a finalidade de manter o punho em leve extensão (PEREIRA, et al., 2011). Logo, durante a Escover, a alteração do posicionamento do cotovelo poderia

também alterar a relação entre os músculos flexores e extensores e permitir melhor funcionamento do punho, mudando, dessa forma, os níveis de força aplicados na subida na corda em relação ao protocolo do teste de FPM padrão.

Durante a Escover, toda a amostra provavelmente utilizou a FPM em proporções similares ao seu potencial máximo devido à necessidade de suportar a sua massa corporal total contra a ação da gravidade. Segundo Nicolay e Walker (2005), pessoas com maior nível de Fmáx não estarão necessariamente menos suscetíveis à fadiga. No entanto, tais indivíduos terão provavelmente uma maior resistência à fadiga quando exigida a força de preensão porque estarão trabalhando em uma porcentagem menor de sua força máxima do que indivídios mais fracos. Esse fato não foi comprovado e também foi discordante dos resultados do presente estudo já que Ffin apresentou uma moderada correlação negativa com o %F ($r=-0,71$; $r^2=0,50$ e $p=0,002$) e a Fmáx não exibiu correlação ($r=0,33$; $r^2=0,10$ e $p=0,2$) sugerindo uma possível hipótese de que a taxa de decaimento da FPM é derivada muito mais do grau de resistência muscular em manter o nível de preensão do que pelo valor da Fmáx.

As contribuições relativas de várias fontes fisiológicas de fadiga diferem entre tarefas repetitivas e estáticas. A característica da FPM durante a Escover é de forma intervalar e não contínua como acontece o teste utilizado no estudo, promovendo durante a Escover, uma melhor recuperação do sistema energético muscular em relação ao teste de FPM contínuo de 60s. Este fato proporciona um decréscimo menor da força ao longo do tempo durante a subida na corda, desde que a altura a ser superada na Escover não seja excessiva.

Em contrações como a isométrica usada no protocolo de teste do presente estudo, ocorre a acumulação de íons K^+ nos tubos t das fibras musculares, interferindo na propagação da ação potencial dentro destas fibras, resultando em uma menor força de contração (NICOLAY e WALKER, 2005). Na Escover de 5m, o fato de existir um intervalo de descanso entre contrações sucessivas das mãos, pode provocar uma remoção desses íons K^+. Dessa forma, o indivíduo conseguiria manter por mais tempo a força de preensão forte o suficiente durante a subida.

Nicolay e Walker (2005) discorrem que a força muscular é fortemente influenciada pela massa, a área da secção transversal total (secção transversal fisiológica) dos músculos envolvidos e pelo arranjo dos músculos em sistemas de alavanca. No entanto, a resistência muscular é mais fortemente influenciada pelas

propriedades histológicas e bioquímicas das fibras (células) dentro do músculo e processos fisiológicos ao nível celular. Assim, as diferenças na histologia das fibras musculares e a bioquímica, bem como a diferenças na motivação e da tolerância, pode induzir que os indivíduos variem a sua resistência à fadiga de diferentes fontes (Nicolay e Walker, 2005) e, para uma amostra não normatizada e randomizada, como a do presente estudo, é difícil esse controle.

Em relação às variáveis cinemáticas da Escover, o T Corda teve moderada correlação com a distância entre as mãos tomando como referência a mão direita em posição de pegada superior na corda (Peg D fin) ao final da subida ($r=-0,69$; $r^2=0,47$ e $p=0,002$). Esse fato pode ser devido a maior capacidade de produção de FPM da mão dominante (DE et al., 2000; HO et al., 2000, NICOLAY e WALKER, 2005) o que garantiria uma maior capacidade de sustentação e amplitude de movimento na ascenção do corpo na corda pela ação do braço da mão dominante.

A Peg D fin teve correlação moderada ($r=0,60$; $r^2= 0,36$ e $p=0,01$) com o comprimento médio das braçadas (C Braç) enquanto que a Peg E fin não teve correlação ($r=0,37$; $r^2= 0,13$ e $p=0,149$). Aqui, talvez, exista uma influência de dominância de membros superiores já que 78% da amostra declarou ser destro e por isso uma maior capacidade de produção de força ao final da Escover repercutido em uma maior distância entre as mãos com uma pegada de mão direita na posição superior na corda. O T Corda apresentou forte correlação com o comprimento médio das braçadas ($r=-0,71$; $r^2= 0,51$ e $p=0,001$) e moderada correlação com a média das braçadas na corda durante a subida (Med Bra D ou E), independente do posicionamento das mãos (esquerda ou direita) na pegada superior ($r^2=0,38$ e $p=0,008$ e $r^2=0,43$ e $p=0,004$, respectivamente). Os gráficos 2A a 2D melhor evidenciam as relações entre o T Corda e as variáveis cinemáticas testadas.

No presente estudo, a verificação das diferenças da média da distância entre as mãos (pegada) na condição inicial e final para a mesma posição de referência mão na corda (Gráfico 3A e 3B) revelou diferenças significativas tanto para a Peg E quanto para a Peg D ($p=0,00039$ para Peg E ini e fin e $p=0,0024$ para Peg D ini e fin) indicando que a tarefa Escover é um processo fatigante que afeta a coordenação intersegmentar membros superiores repercutindo em menores distâncias entre as pegadas das mãos ao final da tarefa.

Comparando a média da distância entre mãos diferentes (esquerda x direita) para uma mesma posição de pegada na corda nas condições de início e final de

subida (Gráfico 3A e 3B) os resultados não demonstraram diferença significativa (p=0,112 para Peg E ini x Peg D ini e p=0,988 para Peg E fin x Peg D fin) demonstrando que não há diferença entre as posições de referência de pegada inicial das mãos na corda (esquerda ou direita na posição superior) e que as distâncias das pegadas sofrem os mesmos decréscimos ao longo do tempo de subida.

A análise do desempenho de 21 soldados de tropas especiais em seis testes físicos: tempo de 5m de subida de corda, FPM, 15s de execuções máximas de flexão de braços no solo (FBS), 15s de flexão de braços na barra (FBB), estimativa de 1 repetição máxima (RM) no supino e arremesso de *medicine ball* indicou que o tempo de subida nos 5m de corda foi significativamente correlacionado ($p<0,05$) com todos os testes citados (valor absoluto de "r" na faixa de 0,57 a 0,98). A FPM máxima apresentou uma correlação significativa com o tempo de subida na altura de 5m de corda para as mãos direita e esquerda nos valores de r= -0,70 e -0,68, respectivamente (DHAHBI et al., 2015). O interessante do estudo de Dhahbi et al. (2015) foi o caráter funcional das avaliações e os resultados de associações da FPM num contexto sinérgico, semelhantemente ao objeto do presente estudo.

Os dados do presente estudo foram discordantes de Dhahbi et al. (2005), já que o tempo de subida na corda (T Corda) teve fraca correlação com as variáveis do teste de FPM continuo para o membro dominante (r^2 na faixa de 0,25 a 0,48). Hogan (1991), em sua revisão de literatura, sugeriu que os testes baseados na força de esforço, semelhante à FPM contínua do presente estudo, e os testes com base em tarefas de movimento do corpo (como a Escover) pertencem a "habilidades independentes". As correlações entre eles são baixas, sobretudo quando comparadas com as correlações obtidas entre os testes que pertencem às mesmas habilidades.

A fraca correlação entre o tempo de execução da Escover de 5m e as variáveis analisadas no teste de FPM contínuo se adequa ao raciocínio anterior, já que o teste de FPM do presente estudo seguiu o protocolo estabelecido pela Sociedade Americana de Terapeutas Manuais (ASHT) que prevê o avaliado em uma posição sentada e com o cotovelo a 90° de flexão executando em um único esforço máximo. Tal posição é diferente do verificado durante o movimento da Escover o que pode ter mascarado os resultados, já que, aparentemente, as duas tarefas exigem habilidades diferentes para a execução.

Outro fator que deve ser observado é a influência da posição do corpo e das articulações do ombro, cotovelo e punho sobre a força de preensão da manual (FIGUEIREDO et al., 2007) durante a Escover. Chwen-Yng Su et al. (1994) em estudo envolvendo testes de força de mão com o ombro em diferentes posições concluíram que a média mais alta da força de preensão foi registrada quando o ombro foi posicionado a 180° de flexão com o cotovelo em extensão completa. A posição de 90° de flexão do cotovelo, com o ombro em 0° de flexão teve o mais baixo escore de força de preensão. Os resultados foram similares aos estudos de Kuzala e Vargo (1992) e Oxford (2000).

Levando em consideração a aplicação e associação da capacidade de força muscular num contexto funcional, um estudo com 5 escaladores experientes realizando vários movimentos de subida verificou que todos os sinais de EMGs durante a escalada excederam os EMG de músculos envolvidos na força de preensão manual (WATTS et al., 2008). Os autores concluiram que a dinamometria manual não teve especificidade com a escalada real.

Esse raciocínio talvez se aplique para as variáveis cinemáticas da Escover em relação aos valores das variáveis de força analisadas no teste de FPM contínuo de 60s. Os indivíduos realizaram a Escover de 5m num tempo médio de 15,16±3,69 segundos já o protocolo de FPM utilizado foi feito com 60 segundos de preensão o que induz a supor que a tarefa Escover de 5m não tenha exigido um esforço suficiente para expressar uma associação com as variáveis de força analisadas.

Por fim, para a análise da Escover, o protocolo do teste de FPM na posição sentada, a avaliação da força de preensão somente da mão dominante e a falta de regulagem do equipamento EMG Sistema Transdutor Manual do Brasil para tamanhos variados de mãos, constituíram-se em variáveis intervenientes que devem ser controladas a fim de permitirem a validade e confiabilidade dos resultados.

CONCLUSÃO

O exame qualitativo preliminar do movimento de Escover feito através dos procedimentos da Análise de Decomposição em Etapas (ADE) permitiu preparar esta tarefa motora para a realização de análises de maior profundidade. A Escover foi então conceituada e detalhada tomando como base os conceitos de instante e duração. Tais medidas descritivas possibilitaram verificar que a Escover é um movimento cíclico que promove o deslocamento corporal vertical pela coordenação intersegmentar dos braços através da ação de preensão manual sucessivas em uma corda. Verificou-se que durante a Escover, os ângulos de flexão e extensão de cotovelo/ombros devem permitir tanto a produção de torque quanto a amplitude de movimento para a ascensão corporal.

A proposta de análise sistematizada do deslocamento corporal vertical com auxílio de corda pela ação exclusiva dos braços foi disponibilizada na literatura. Tal ferramenta servirá de base para outras propostas visando correções ou complementações técnicas. Um ponto a ser destacado é que a Escover se caracterizou como uma tarefa motora complexa e, por isso, para o sucesso na aprendizagem, deve ser seguido uma progressão pedagógica a fim de garantir a eficiência da tarefa. Nesse contexto, a análise dos fatores componentes do diagrama em blocos sugerido pode contribuir para direcionar o processo de ensino x aprendizagem da Escover, visando a eficiência do movimento.

A partir da análise da curva força x tempo de preensão manual contínua do teste de FPM e das variáveis cinemáticas avaliadas na Escover, pode ser verificado que, de maneira geral, para a amostra avaliada, os dados de Fmáx, Ffin, %F e impulso tiveram fraca correlação com o desempenho na Escover. Essa informação corrobora com o pensamento de Hogan (1991), que propõe que os testes baseados na força de esforço e os testes com base em tarefas de movimento do corpo pertencem a “habilidades independentes” e por isso apresentram fracas correlações. Assim, pode-se supor que a associação entre as variáveis da FPM e as cinemáticas da Escover dificilmente serão perfeitas. Características da amostra, como a composição do músculo, tipo de fibra, variação das medidas na estrutura dos ossos, músculos, tendões e ligamentos, o nível de aptidão e formação, saúde e estado

fisiológico do indivíduo no momento do teste e motivação psicológica, podem confundir os resultados.

Observaram-se desvantagens na medida da FPM com o protocolo do sujeito na posição sentada e cotovelo a 90° em relação às ações dinâmicas que ocorrem durante a Escover. As associações entre a FPM e as variáveis cinemáticas envolvidas na Escover foram, geralmente, fracas ou, no máximo, moderadas, o que corrobora com o fato de que as contrações estáticas raramente são necessárias ou influentes na realização de tarefas motoras dinâmicas. Ou seja, a Escover e o teste de FPM máximo contínuo pertencem a habilidades diferentes.

Esse raciocínio vai de encontro ao verificado no cronoposturograma, já que existe uma fase denominada transferência de pegada em que a suspensão corporal se dá pela ação de preensão de apenas uma das mãos. Difícil imaginar que indivíduos que não tenham uma boa capacidade de preensão manual possam vir a ter sucesso na Escover. O menor tempo de subida em 5m de corda, sem auxílio dos braços, parece ser mais bem associado com a distância média das braçadas, particularmente com a pegada com a mão direita na posição superior da corda. Isso pode ser devido ao efeito da mão dominante, fato não comprovado.

Apesar de uma série de limitações e tamanho reduzido do grupo, os objetivos do trabalho foram concluídos. Finalmente, de posse das análises e verificações abordadas, propõe-se que futuras investigações de FPM e variáveis da Escover sejam realizadas considerando os seguintes pontos:

- Estudo envolvendo o teste de FPM bilateral com contrações intermitentes e relações com as variáveis da Escover.

- Estudo de efeitos da fadiga muscular durante a Escover; e

- Estudo do efeito da utilização do diagrama em blocos da Escover na aprendizagem e eficiência do deslocamento corporal vertical com auxílio de corda.

REFERÊNCIAS

AMANDIO A.R. GERALDE; Angysnoelia R.M. de Oliveir; Rodrigo B. De Albuquerque; Joana M. De Carvalho; Paulo de Tarso V. Farinatti. A Força de preensão manual e boa preditora do desempenho funcional de idosos frágeis: um estudo correlacional múltiplo. *Rev Bras Med Esporte*. v. 14, n. 1, jan/fev, 2008.

AMARAL J. F., MANCINI M. JÚNIOR J. M. N. Comparison of three hand dynamometers in relation to the accuracy and precision of the measurements. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, v. 16, n. 3, p. 216-24, May/June, 2012.

ANAKWE RE, HUNTLEY JS, MCEACHAN JE. Grip strength and forearm circumference in a healthy population. *J Hand Surg Eur* v. 2007; 32:203-9.

ANITA M. CLERKE; JONATHAN P. CLERKE; ROGER D. ADAMS. Effects of Hand Shape on Maximal Isometric Grip Strength and its Reliability in Teenagers. *Journal of Hand Therapy*. Jan/Mar, 2005.

ANNE E. WIND, TIM TAKKEN, PAUL J. M. HELDERS, RAOUL H. H. ENGELBERT. Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults? *Eur J Pediatr* , 169:281–287, 2010.

ARAÚJO D. S. E ARAÚJO. C. G. Aptidão física, saúde e qualidade de vida relacionada à saúde em adultos. *Rev Bras Med Esporte*. v. 6, n. 5, set/out, 2000.

ARMSTRONG CA, OLDHAM JA. A comparison of dominant and non-dominant hand strengths. *J Hand Surg*. v. 24, n.4, p.421-415, 1999.

BARBOSA, AR, SOUZA, JMP, Lebrão, ML, Laurenti, R, Marucci, MFN. Functional limitations of Brazilian elderly by age and gender differences: data from SABE Survey. *Caderno de Saúde Pública*. v. 21, n. 4. 2005.

BASSEY EJ. Longitudinal changes in selected physical capabilities: muscle strength, flexibility and body size. *Age Ageing*. 27: 12-6, 1998.

BATISTA, L. A. *Introdução à descrição e análise de habilidades motoras.* LaBiCoM/IEFD/UERJ: Rio de Janeiro, 2000.

MARCO TULIO BAPTISTA, FÁBIO ALVES MACHADO, GLAUBER RIBEIRO PEREIRA, JURANDIR NADAL, LILIAM FERNANDES OLIVEIRA. Teste de força de preensão manual: estudo da fadiga mioelétrica do flexor radial do carpo e flexor superficial dos dedos. *Rev Bras Educ Fís Esporte,* São Paulo, v. 27, n. 3, p.345-53, Jul-Set; 2013

BOHANNON, R. W.; PEOLSSON, A.; MASSY-WESTROPP, N.; DESROSIERS, J.; BEAR-LEHMAN, J. Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy*. n. 92. p.11–15, 2006.

BORST SE. Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. *Age Ageing*; v. 33, n.6, p. 548-55, 2004.

BRYAN D. BURNSTEIN; RUSSELL J. STEELE, IAN SHRIER. Reliability of Fitness Tests Using Methods and Time Periods Common in Sport and Occupational Management. *Journal ofAthletie Training*, v. 46, n. 5, p. 505-513, 2011.

C HAGER-ROSS AND B ROSBLAD. Norms for grip strength in children aged 4–16 years. *Acta Peadiatr* 91: 617± 625. 2002.

CARLSON MJ, JAENEN SP. The development of a preselection physical fitness training program for Canadian Special Operations Regiment applicants. *J Strength Cond Res*. 2012; 26(Suppl 2):S2–S14. PubMed doi:10.1519/JSC.0b013e31825d7ff9.

CASTRO-PIÑERO J, ARTERO EG, ESPAÑA-ROMERO V, ORTEGA FB, SJÖSTRÖM M, SUNI J, RUIZ JR. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: A systematic review. Br *J Sports Med* 2009;12 [in press].

FÁBIO AUGUSTO CAPORRINO, FLÁVIO FALOPPA, JOÃO BAPTISTA GOMES DOS SANTOS, CIBELE RÉSSIO, FÁBIO HENRIQUE DO COUTO SOARES, LUÍS RENATO NAKACHIMA, NICOLAU GRANADO SEGRE. Estudo populacional da força de preensão palmar com dinamômetro Jamar®. Rev Bras Ortop _ Vol. 33, Nº 2 – Fevereiro, 1998.

CHRISTOPHER W. NICOLAY, ANNA L. WALKER. Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *International Journal of Industrial Ergonomics* 35 (2005) 605–618.

DE, S., SENGUPTA, P., MAITY, P., PAL, A., AND DHARA, P.C. Effect of Body Posture on Hand Grip Strength in Adult Bengalee Population. *Journal of Exercise Science Physiotherapy*, v.7, n.2:79-88, 2011.

DENNIS B. BRICKMAN. Ergonomic Studies of Grip Strength – Literature Review. Safety Brief. v.6. n.2. Triodyne Inc, Jun 1990.

DUANE V. KNUDSON, CRAIG S. MORRISON. *Análise qualitativa do movimento humano.* 1. ed. Rio de Janeiro: Manole Editora. 2011.

JONATHAN ACHE DIAS. *Características da força de preensão manual em judocas*: efeitos da postura e da dominância, implicações sobre o equilíbrio e simulação da técnica morote-seio-nage. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

DIAS J. A., OVANDO AC, KÜLKAMP W, JUNIOR NGB. Força de preensão palmar: métodos de avaliação e fatores que influenciam a medida. *Rev. Bras Cineantropom. Desempenho Hum*. 2010;12(3):209-16.

DIRETIZES DO ACSM PARA OS TESTES DE ESFORÇO E SUA PRESCRIÇÃO/AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE; tradução Dilza Balteiro Pereira de Campos. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2014.

DONSKOI, D. D., ZATSIORSKI, V. *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Habana: Pueblo y Educación, 1988.

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

EISINGER, GC, WITTELS, P, ENNE, R, ZEILINGER, M, RAUSH, W, HOLZL, T, DORNER, G, AND BACHL, N. Evidence-Based Job Analysis and Methodology to Determine Physical Requirements of Special Military Occupations. Chapter 6 in NATO RTG 019 Technical Report. Optimizing Operational Physical Fitness. Springfield, VA: National Technical Information Service, 2009.

ESPANA-ROMERO, V, ORTEGA, FB, VICENTE-RODRIGUEZ, G, ARTERO, EG, REY, JP, AND RUIZ, JR. Elbow position affects handgrip strength in adolescents: validity and reliability of Jamar, DynEx, and TKK dynamometers*. J Strength Cond Res* 24(1): 272–277, 2010

EV INNES. Handgrip strength testing: A review of the literature. *Australian Occupational Therapy Journal* (1999) 46, 120–140.

Erkol İnal E, Çarlı AB, Çanak S, Aksu O, Köroğlu BK, Savaş S. Effects of hyperthyroidism on hand grip strength and function. *J Rehabil Res Dev.* 2015;52(6):663-8.

FEDERICA SIBELLA, I. FROSIO, F. SCHENA, N.A. BORGHESE. 3D analysis of the body center of mass in rock climbing. *Human Movement Science* 26 (2007) 841–852.

FARIA IE, FARIA EW. Relationship of the anthropometric and physical characteristics of male junior gymnast to performance. *J Sports Med* 1989; 29: 369-78. Internet: http://europepmc.org/abstract/MED/2628635. Acesso em: 06 Fev 18.

FEDERICA SIBELLA, IURI FROSIO, N. ALBERTO BORGHESE, FEDERICO SCHENA. 3d Analysis of The Body Centre Of Mass in Rock Climbing. XXIV ISBS Symposium 2006, Salzburg – Austria.

FESS EE. Grip strength. In: Casanova JS, editor. Clinical assessment recommendations. 2nd ed. Chicago: American Society of Hand Therapists; 1992. p. 41–5.

FERNANDES, A. A. e MARINS, J. C. B. Teste de força de preensão manual: análise metodológica e dados normativos em atletas. Fisioterapia e Movimento. jul/set; 24(3). p. 567-78. Minas Gerais, 2011.

FERNANDES, L., BERTONCELLO, D., PINHEIRO, N., DRUMOND, L. Correlações entre força de preensão manual e variáveis antropométricas da mão de jovens adultos. *Fisioterapia e Pesquisa*, São Paulo, v.18, n.2, p. 151-6, abr/jun. 2011.

FIGUEIREDO I. M., SAMPAIO RF, MANCINI MC, NASCIMENTO MC. Ganhos funcionais e sua relação com os componentes de função em trabalhadores com lesão de mão. *Rev Bras Fisioter,* 10:421-7. 2006

FIGUEIREDO I.M., SAMPAIO R.F., MANCINI M.C., SILVA F.C.M., SOUZA M.A.P. Teste de força de preensão utilizando o dinamômetro *Jamar. Acta Fisiatr*, 14(2): 104 – 110. 2007.

FRANK H NETTER. *Atlas de anatomia humana*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

FREDERIKSEN, H, HJELMBORG, J, JAKOB MORTENSEN MCGUE M, VAUPEL J. W, CHRISTENSEN K. Age Trajectories of Grip Strength: Cross-sectional and Longitudinal Data Among 8, 342 Danes Aged 46 to 102. 2006.

FRY AC, CIROSLAN D, FRY MD, LEROUX CD, SCHILLING BK, CHIU LZ. Anthropometric and performance variables discriminating elite American junior men weightlifters. *J Strength Cond Res*. 2006;20(4):861-6.

GAERTNER PH, FIROR WB, EDOUARD LI. Physical inactivity among physicians. *Can Med Assoc J* 1991;144:1253-6.

GALE CR, MARTYN CN, COOPER C, SAYER AA. Grip strength, body composition, and mortality. *Int J Epidemiol*. 2006;36:228-35.

GALLAHUE, DAVID. Educação física desenvolmentista. *Revista cinergis*: Santa Crus do Sul, UNISC, v.1 pág 7-17 jan;jun, 2000.

GODOY, J. et al. Força de aperto de preensão palmar com o uso de dinamômetro Jamar: revisão de literatura. Efdeportes.com. Buenos Aires. 10:79, 2004.

GIOVANNA FIGUEIREDO NOVELLO, ANDREA JANZ MOREIRA, MARCOS TADEU T. PACHECO. A relação entre a força de preensão da mão com o rendimento na execução de flexão na barra fixa. 10° encontro latino americano de iniciação científica, 2006.

GIRARD O, MILLET GP. Physical determinants of tennis performance in competitive teenage players. *J Strength Cond Res.* 2009;23(6):1867-72.

GLENN C. TERRY; THOMAS M. CHOPP. Functional Anatomy of the Shoulder. *Journal of Athletic Training* 2000;35(3):248-255.

GUEDES DP. Atividade física, aptidão física e saúde. In: Carvalho T, Guedes DP, Silva JG (Org.). *Orientações básicas sobre atividade física e saúde para profissionais das áreas de educação e saúde*. Brasília: Ministério da Saúde e Ministério da Educação e do Desporto, 1996.

GUNTHER CM, BURGER A, RICKERT M, CRISPIN A, SCHULZ CU. Grip strength in healthy caucasian adults: reference values. *J Hand Surg Am*. 2008;33(4):558-65.

HABIBI E, KAZEMI M, DEHGHAN H, MAHAKI B, HASSANZADEH A. Hand grip and pinch strength: Effects of workload, hand dominance, age, and Body Mass Index. *Pak J Med Sci*; v. 29, n.1. Suppl:363-367, 2013.

KNUTZEN, KATHLEEN M.; HAMILL, JOSEPH. *Bases biomecânicas do movimento humano*. 3. ed. 2012.

KONIN, J. *Cinesiologia prática para fisioterapeutas*. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

J. G. HAY, J. G. REID. *As bases anatômicas e mecânicas do movimento humano.* Guanabara Koogan S. A. Rio de Janeiro, 1885.

JOHN R. BLACKWELL, KURT W. KORNATZ, EDWARD M. HEATH. Efect of grip span on maximal grip force and fatigue of flexor digitorum supercialis. *Applied Ergonomics* 30 (1999) 401-405.

HELEN C. ROBERTS, HAYLEY J. DENISON, HELEN J. MARTIN, HARNISH P. PATEL, HOLLY SYDDALL, CYRUS COOPER, AVAN AIHIE SAYER. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age and Ageing* 2011; 40: 423–429.

HEYWARD, V. H. *Avaliação física e prescrição de exercícios*: técnicas avançadas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

HO R.W., CHANG, S. V., WANG, C. W., HWANG, M. H. Grip and Key Pinch Strenght: Norms for 15 to 22 years-old Chinese students. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi,* 63 (1): 21-27, 2000. Internet: http://europepmc.org/abstract/med/10645047. Acesso em: 03 Fev 18.

HOGAN J. Structure of physical performance in occupational tasks. *J Appl Physiol* 1991; 76: 495-507

HOLVIALA JH, SALLINEN JM, KRAEMER WJ, ALEN MJ, HAKKINEN KK. Effects of strength training on muscle characteristics, functional capabilities, and balance in middleaged and older women. *J Strength Cond Res* 2006;20(2):336-44.

HUNT AP, ORR RM, BILLING DC. Developing physical capability standards that are predictive of success on Special Forces selection courses. *Mil Med*. 178(6):619–624, 2013.

IKEMOTO Y, DEMURA S, YAMAJI S, MINAMI M, NAKADA M, UCHIYAMA M. Force-time parameters during explosive isometric grip correlate with muscle power. *Sport Sci Health* 2007;2(2):64-70.

JOHANSSON, C. A., KENT, B. E., & SHEPARD, K. F. Relationship between verbal command volume and magnitude of muscle contraction. *Physical Therapy*, *63*, 1260–1265, 1983.

K. N. AN, E. Y. CHAO, W. P. COONEY, AND R. L. LINSCHEID. Forces in the Normal and Abnormal Hand. *J Orthop Res*, Vol. 3, No. 2, 1985.

KNAPIK, J, DANIELS, W, MURPHY, M, FITZGERALD, P, DREWS, F, AND VOGEL, J. Physiological factors in infantry operations. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 60: 233–238, 1990.

L. C. PEREIRA; J. PRESTES; G. MELO; L. NETO; S. FUNGHETTO; A. PIRES; G. BOFF; ALINE. ALVES; M. OLIVEIRA; KARNIKOWSKI. A influência da composição corporal na força em idosos brasileiros. *Rev Bras Med Esporte*, v. 21, n. 3, maio/jun, 2015.

LEE DUCK-CHUL, BRELLENTHIN ANGELIQUE G., THOMPSON PAUL D., SUI XUEMEI, LEE I-MIN, LAVIE CARL J. Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity - Progress in Cardiovascular Diseases (2017).

LESINSKI M, MUEHLBAUER T, BÜSCH D, GRANACHER U. Acute effects of postactivation potentiation on strength and speed performance in athletes. *Sportverletz Sportschaden.* 2013 Sep;27(3):147-55. Internet: http://europepmc.org/abstract/med/23629870. Acesso em: 05 Fev 18.

LUCKI NC, NICOLAY CW. Phenotypic plasticity and functional asymmetry in response to grip forces exerted by intercollegiate tennis players. *Am J Hum Biol*. 2007; 19(4):566-77.

LUNA-HEREDIA E, MARTÍN-PEÑA G, RUIZ-GALIANA, J. Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clin Nutr* 2005;24(2):250–258.

MARION R, NIEBUHR BR. Effect of warm-up prior to maximal grip contractions*. J Hand Ther*. 1992;5:143-6.

MATHIOWETZ V. Effects of three trials on grip and pinch strength measurements. *J Hand Ther*. 1990;3:195-8.

MATSUDO, S.M.M. et al. Nível de atividade física em crianças e adolescentes de diferentes regiões de desenvolvimento. *Revista da APEF*. Londrina, v.3, n.4,1998.

MCGARVEY SR, MORREY BF, ASKEW LJ, AN KN. Reliability of isometric strength testing: temporal factors and strength variation. *Clin Orthop Relat Res* 1984; 185(1): 301-305.

M. M. GONÇALVES. *Relação entre a força de preensão manual e a força muscular total absoluta e relativa em militares do Exército Brasileiro*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação *Stricto-Sensu* em Educação Física. URFR. Rio de Janeiro, 2016.

MITSIONIS G, PAKOS EE, STAFILAS KS, PASCHOS N, PAPAKOSTAS T, BERIS AE. Normative data on hand grip strength in a Greek adult population. *Int Orthop* 2009; 33(3): 713-717.

MOURA, P. M. L. *Estudo da força de preensão palmar em diferentes faixas etárias do desenvolvimento humano*. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde. UnB, Brasília, 2008.

MUJIKA I, RONNESTAD BR, MARTIN DT. Effects of Increased Muscle Strength and Muscle Mass on Endurance-Cycling Performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016 Apr;11(3):283-9

MUNRO, B. H. *Statistical methods for health care research*. 6 . ed. Philadelfhia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. 249 p.

MYERS DB, GRENNAN DM, PALMER DG. Hand grip function in patients with rheumatoid arthritis. *Arch Phys Med Rehabil*. v. 61, 8, p. 369-73, 1980. Internet: http://europepmc.org/abstract/med/7406675. Acesso em: 06 Fev 18.

NAOMI OIZUMI, SHIGERU TADANO, YOUICHI NARITA, NAOKI SUENAGA, NORIMASA IWASAKI, AND AKIO MINAMI, Numerical analysis of cooperative abduction muscle forces in a human shoulder joint. Shoulder Elbow Surg May/June 2006.

NAPIER, J. R. *Hands*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1993.

NEER, C.S II. *Cirurgia do Ombro*. Ed. Rio de Janeiro: Revinter, 1995.

NICOLA MASSY-WESTROPP; M. HEALTH; WAYNE RANKIN; MICHAEL AHERN; JEGAN KRISHNAN; TREVOR C. Hearn. Measuring Grip Strength inNormal Adults: Reference Ranges and a Comparison of Electronic and Hydraulic Instruments. *The Journal of Hand Surgery*, v. 29A, n. 3, May 2004.

NINDL, BC, ALVAR, BA, DUDLEY, JR, FAVRE, MW, MARTIN, GJ, SHARP, MA, WARR, BJ, STEPHENSON, MD, AND KRAEMER, WJ. Executive summary from the National Strength and Conditioning Association’s second Blue Ribbon Panel on military physical readiness: Military physical performance testing. *J Strength Cond Res* 29(11S): S216–S220, 2015.

NOVO JUNIOR, J. M. Teste de preensão isométrica da mão: metodologia e implicações fisiológicas. Campinas, 1998. 61f. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - Faculdade de Engenharia Elétrica e da Computação, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 1998.

OXFORD KL. Elbow positioning for maximum grip performance. *J Hand Ther*. 2000 Jan-Mar; 13: 33-6.

PALMITIER RA, AN KN, SCOTT SG, CHAO EY. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med.* 1991;11:402-13.

PEREIRA L. C., JONATO PRESTES, GISLANE FERREIRA MELO, LUIZ SINESIO SILVA NETO, SILVANA SCHWERZ FUNGHETTO, ALEXANDRE BARBOZA PIRES, GLAUCIA BOFF, ALINE TEIXEIRA ALVES, MARGO GOMES DE OLIVEIRA. A influência da composição corporal na força de homens idosos brasileiros. *Rev Bras Med Esporte* , v. 21, n. 3, maio/jun, 2015.

PEREIRA, H. M.; MENACHO, M. O.; TAKASHI, R. H.; CARDOSO, J. R. Força de preensão manual de atletas tenistas avaliada por diferentes recomendações de teste. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. v. 17, n. 3, maio/jun 2011.

PLOWMAN, S. A.; SMITH, D. L. *Fisiologia do exercício para saúde, aptidão e desempenho*. 2. ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2009.

RANTANEN T, HARRIS T, LEVEILLE SG, VISSER M, FOLEY D, MASAKI K, GURALNIK JM. Muscle strength and body mass index as long-term predictors of morality in initially healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;55: M168-173.

RANTANEN T, VOLPATO S, FERRUCCI L, HEIKKINEN E, FRIED LP, GURALNIK, JM. Handgrip strength and cause-specific and total mortality in older disabled women: exploring the mechanism. *J Am GeriatrSoc* 2003;51(5):636–641.

REBELATTO JR, CALVO JI, OREJUELA JR, PORTILLO JC. Influência de um programa de atividade física de longa duração sobre a força muscular manual e a flexibilidade corporal de mulheres idosas. *Rev Bras Fisioter* 2006;10:127-32.

ROSA, W. S. & JUNIOR, C. B. Comparação da força de preensão palmar em adolescentes com baixo peso e peso normal versus sobrepeso e obesidade em escola no município de São Paulo. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, São Paulo. v. 5. n. 27. p. 243-250. Maio/Junho. 2011.

S. P. FLANAGAN, P. M. VANDERBURGH , S. G. BORCHERS & C. D. KOHSTALL. Training College-Age Women to Perform the Pull-Up Exercise, Research Quarterly for Exercise and Sport, v. 74:1, n. 1 p. 52-59, 2003.

SAHLIN K. Metabolic factors in fatigue. *Sports Med.* 1992;13:99-107. https://doi.org/10.2165/00007256-199213020-00005.

SANTTILA, M, KEIJO, H, LAURA, K, AND HEIKKI, K. Changes in cardiovascular performance during an 8-week military basic training period combined with added endurance or strength training. *M*ilitary Medicine*, Volume 173, Issue 12, 1 December 2008, Pages 1173*–1179, https://doi.org/10.7205/MILMED.173.12.1173.

SHEPHARD RJ, BALADY G. Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation* 1999;99: 963-72.

SHIROMA EJ, SESSO HD, MOORTHY M V., BURING JE, LEE IM. Do moderate-intensity and vigorous-intensity physical activities reduce mortality rates to the same extent? *J Am Heart Assoc*. 2014;3:e000802-e000802.

SILVA, A. C. K. *Estudo biomecânico da preensão manual em atletas de diferentes modalidades esportivas*. Dissertação. (Mestrado em Ciências do Movimento Humano) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

SLOBODAN JARIC. MUSCLE STRENGTH Testing - Use of Normalisation for Body Size. Review article. *Sports med* 2002; 32 (10): 615-631.

SMITH T, SMITH S, MARTIN M, HENRY R, WEEKS S, BRYANT A. Grip Strength in Relation to Overall Strength and Functional Capacity in Very Old and Oldest Old Females. The Haworth Press Inc. 2006:63-78.

SMITH, L; WEISS, E; LEHMKUHL, L. *Cinesiologia Clínica de Brunnstrom*. 5.ed. São Paulo: Manole, 1997.

SPORRONG, H; PALMERUD, G; HERBERTS, P. Hand grip increases shoulder muscle activity. *Acta Orthopedic Scandinavian*, 67(5), p.485-490, 1996.

STUART MJ, MEGLAN DA, LUTZ GE, et al. Comparison of intersegmental tibiofemoral joint forces and muscle activity during various closed kinetic chain exercises. *Am J Sports Med*. 1996;24:792-9.

SUCHOMEL TJ, NIMPHIUS S, STONE MH. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Med*. 2016 Oct;46(10):1419-49.

SU C.Y., LIN J.H., CHENG K.F., SUNE V.T. Grip strength in different positions of elbow e shoulder. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994;75(7):812-5.

T. D. KOUKOUBIS, L. W. COOPER, R. R. GLISSON, A. V. SEABER, J. A. FEAGIN JR. An electromyographic study of arm muscles during climbing. Knee Surg, Sports Traumatol, *Arthroscopy* (1995) 3:121-124.

THE COOPER INSTITUTE FOR AEROBIC RESERCH. *Fitnessgram Test Administration Manual*. 2. ed. HumanKinetics, Champaign, IL, 1999.

TREDGETT MW, DAVIS TRC. Rapid repeat testing of grip strength for detection of faked hand weakness. *J Hand Surg [Br]* 2000; 25(4):372-375.

TROSSMAN PB, LI PW. The effect of the duration of intertrial rest periods on isometric grip strength performance in young adults. *OccupTher J Res*. 1989;9 (6): 362-78.

TUBIANA R. (1998). Movements of the fingers. *Medical Problems of Performing Artists*, 3:83-87.

TUBIANA R., CHAMAGNE, P. (1998). Functional anatomy of hand. *Medical Problems of Performing Artists*, 3:123-128.

VANDERBURGH, PM AND EDMONDS, T. The effect of experimental alterations in excess mass on pull-up performance in fit young men. *J Strength Cond* Res 11: 230–233, 1997.

WATANABE T, OWASHI K, KANAUCHI Y, MURA N, TAKAHARA M, OGINO T. The short-term reliability of grip strength measurement and the effects of posture and grip span. *J Hand Surg* 2004;30(3):603-609.

WATTS P. B., MARTIN DT, DURTSCHI S. Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *J Sports Sci* 11: 113- 117, 1993.

WATTS P. B., RANDALL L. JENSEN, EDWARD GANNON, RANDY KOBEINIA, JEREMY MAYNARD, JENNIFER SANSOM. Forearm EMG during rock climbing differs from EMG during handgrip dynamometry. Int J Exerc Sci 1(1): 4-13, 2008.

WISSEM DHAHBI, ANIS CHAOUACHI, JOHNNY PADULO, DAVID G. BEHM, AND KARIM CHAMARI. Five-Meter Rope-Climbing: A Commando-Specific Power Test of the Upper Limbs. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, 10, 509 -515. http://dx.doi.org/10.1123/ijspp.2014-0334.

SHUNSUKE YAMAJI, SHINICHI DEMURA, YOSHINORI NAGASAWA AND MASAKATSU NAKADA. The Influence of Different Target Values and Measurement Times on the Decreasing Force Curve during Sustained Static Gripping Work. *J Physiol Anthropol*, 25: 23–28, 2006.

YOUDAS, J., BUDACH, B., ELLERBUSCH, J., STRUCKY, C., WAIT, K., E HOLLMAN, J. (2010). Comparison of muscle-activation patterns during the conventional push-up and perfect push-up exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3352-3362. National Strength & Conditioning Association.

YOUNG, V. L., PIN, P., KRAEMER, B. A., GOULD, R. B., NEMERGUT, L., & PELLOWSKI, M. Fluctuation in grip and pinch strength among normal subjects. *Journal of Hand Surgery*, *14*A, 125–129, 1989.

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Pesquisa: associação da força de preensão manual com parâmetros cinemáticos da subida em corda.

ESCLARECIMENTO

Prezado Srº,

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, da pesquisa intitulada "ASSOCIAÇÃO DA FORÇA DE PREENSÃO MANUAL COM PARÂMETROS CINEMÁTICOS DA SUBIDA EM CORDA", conduzida pelo pesquisador do Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército e aluno do Programa de Pós-Graduação Em Ciências o Exercício e do Esporte da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Esta pesquisa tem por objetivo verificar se existe associação significativa entre o desempenho obtido no teste de FPM e o comportamento de variáveis biomecânicas na execução da habilidade motora específica "deslocamento corporal vertical com auxílio de corda" (Escover). As informações obtidas com a execução desta pesquisa auxiliarão a entender as características biomecânicas destas habilidades motoras e fazer intervenções em relação ao treinamento de militares para otimizar o movimento de ascenção vertical corporal ou o processo de triagem de pessoal.

Sua participação consistirá em:

- Apertar, por 60s, um dinamômetro digital, com sensores internos, para que possamos medir a quantidade de força que você é capaz de gerar com as mãos;
- Subir em uma balança digital para verificar sua massa corporal total;

Rúbrica do voluntário

Rúbrica da Pesquisador

- Ter a sua estatura medida por um estadiômetro de parede; e
- Realizar a subida de 5m em uma corda vertical no menor tempo possível sem auxílio dos membros inferiores.

Os instrumentos utilizados nesta pesquisa são seguros e como os riscos da pesquisa são muito baixos, não há danos previsíveis decorrentes da pesquisa, se acontecer, você tem assegurado o direito à indenização na forma da lei. Os desconfortos possíveis estão relacionados a fatores de logística, como, por exemplo, a espera pela vez de realização da entrevista e coleta de dados. Ao final da pesquisa você receberá um relatório contendo as medidas obtidas suas performances.

Todo o trabalho de coleta será realizado dentro das dependências do Centro de Capacitação Física do Exército, sem comprometimento de seu tempo de expediente de trabalho, por uma equipe treinada e acompanhada por profissional competente no assunto, que poderão esclarecer eventuais dúvidas a qualquer momento. Garantimos que a identidade e sua imagem não serão reveladas e que as informações obtidas serão tratadas como sigilosas, sendo, estas últimas, utilizadas, somente, para produção e divulgação de resultados científicos. O Srº pode se recusar a participar em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma.

O Srº não pagará qualquer tipo de taxa para cobrir custos da investigação, assim como, não receberão qualquer tipo de pagamento para participar, tendo em vista o caráter voluntário de participação acima descrito.

Caso Srº concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, impresso em duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável. Em caso de dúvida com respeito a qualquer aspecto relativo a esta pesquisa, o Srº poderá consultar a qualquer momento:

Pesquisador responsável: Antônio Márcio dos Santos Valente, Pesquisador do Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx). Av. Vice Presidente José Alencar, 1500, Aptp 2012/ Bloco 7, Jacarepaguá-Rj. telefone institucional (21) 2586-2243.

Rúbrica do voluntário

Rúbrica da Pesquisador

CONSENTIMENTO

Eu,_____,
declaro que me foi apresentado o projeto intitulado “ASSOCIAÇÃO DA FORÇA DE PREENSÃO MANUAL COM PARÂMETROS CINEMÁTICOS DA SUBIDA EM CORDA” que entendi os objetivos, riscos e benefícios da minha participação na pesquisa, tendo sido esclarecidas todas as dúvidas que eu apresentei. Diante das condições propostas, concordo participar da presente pesquisa. Autorizo que os dados resultantes de minha participação sejam utilizados para fins de investigação cientifica e divulgados em revistas e encontros científicos, ciente de que a qualquer momento, segundo minha vontade, posso retirar esta autorização. Declaro também que este consentimento se dá de forma voluntária, por livre e espontânea vontade, não tendo eu, ou meu dependente, recebido, ou ter-nos sido prometida, qualquer tipo de compensação, seja financeira ou de outra natureza qualquer, pelo ato. Para atestar meu consentimento assino, juntamente com o responsável pela pesquisa, este Termo de Consentimento Esclarecido, emitido em duas vias, uma das quais ficará em meu poder.

Rio de Janeiro, __de _____de 2017.

Rio de Janeiro, __de _____de 2017.

_____
Assinatura do voluntário

_____
Assinatura da pesquisador
Antônio Márcio dos S. Valente