

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Educação Física
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano

**A TREINABILIDADE DA FORÇA DE MENINOS ESCOLARES
PRÉ-PÚBERES E PÚBERES SUBMETIDOS A UM PROGRAMA DE
TREINAMENTO DE FORÇA**

Dissertação de Mestrado

Ronei Silveira Pinto

Porto Alegre, dezembro de 1998

RONEI SILVEIRA PINTO

**A TREINABILIDADE DA FORÇA DE MENINOS ESCOLARES
PRÉ-PÚBERES E PÚBERES SUBMETIDOS A UM PROGRAMA DE
TREINAMENTO DE FORÇA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano-EsEF/UFRGS, como requisito à obtenção do Grau de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientador: PROFA. DRA. FLÁVIA MEYER

Porto Alegre, dezembro de 1998

AGRADECIMENTOS

Encerrar uma tarefa difícil como esta de concluir uma dissertação de mestrado, exige paciência, determinação e, acima de tudo, muita vontade. Momentos de alegria, tristeza, desespero e satisfação fizeram parte dessa trajetória. Várias horas de sono e finais-de-semana gastos em frente do computador ou lendo, ausência temporária de contato com a família foram, ao final, recompensados por uma incrível sensação de dever cumprido. Várias pessoas fizeram parte desse episódio inédito, direta ou indiretamente, e com todas eu gostaria de dividir a alegria de ter concluído essa importante etapa da minha vida acadêmica e profissional.

À memória de meu Pai, que ensinou-me muito sobre a vida, principalmente a respeitar o próximo e a seguir sempre com determinação na busca dos objetivos traçados. Também à minha mãe, pelo carinho de sempre.

Ao Matheus e à Margaret, pela paciência e incentivo constante para o meu crescimento pessoal e profissional.

À UFRGS, por proporcionar-me condições de uma formação acadêmica qualificada.

À EsEF, por acolher-me e acreditar na minha capacidade profissional.

Ao LAPEX, pela cedência dos equipamentos para a realização dos testes.

À Escola de Engenharia da UFRGS e ao Prof. Dr. Milton Zaro, pela gentileza em possibilitar a utilização do Sistema de Aquisição de Dados (SAD).

Ao CNPq, por ter custeado parte dos gastos deste estudo.

Ao Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), pela oportunidade de realização dos exames laboratoriais.

À Profa. Dra. Flávia Meyer, pela confiança, incentivo e paciência na orientação deste trabalho.

Ao Prof. Ms. Jeferson Loss, pelo auxílio técnico fundamental para a realização dos testes.

Ao meu irmão Régis Pinto, pelo auxílio constante na área da informática.

Aos Professores Áureo Martinez, Andréa Fontoura e Fabiano Caiaffo, com quem tive o privilégio e prazer de trabalhar na execução de parte deste estudo.

Aos meninos da Escola Lomba do Pinheiro, que participaram de forma eficaz e determinada durante o período do estudo.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE GRÁFICOS 9	
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE ANEXOS.....	11
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR MÁXIMA	16
2.1.1. <i>Uma repetição máxima (1-RM)</i>	16
2.1.2. <i>Dinamometria isométrica em ângulos específicos</i>	16
2.1.3. <i>Isocinética</i>	19
2.1.4. <i>Dinamometria de mão (preensão manual)</i>	19
2.2. MECANISMOS ENVOLVIDOS NO AUMENTO DA FORÇA MUSCULAR	20
2.2.1. <i>A contribuição neural</i>	20
2.2.2. <i>O ajuste hipertrófico do músculo</i>	23
2.3. METODOLOGIA DO TREINO DE FORÇA	24
2.3.1. <i>Determinação da intensidade e do volume de treino</i>	24
2.3.2. <i>Especificidade do modelo de treino empregado</i>	27
2.4. A FORÇA MUSCULAR E SUA TREINABILIDADE NA CRIANÇA PRÉ- PÚBERE E PÚBERE	29
2.4.1. <i>A determinação da maturação biológica</i>	29
2.4.2. <i>Adaptações neurais e morfológicas ao treino de força</i>	31
2.4.3. <i>Riscos e benefícios do treino de força</i>	36
3. OBJETIVOS	39
4. MATERIAL E MÉTODOS	40
4.1. DELINEAMENTO.....	40
4.2. AMOSTRA	40
4.3. PROCEDIMENTOS	40
4.3.1. <i>Avaliação da força muscular</i>	41
4.3.1.1. <i>Dinâmica máxima (1-RM)</i>	41
4.3.1.2. <i>Dinâmica relativa</i>	41
4.3.1.3. <i>Estática máxima ou isométrica</i>	42
4.3.1.4. <i>Programa de treinamento de força</i>	44
4.3.1.5. <i>Análise estatística</i>	45
5. RESULTADOS	47
5.1. FORÇA MUSCULAR	47
5.1.1. <i>Força muscular dinâmica (1-RM)</i>	47
5.1.2. <i>Força dinâmica relativa</i>	51
5.1.3. <i>Força estática</i>	53
6. DISCUSSÃO	57

7. CONCLUSÃO	61
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
9. ANEXOS	69

RESUMO

A TREINABILIDADE DA FORÇA DE MENINOS ESCOLARES PRÉ-PÚBERES E PÚBERES SUBMETIDOS A UM PROGRAMA DE TREINAMENTO DE FORÇA

Ronei Silveira Pinto e Flávia Meyer

O treinamento de força é praticado por adultos e idosos que visam ao melhoramento do rendimento desportivo ou ao aprimoramento da aptidão física, sendo consensual, no meio científico, as adaptações musculares e ósseas proporcionadas por essa prática. No entanto, a treinabilidade da força em crianças é discutida, principalmente, em função das controvérsias existentes entre estudos, referentes às adaptações provocadas pelo treinamento em nível muscular, bem como sobre as diferenças existentes entre os estágios de maturação. Sendo assim, as crianças são treináveis em relação à força muscular? O objetivo deste estudo foi avaliar a treinabilidade das forças de flexão do cotovelo e extensão do joelho em meninos escolares pré-púberes e púberes submetidos a um programa de treinamento de força dinâmico e individualizado e compará-los com um grupo controle. O treinamento foi realizado 3 vezes por semana, durante 12 semanas, com 3 séries de 10-12 repetições, a uma intensidade de 60% a 85% do 1-RM. Também foi avaliada a especificidade do treinamento, comparando-se os ganhos obtidos nas forças dinâmica e estática dos membros superiores e inferiores. Os resultados indicaram que meninos pré-púberes e púberes submetidos ao treinamento apresentaram ganhos significativos na força muscular dinâmica (1-RM), tanto na flexão do cotovelo (88,9% e 44,4%, respectivamente) como na extensão do joelho (36,1% e 32,2%, respectivamente). O grau de treinabilidade da força, avaliado pelo ganho em quilogramas (Δ) ocorrido nesses exercícios, foi semelhante nos dois grupos maturacionais. No entanto o treinamento dinâmico não alterou a força muscular estática, pois não houve alteração significativa das forças de flexão do cotovelo e extensão do joelho em 90° e 130°. Estes dados confirmam o princípio da especificidade entre os métodos de treinamento e de avaliação da força muscular.

Palavras-chave: treinamento de força, força dinâmica, força estática, pré-púberes e púberes

ABSTRACT

THE STRENGTH TRAINABILITY IN PREPUBESCENT AND PUBESCENT SCHOOL BOYS SUBMITTED TO A STRENGTH TRAINING PROGRAM

Ronei Silveira Pinto and Flávia Meyer, Ph. D.

The strength training is practiced by adults and elderly individuals who aim at improving their sporting efficiency or physical fitness, being consensual, in the scientific area, the muscular and skeletal adaptations provided by its practice. However, the strength trainability in children is discussed, specially due to the controversies existing among some studies, regarding the adaptations provoked by muscular training, as well as the differences existing among the maturation stages. So, are children trainable with regard to muscular strength? The purpose of this study was to evaluate the trainability of the elbow flexion and knee extension

strengths in prepubescent and pubescent school boys submitted to an individualized, dynamic strength training program. The training was done 3 times a week during 12 weeks, with 3 sets of 10-12 repetitions at an intensity that ranged from 60% to 85% of the 1-RM. It was also evaluated the training specificity, being compared the gains obtained in the dynamic and static strengths of the upper and lower limbs. The results indicated that prepubescent and pubescent boys submitted to a training program presented significant gains in dynamic muscular strength (1-MR), both in the elbow flexion (88,9% e 44,4%) and in the knee extension (36,1% e 32,2%), and that the degree of strength trainability was similar in both maturational groups. The dynamic training, however, did not change the static muscular strength, because there is no significant change in the elbow flexion and knee extension strengths in 90° and 130°, what confirms the thesis of the specificity between the training and the evaluation method.

Key-words: strength training, dynamic strength, static strength, prepubescent and pubescent

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Alterações na distância do braço de força (d) para o bíceps braquial em 4 posições de flexão do cotovelo. O torque muscular máximo ocorre na maior distância do braço de alavanca (d_3).....18

Figura 2.2. Diagrama de comprimento- tensão para uma fibra muscular estimulada isometricamente, incluindo os estados extremos de encurtamento e estiramento da fibra.....18

Figura 4.1. Equipamento utilizado nos testes de força dinâmica (1-RM) e força estática da extensão do joelho.....41

Figura 4.2. Curva de força em um tempo de 10 segundos na flexão do cotovelo em 90°43

Figura 4.3. Picos de força em um intervalo de 3 segundos na extensão do joelho.....43

Figura 4.4. Célula de carga e condicionador de sinais utilizados nos testes de força estática máxima nos exercícios de flexão do cotovelo e extensão do joelho.....44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1. Ganho em kg no 1-RM da flexão do cotovelo dos grupos EXP e CON.....48

Gráfico 5.2. Ganho em kg no 1-RM da extensão do joelho dos grupos EXP e CON.....50

Gráfico 5.3. Ganho na força relativa da flexão do cotovelo nos grupos EXP e CON.....52

Gráfico 5.4. Ganho na força relativa da extensão do joelho nos grupos EXP e CON.....5

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1. Idade, peso e estatura dos participantes por grupo e nível maturacional (média \pm DP).....

Tabela 5.2. Diferença (Δ) do peso e da estatura dos grupos EXP e CON (média \pm DP).....46

Tabela 5.3. Resultados em kg do 1-RM da flexão do cotovelo dos grupos EXP e CON, nos pré-púberes (média \pm DP).....47

Tabela 5.4. Resultados em kg do 1-RM da flexão do cotovelo dos grupos EXP e CON, nos púberes (média \pm DP).....

Tabela 5.5. Resultados em kg do 1-RM da extensão do joelho dos grupos EXP e CON, nos pré-púberes (média \pm DP).....49

Tabela 5.6. Resultados em kg do 1-RM da extensão do joelho dos grupos EXP e CON, nos púberes (média \pm DP).....50

Tabela 5.7. Resultados da força relativa da flexão do cotovelo e extensão do joelho dos grupos EXP e CON, nos pré-púberes e púberes (média \pm DP)51

Tabela 5.8. Resultados em kg (média \pm DP) da flexão estática do cotovelo e extensão estática do joelho em 90° e 130° dos grupos EXP e CON, dos pré-púberes e púberes.....54

Tabela 5.9. Resultados em graus (média \pm DP) da variação angular da flexão estática do cotovelo nos pré-púberes e púberes, antes e após o treinamento, em 90 e 130°55

Tabela 5.10. Resultados em graus (média \pm DP) da variação angular da extensão estática do joelho, nos pré-púberes e púberes, antes e após o treinamento, em 90 e 130°55

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Valores individuais, média e DP da idade (anos), peso (kg) e altura (cm) os

meninos pré-púberes, grupo EXP, antes e após o treinamento.....	69
Anexo 2 - Valores individuais, média e DP da idade (anos), peso (kg) e altura (cm) dos meninos pré-púberes, grupo CON, antes e após o treinamento.....	69
Anexo 3 - Valores individuais, média e DP da idade (anos), peso (kg) e altura (cm) dos meninos púberes, grupo EXP, antes e após o treinamento.....	70
Anexo 4 - Valores individuais, média e DP da idade (anos), peso (kg) e altura (cm) dos meninos púberes, grupo CON, antes e após o treinamento.....	70
Anexo 5 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 90° do grupo EXP, nos pré-púberes.....	70
Anexo 6 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 90° do grupo CON, nos pré-púberes.....	71
Anexo 7 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 130° do grupo EXP, nos pré-púberes.....	71
Anexo 8 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 130° do grupo CON, nos pré-púberes.....	71
Anexo 9 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 90° do grupo EXP, nos púberes.....	72
Anexo 10 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 90° do grupo CON, nos púberes.....	72
Anexo 11 -Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 130° do grupo EXP, nos púbere.....	72
Anexo 12 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 130° do grupo CON, nos púberes.....	73
Anexo 13 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 90° do grupo EXP, nos pré-púberes.....	73
Anexo 14 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 90° do grupo CON, nos pré-púberes.....	73

Anexo 15 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 130° do grupo EXP, nos pré-púberes.....	74
Anexo 16 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 130° do grupo CON, nos pré-púberes.....	74
Anexo 17 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 90° do grupo EXP, nos púberes.....	74
Anexo 18 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 90° do grupo CON, nos púberes.....	75
Anexo 19 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 130° do grupo EXP, nos púberes.....	75
Anexo 20 - Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 130° do grupo CON, nos púberes.....	75
Anexo 21 - Termo de consentimento dos pais e/ ou responsável.....	76
Anexo 22 - Calibração da célula de carga.....	77

1. INTRODUÇÃO

Até a década de 50, os exercícios de força eram utilizados predominantemente por fisiculturistas, halterofilistas e alguns lutadores. Nessa época, eram considerados por atletas de outras modalidades como desnecessários, podendo inclusive causar problemas como retardo no crescimento em jovens, perda de flexibilidade e diminuição na velocidade dos gestos específicos de cada esporte. Posteriormente, nas décadas de 50 e 60, essa crença foi desfeita por evidências científicas que mostraram a ocorrência de adaptações fisiológicas importantes relacionadas ao desempenho desportivo (McArdle et al., 1992)

Atualmente, o treinamento para aumentar a força muscular é considerado importante não somente para melhorar o desempenho nas várias modalidades desportivas, mas também no controle de alguns problemas esqueléticos, articulares, cardiovasculares e na manutenção da capacidade funcional, sendo normalmente indicado para adultos. Segundo o Colégio Americano de Medicina do Esporte - ACSM (1998), a força é uma das principais variáveis determinantes da aptidão física.

A concepção equivocada de que o processo de adaptação do organismo da criança é igual ao do adulto quando submetido à atividade física perdurou por muitos anos e, de certa forma, foi determinante da escassez de estudos relacionados à fisiologia infantil, entre estes o treinamento de força.

A criança apresenta características fisiológicas específicas que se alteram com a idade e maturação. O metabolismo anaeróbico, a eficiência cardiovascular e a força, entre outros parâmetros físicos, adaptam-se progressivamente conforme o crescimento e apresentam características particulares em cada período maturacional (Weineck, 1991). O desenvolvimento e o treinamento da força na criança são, ainda, um assunto polêmico e controvertido, mas têm sido cada vez mais incluídos como objeto de estudo nos âmbitos acadêmico e científico. A força vem assumindo, gradativamente, associada às demais capacidades condicionantes, um papel importante na determinação da aptidão física e rendimento motor, seja nas atividades recreativas ou desportivas. Segundo Bührle (1985), citado por Carvalho (1996), o aprimoramento da força é o pressuposto determinante da melhora do rendimento em quase todos os esportes. Até mesmo na prevenção de lesões músculo-articulares pediátricas, ele vem sendo indicado (Fleck, 1996). As capacidades condicionantes resistência, velocidade e força formam, segundo Carvalho (1996), a base de sustentação da aptidão física, cada vez menos desenvolvida e precária no âmbito infantil.

Apesar dos indicativos favoráveis à inclusão do treinamento de força na rotina recreativa ou desportiva da criança e do adolescente, permanecem algumas dúvidas sobre a treinabilidade da força nos diferentes estágios de maturação. Crianças e jovens no período pré-pubertário e pubertário apresentam as mesmas condições e adaptam-se de maneira semelhante quando submetidos ao treino de força? Essas e outras questões relacionadas à treinabilidade da força infantil são ainda intensamente discutidas no cenário internacional e apresentam abordagens e explicações controvertidas.

Neste sentido, este estudo se propõe a investigar a treinabilidade da força em meninos pré-púberes e púberes submetidos ao treinamento e comparar as adaptações nas forças dinâmica e estática ocorridas em cada grupo maturacional.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Métodos de avaliação da força muscular máxima

2.1.1. O teste de uma repetição máxima (1-RM)

Apesar do surgimento de equipamentos computadorizados para a avaliação da força dinâmica máxima voluntária, muitos pesquisadores consideram o teste de uma repetição máxima, ou 1-RM, como um método eficaz para a avaliação da força máxima em determinado movimento (McArdle et al.1982). Esse teste consiste em executar, uma única vez, determinado movimento articular em toda a sua amplitude com a maior carga possível em velocidade constante, relativamente lenta (Knuttgen e Kraemer, 1987).

Segundo Fleck e Kraemer (1997), ações musculares próximas da força máxima voluntária parecem ser mais efetivas para a melhora da força e da potência muscular. A definição desse valor máximo torna-se então indispensável para a prescrição adequada da intensidade do treinamento, como também para o acompanhamento dos resultados obtidos.

As séries de exercícios realizadas em um programa de treinamento, bem como o número de repetições em cada exercício são estabelecidos a partir de determinados valores que correspondem a percentuais do valor máximo obtido no 1-RM e assim a intensidade dos exercícios torna-se adequada e uniformemente controlada.

2.1.2. Dinamometria isométrica em ângulos específicos

Como ocorre com todas as articulações do corpo, a força muscular exercida contra uma resistência externa modifica de acordo com a variação das alavancas ósseas. Em exercícios dinâmicos, têm-se variações amplas na mecânica óssea, levando à aplicação em magnitudes de força variáveis ao longo do movimento. Em situações estáticas, no entanto, num determinado ângulo, essas variações são insignificantes, podendo levar à manifestação da força máxima possível de ser desenvolvida naquela configuração angular (articular). Tem-se, nessas condições, uma contração do tipo isométrica.

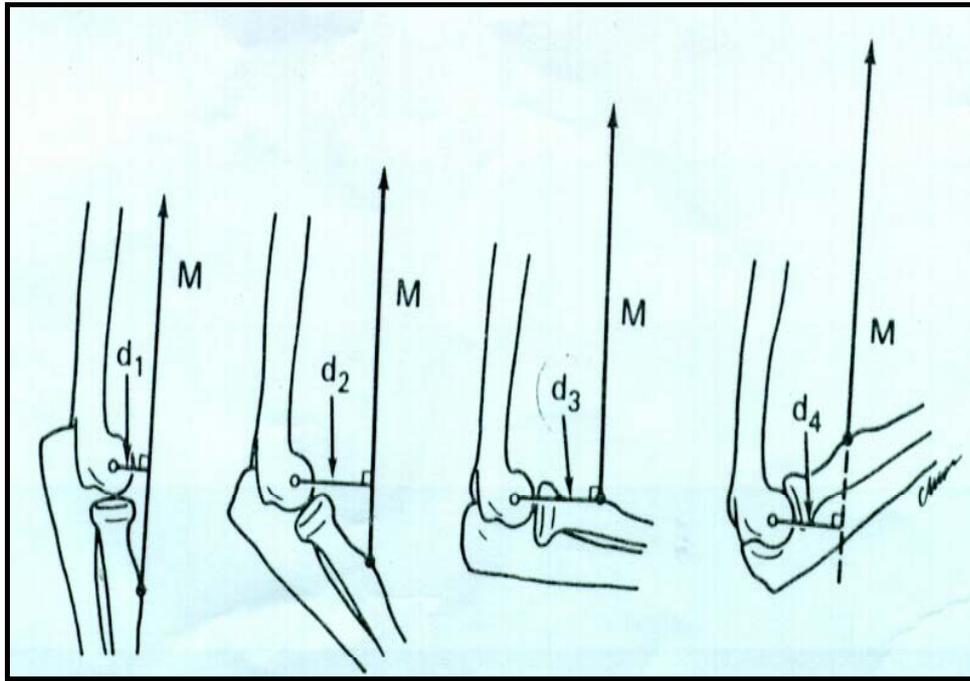


FIGURA 2.1. Alterações na distância do braço de força - d - para o bíceps braquial em 4 posições de flexão do cotovelo. O torque muscular máximo ocorre na maior distância do braço de alavanca - d_3 - (Lehmkuhl, L.D. e Smith, L.K. *Cinesiologia Clínica de Brunnstrom*, 4^a. ed, Ed. Manole, 1989, p. 67)

A força isométrica máxima voluntária pode ser medida indiretamente quando é realizado um esforço máximo contra uma resistência fixa sobre a alavanca óssea. A força produzida é geralmente medida por um transdutor de força (dinamômetro ou tensiômetro) e é expressa em quilogramas, libras ou newtons.

Além dos fatores mecânicos envolvidos em um esforço muscular máximo, fatores relacionados ao comprimento muscular interferem no resultado. Teoricamente, um músculo pode desenvolver maiores tensões em situações de alongamento (Lehmkuhl e Smith, 1989). Ramsey e Street (1940), citados por esses autores, realizaram um experimento envolvendo o músculo semitendinoso de rãs, isolado de suas inserções, e concluíram que as maiores tensões musculares foram registradas em posições de maior alongamento do músculo, quando esse foi estimulado em alta frequência para a obtenção de tensão máxima.

Além dos fatores mecânicos envolvidos em um esforço muscular máximo, fatores relacionados ao comprimento muscular interferem no resultado. Teoricamente, um músculo pode desenvolver maiores tensões em situações de alongamento (Lehmkuhl e Smith, 1989). Ramsey e Street (1940), citados por esses autores, realizaram um experimento envolvendo o músculo semitendinoso de rãs, isolado de suas inserções, e concluíram que as maiores

tensões musculares foram registradas em posições de maior alongamento do músculo, quando esse foi estimulado em alta freqüência para a obtenção de tensão máxima.

Além dos fatores mecânicos envolvidos em um esforço muscular máximo, fatores relacionados ao comprimento muscular interferem no resultado. Teoricamente, um músculo pode desenvolver maiores tensões em situações de alongamento (Lehmkuhl e Smith, 1989). Ramsey e Street (1940), citados por esses autores, realizaram um experimento envolvendo o músculo semitendinoso de rãs, isolado de suas inserções, e concluíram que as maiores tensões musculares foram registradas em posições de maior alongamento do músculo, quando esse foi estimulado em alta freqüência para a obtenção de tensão máxima.

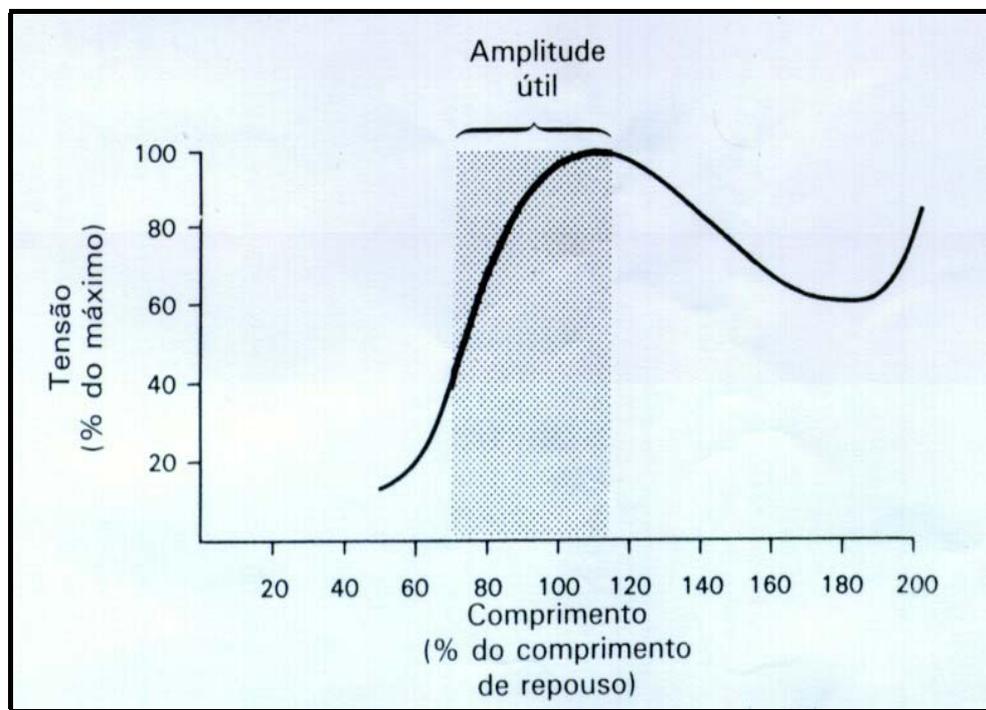


FIGURA 2.2. Diagrama de comprimento-tensão para uma fibra muscular estimulada isometricamente (Adaptado de Ramsey, R.W. e Street, S.F.: *Isometric length-tension diagram of isolated muscle fibers of frog. J. Cell Comp. Physiol.* 15:11, 1940)

Portanto, a integração dos fatores mecânicos articulares e o comprimento muscular determinam a intensidade de uma contração isométrica voluntária. Em grande parte dos movimentos articulares predomina o fator relacionado ao comprimento muscular, ou seja, a maior produção de força ocorre quando os músculos envolvidos no movimento encontram-se alongados. Em outros movimentos articulares, no entanto, como a flexão do cotovelo e a

extensão do joelho, parecem predominar os fatores mecânicos e a maior força ocorre próximo à metade da amplitude do movimento (Lehmkuhl e Smith, 1989). Estes padrões específicos predisõem à utilização funcional dos segmentos corporais superiores e inferiores, como, por exemplo, carregar objetos pesados e levantar-se de uma cadeira, respectivamente.

2.1.3. Isocinética

A evolução tecnológica dos microprocessadores possibilitou o surgimento de equipamentos mais sofisticados para a avaliação da força, oferecendo ainda a possibilidade de controle da velocidade e aceleração dos movimentos articulares em grande parte dos segmentos corporais.

O dinamômetro isocinético constitui um instrumento de alta precisão utilizado na mensuração da força máxima. Apresenta-se como um instrumento eletromecânico que controla a velocidade de movimento a ser aplicada por determinada força. Uma célula de carga acoplada ao dinamômetro monitoriza, continuamente e ao longo do movimento, o nível de força aplicado e transmite essa informação a um gravador que, conectado com um integrador eletrônico, registra a força média gerada em determinado período de tempo.

Segundo Fleck e Kraemer (1997), apesar da precisão na medida possibilitada pelos equipamentos isocinéticos, um grande problema constitui-se na falta de especificidade em relação à natureza da sua medida (isocinética) e a dos equipamentos disponíveis no mercado para a prática do treinamento de força, onde, na maioria das vezes, a resistência é constante ou variada ao longo do movimento. Alguns estudos apresentam, inclusive, diferenças significativas entre os ganhos de força mensurados através da avaliação isocinética e do 1-RM em indivíduos submetidos a programas de treinamento de força (Blimkie, 1989).

2.1.4. Dinamometria de mão (preensão manual)

A dinamometria constitui uma das formas mais utilizadas na avaliação da força máxima voluntária, independente de faixa etária, sexo e tamanho corporal, sendo a dinamometria de mão a mais simples e muito utilizada. A sua utilização é realizada em estudos que objetivam analisar o perfil da força muscular e também em relação às diversas fases de maturação biológica (Soares, 1981). No que se refere à prescrição do treinamento

de força, apresenta importantes limitações e fica restrita ao estabelecimento de índices de força máxima geral.

A falta de especificidade entre a natureza desse modelo de avaliação (isométrica) e a dos métodos de treinamento de força dinâmicos compromete a sensibilidade do teste em relação às alterações na força muscular (Blimkie, 1993).

A dinamometria de mão pode ainda ser utilizada na avaliação do estado nutricional, fornecendo informações valiosas sobre a capacidade funcional da musculatura esquelética. (Webb et al., 1989)

2.2. Mecanismos envolvidos no aumento da força muscular

A força muscular é a capacidade do músculo de vencer uma resistência ou opor-se a ela mediante a utilização de uma tensão específica. Do ponto de vista fisiológico, os fatores principais que interferem no seu desenvolvimento são os neuromusculares, os morfológicos, sobretudo relacionados à área de secção transversa muscular (ASTm) e os hormonais.

2.2.1. A contribuição neural

A contração dos músculos esqueléticos na realização de movimentos é obtida da integração de vários fatores, entre estes os anatômicos, os fisiológicos, os bioquímicos, os biomecânicos e os cardiovasculares, sendo determinante nesse funcionamento a gradação da tensão muscular coordenada pelo sistema nervoso central (SNC) nos chamados circuitos neurais de controle muscular.

Limitaremos nossa abordagem, neste momento, ao controle motor realizado pelo sistema neuromuscular.

Os movimentos corporais são realizados a partir da ação coordenada de vários músculos que apresentam possibilidades mecânicas de desenvolver tensão. Estes movimentos são realizados a partir de estímulos elétricos gerados em nível medular e transmitidos aos músculos através dos motoneurônios, que acionam seletivamente grupos de fibras musculares, as chamadas unidades motoras (UM). O recrutamento ordenado destas UM é um fenômeno complexo e resulta do ajuste de vários mecanismos fisiológicos.

As UM podem ser classificadas em lentas ou rápidas, conforme suas propriedades contráteis. As UM lentas ou unidades motoras de contração lenta são especializadas em

contrações prolongadas e velocidades relativamente baixas. São inervadas por pequenos motoneurônios, apresentam baixo limiar de excitação, baixas frequências de descarga e fibras musculares com grande capacidade de adaptação aos estímulos aeróbios. Por outro lado, as UM rápidas ou unidades motoras de contração rápida são especializadas em contrações breves de grande velocidade e altas taxas de desenvolvimento de força e potência. São inervadas por grandes motoneurônios e de alto limiar de excitação, axônios com alta velocidade de propagação dos estímulos elétricos e compostas por fibras musculares com grande poder de adaptação às atividades anaeróbias.

A maioria dos músculos apresenta um número variado de UM e de fibras musculares de contração lenta e rápida, com limiares de excitação variados. Este fato permite que a produção de força varie desde níveis muito baixos até a força máxima (Fleck e Kraemer, 1997). Cada UM, quando ativada, obedece a lei do “tudo ou nada”, ou seja, é ativada maximamente.

Segundo Sale (1988) o recrutamento ordenado das UM segue primeiramente o princípio de tamanho de Henneman, em que as UM inervadas por pequenos motoneurônios são recrutadas inicialmente. Sendo assim, quanto maior a demanda de força, um número maior de UM e de limiar mais elevado será recrutado.

Outro fator responsável pelo ajuste do padrão de força exercido pelo músculo é a frequência de ativação das UM. Quando a frequência de disparo de uma UM específica é aumentada, a somação dos estímulos elétricos aumenta a força por ela gerada.

O sincronismo entre as UM ativadas parece ser também responsável pelo padrão de força desenvolvido em nível muscular.

Os três mecanismos de ajuste neuromuscular acima citados, somados a maior inibição reflexa dos Órgãos Tendinosos de Golgi (OTG), parecem ser os responsáveis pelo ajuste nos níveis de força de um músculo ou grupo muscular (Fleck e Kraemer, 1997). Estes mecanismos parecem ser potencializados em indivíduos submetidos a programas de treinamento de força, especialmente na fase inicial de treinamento (Moritani, 1992 e Sale, 1992).

O treinamento de força, dessa forma, desenvolve adaptações importantes em nível de SNC e reflexo (espinhal) e na morfologia muscular, afetando significativamente a performance muscular (Sale, 1988).

A criança geralmente apresenta, em relação à morfologia muscular, uma composição de fibras de contração rápida e lenta semelhante a do adulto (Bell, 1980), e também não há

diferença entre os sexos em relação ao diâmetro das fibras musculares durante a infância (Brooke e Engel, 1969). Bell (1980) analisou um grupo de 13 crianças (7 meninas e 6 meninos) com média de idade de 6,4 anos no tocante à morfologia muscular. Através da biópsia do músculo vasto lateral da coxa, a distribuição dos tipos de fibras foi definida em 19,7% de fibras rápidas glicolíticas, 21,5% de fibras rápidas oxidativas e 58% de fibras lentas oxidativas. O estudo avaliou ainda a densidade mitocondrial (5,54%) e o volume lipídico intracelular (0,46%). Os valores médios apresentados em cada variável foram semelhantes aos de adultos normais. Essas semelhanças morfológicas estabelecem, para adultos e crianças, condições semelhantes com relação à treinabilidade do sistema neuromuscular, quando submetidos a um programa de treinamento de força.

No entanto, em função da imaturidade hormonal, a criança apresenta limitações importantes em relação à síntese protéica, sobretudo a pré-púbere (Fahey et al., 1979). A secreção de testosterona pelas gônadas é determinante para a síntese muscular e parece ocorrer em pequenas quantidades na criança, quer em situações normais ou após a realização de exercícios, inabilitando dessa forma o aumento transversal do músculo pelo estímulo de treinamento (Fleck e Kraemer, 1997 e Komi, 1996). Fahey et al. (1979), analisaram os níveis de testosterona sérica antes e após uma sessão de treinamento em um grupo de meninos pré-púberes e concluíram que nos quatro estágios iniciais desta fase maturacional, de acordo com o protocolo de Tanner, não ocorreram mudanças significativas na síntese deste hormônio. Já em crianças púberes, Fry et al. (1990), investigando meninos entre 14 e 18 anos de idade submetidos ao treino de força, concluíram que, somente após dois anos de exposição ao treinamento, a concentração de testosterona sérica aumenta significativamente após o término dos exercícios. Estes fatos, parecem conferir à criança um elevado grau de dificuldade para adaptar-se ao treinamento de força, aumentando o tamanho da área muscular treinada (hipertrofia).

Evidências científicas indicam que as adaptações neurais são responsáveis pela maior parte dos ganhos de força observados em crianças, principalmente os decorrentes de programas de treinamento com duração inferior a seis meses (Ramsay et al., 1990).

Apesar da dificuldade da criança em gerar hipertrofia muscular quando submetida ao treinamento de força, outras mudanças benéficas podem ocorrer nos tecidos muscular e ósseo, entre as quais a melhora da qualidade do tecido conjuntivo (Kraemer et al., 1989) e densidade óssea (Conroy et al., 1993 e Hejna et al., 1982). Estas adaptações, além de

auxiliarem no aumento da força, podem contribuir para a melhora do rendimento esportivo e para a prevenção de lesões.

2.2.2. O ajuste hipertrófico do músculo

A área de secção transversa muscular (ASTm) parece estar relacionada à capacidade do músculo de produzir força (McDonagh e Davies, 1984). Isto foi demonstrado em diferentes populações, onde a ASTm foi avaliada por ultra-sonografia e correlacionada com a força máxima isométrica (Ikai e Fukunaga, 1968 apud. Badillo e Ayestarán, 1988). Segundo Badillo e Ayestarán (1988), esta correlação é maior, principalmente em sujeitos destreinados ou que apresentam o mesmo padrão neuromuscular.

Portanto, a força máxima que pode ser gerada por um músculo esquelético depende de sua área transversa, bem como de sua coordenação neuromuscular.

A força muscular absoluta é normalmente usada para expressar a quantidade máxima de tensão que um músculo ou grupo muscular pode produzir. Quando relacionada ao peso corporal ou à área muscular, é denominada força muscular relativa e, da mesma forma, representa a possibilidade de força produzida por um segmento corporal ou área muscular específica (Blimkie, 1989). Nesse caso, a força muscular é, em média, de 16 a 40 Newtons por centímetro quadrado - N/cm^2 - (McDonagh e Davies, 1984) e segundo Lehmkuhl e Smith (1989), de 3 a 4 quilogramas por centímetro quadrado - kg/cm^2 - de secção transversa. Parece, ainda, ser semelhante em homens e mulheres nas diferentes idades (Ikai e Fukunaga, 1968 apud. Badillo e Ayestarán, 1988).

O treinamento de força desenvolve adaptações fisiológicas importantes em nível muscular. Além das adaptações metabólicas e hormonais, outras de ordem morfológica decorrentes do treinamento, proporcionam aos músculos melhores condições de suportar cargas mais elevadas e por um período de tempo maior.

Estímulos de treinamento de alta intensidade desencadeiam uma série de adaptações, principalmente nas fibras de contração rápida (FT ou tipo II). O mecanismo pelo qual ocorre o aumento da área muscular, sobretudo nestas fibras, definido como hipertrofia, não é ainda totalmente conhecido, mas parece ser resultante do aumento tanto do tamanho quanto do número das miofibrilas. O aumento do tamanho das miofibrilas pode ser devido, segundo MacDougall (1986), a um acréscimo de filamentos de actina e miosina na periferia das miofibrilas. Já o mecanismo pelo qual ocorre o aumento do número de miofibrilas é mais

complexo e menos conhecido. Parece que as miofibrilas, quando submetidas à sobrecarga contínua, aumentam em tamanho até um nível crítico, a partir do qual as microrrupturas causadas nas linhas Z originam duas novas miofibrilas com o mesmo comprimento de sarcômeros (Goldspink, 1970 apud. Badillo e Ayestarán, 1998). O aumento do número de miofibrilas parece contribuir em maior grau do que o aumento do seu tamanho para a hipertrofia muscular.

Ainda que se tenham dúvidas sobre o complexo mecanismo da hipertrofia muscular, sabe-se que esta evidencia-se pelas adaptações acima mencionadas. Por outro lado, especulações sem comprovação científica em seres humanos até o momento, propõem que a hipertrofia ocorra também por aumento do número de fibras musculares, processo este denominado hiperplasia. Tem-se, até o momento, confirmada a hiperplasia de fibras musculares após o treinamento de força apenas em animais (Gonyea, 1986).

Além das adaptações nas proteínas musculares provocadas pelo treinamento, ocorre também o aumento da densidade óssea, o fortalecimento do tecido conjuntivo (Stone, 1988) e adaptações na estrutura e funcionalidade dos tendões e ligamentos (Tipton, 1975). Essas adaptações morfo-funcionais condicionam o sistema músculo-esquelético a desenvolver maior tensão e suportar estímulos de treinamento mais fortes.

As adaptações hipertróficas musculares acontecem posteriormente aos ajustes neurais ocorridos nas primeiras semanas de treinamento (Moritani et al., 1979). Ocorrem, em média, após 5 semanas ou 15 sessões de treinamento (Hakkinen et al., 1985). A maioria dos estudos apresentados na literatura descrevem a ocorrência de aumentos significativos na área muscular somente após a décima semana de treinamento, atribuindo os ganhos iniciais de força às adaptações neurais. Segundo Sale (1992), os aumentos na área muscular variam de 20% à 40% e a magnitude destes ganhos depende da progressão adequada da carga de treinamento.

2.3. Metodologia do treino de força

2.3.1. Determinação da intensidade e do volume de treino

A intensidade pode ser considerada, provavelmente, a variável mais importante no treinamento de força e a magnitude dos ganhos obtidos depende do aumento da intensidade, tanto em termos absolutos quanto relativos. Segundo Badillo e Ayestarán (1988), a

intensidade determina o grau de esforço fisiológico percebido em um exercício e é caracterizada como o nível de tensão aplicado à sinergia muscular envolvida no movimento segmentar, podendo ser modulada pela carga de trabalho e pela velocidade de execução do movimento. A intensidade máxima absoluta é expressa pela carga utilizada em determinado exercício e a intensidade relativa, pelo percentual que esta carga representa em relação ao máximo do exercício.

Os ganhos obtidos com o treinamento de força dependem da manipulação adequada da intensidade e volume ao longo de um ciclo de treinamento. Modelos lineares e não-lineares utilizados na periodização de treinamento de força organizam estas variáveis dependendo dos objetivos do treinamento e das características do sujeito treinado e parecem ser superiores aos modelos de treinamento não periodizados (Fleck e Kraemer, 1997).

O volume de treinamento é, da mesma forma que a intensidade, uma importante variável do treinamento de força a ser controlada. Refere-se à quantidade total de trabalho realizada em uma sessão, uma semana, um mês ou qualquer outro período de treinamento (Fleck e Kraemer, 1997). É expresso pelo número de sessões semanais de treinamento, bem como pela duração das mesmas (número de séries e tempo). Segundo Badillo e Ayestarán (1998), a melhor forma de expressá-lo é pelo número de repetições realizadas em cada exercício por sessão ou período de treino, em que se controla o tempo de duração do estímulo ou carga de treinamento.

As adaptações neurais, morfológicas e na composição corporal observadas com o treinamento de força parecem estar diretamente relacionadas ao volume de treinamento. Volumes maiores de treinamento provocam uma redução mais expressiva no percentual de gordura e na massa corporal magra, além de resultarem em uma perda mais lenta dos ganhos de força após a interrupção do treinamento (Stone et al., 1982).

A prescrição da intensidade dos exercícios tem como parâmetro a força máxima voluntária ou uma repetição máxima (1-RM), que significa a máxima carga possível de ser movida em uma repetição completa de determinado movimento. A determinação desse valor máximo não somente padroniza a intensidade do treinamento, como também possibilita a adaptação simétrica dos músculos treinados, tanto dos membros superiores como dos inferiores. Para que se obtenham resultados importantes, a intensidade mínima que deve ser usada em um programa de treinamento de força é de 60 a 65% do 1-RM (McDonagh e Davies, 1984). Abaixo dessa intensidade, não ocorre aumento na força muscular máxima voluntária.

Teoricamente, diferentes grupos musculares (em diâmetro e comprimento) treinados no mesmo padrão de suas forças máximas, desenvolvem adaptações neurais, morfológicas e metabólicas semelhantes. No entanto, é importante salientar que o número máximo de repetições em determinado percentual do 1-RM será variável de um exercício para outro, podendo ocorrer, dessa forma, adaptações musculares diferenciadas. (Hoeger et. al., 1987).

Em crianças, segundo Faigenbaum (1998), a determinação do 1-RM e a escolha de um determinado percentual desse valor parecem não ser adequadas para a determinação da intensidade do treinamento. No seu estudo com 6 meninos e 7 meninas com idade média de 10,7 anos, foram avaliados os exercícios supino vertical e pressão de pernas a 50, 62 e 75% do 1-RM de cada exercício. Houve uma diferença significativa no número de repetições realizadas em cada exercício e em cada percentual. Menciona que quanto maior a sinergia muscular envolvida no movimento, maior é a possibilidade de repeti-lo um número maior de vezes. Sendo assim, em um mesmo percentual da força máxima voluntária, exercícios que envolvem grandes grupos musculares apresentam a possibilidade de um maior número de repetições quando comparados com exercícios que ativam pequenos grupos musculares. Faigenbaum (1998) sugere ainda que a prescrição da intensidade do treinamento de força para crianças tenha como referencial, além do valor percentual relativo à força máxima voluntária avaliada ou 1-RM, também o controle das repetições possíveis de se realizar em cada exercício. Uma vez controlado o número de repetições, a intensidade do exercício torna-se mais homogênea nos diferentes exercícios; e as alterações neurais, morfológicas e metabólicas ocorridas em nível muscular podem ser semelhantes.

Outro aspecto importante na periodização do treino de força, bem como nas adaptações por ele produzidas, refere-se à adequação do volume de treinamento. O volume adequado e suficiente para se obterem ganhos mais expressivos em relação à força e hipertrofia muscular ainda são muito discutidos, e os resultados de alguns estudos sobre o tema são controversos, sendo que a grande maioria foi realizada com adultos. Há uma tendência de aceitar-se que até mesmo volumes reduzidos de treinamento provocam aumentos significativos na força e área musculares, principalmente em indivíduos sedentários (Hass et al., 1998 e Pollock et al., 1998). Em atletas, estas evidências parecem não ser verdadeiras (Fleck e Kraemer, 1997).

Hass et al. (1998) compararam os efeitos de dois programas de treinamento de força sobre a força máxima voluntária (1-RM), utilizando volumes de treino diferentes (1 e 3 séries de cada exercício). Quarenta adultos com média de idade de 39,3 anos foram

treinados durante 13 semanas, em 3 sessões semanais, e executaram entre 8 e 12 repetições. Os valores referentes a 1-RM em cada um dos 5 exercícios treinados aumentaram em índices semelhantes nos dois programas de treinamento. Portanto, a realização de 1 ou 3 séries por sessão de treinamento semanal parece não afetar significativamente a evolução da força máxima voluntária de indivíduos sedentários.

No entanto, tais observações não foram ainda confirmadas em crianças submetidas ao treinamento de força.

2.3.2. Especificidade do modelo de treino empregado

O padrão de desenvolvimento da força depende da manipulação e do controle de duas importantes variáveis que definem a periodização do treinamento: a intensidade do estímulo (percentual da força máxima) e seu volume (número de repetições e séries realizadas por período de treinamento), bem como sua progressão e, principalmente, a natureza do mesmo.

A variação no volume e na intensidade de treinamento é extremamente importante na magnitude do aumento da força muscular (O'Bryant et al., 1988). O aumento da força é decorrente de ajustes neurais, como também da hipertrofia muscular, sendo totalmente dependente do modelo de treino ou periodização empregada (Weineck, 1991).

Outra variável determinante e não menos importante na periodização do treino de força é o período de descanso entre os exercícios e as sessões de treinamento. No que se refere às sessões de treinamento, 24 horas de repouso parecem ser adequadas para que o sistema músculo-esquelético adapte-se parcial ou totalmente ao estímulo de treinamento (Fleck e Kraemer, 1997), sendo isso um indicativo de que três sessões semanais é o recomendado em termos de adequação da periodização de treinamento.

Quanto à especificidade do treinamento e adequação entre o modelo de treino e o protocolo de avaliação da força empregados, torna-se fundamental a observância do tipo de ação muscular usado no treinamento, ou seja, se este é de natureza isométrica, de resistência invariável ou de resistência isocinética. Cada um desses apresentará adaptações específicas e diferenciadas sobre a força muscular, seja esta dinâmica ou isometricamente avaliada.

Alguns estudos analisaram o efeito do treinamento de força em pré-púberes e apresentaram este tipo de erro metodológico, ou seja, usaram protocolos de medida da força muscular inadequados ao tipo de treinamento realizado.

Em um dos primeiros estudos realizados em crianças e muito citado na literatura, Vrijens (1978) não encontrou alterações significativas ao analisar o efeito do treinamento de força dinâmico sobre a força isométrica dos flexores e extensores do joelho e cotovelo. Possivelmente os resultados foram insatisfatórios devido à não-especificidade dos testes.

No que se refere ao treinamento estático, a força isométrica máxima aumenta nos ângulos especificamente treinados (Knapik et al., 1983), sendo que podem ocorrer diferentes alterações na sua magnitude quando a natureza do treinamento for dinâmica. Vários autores têm demonstrado essa tendência, embora outros ângulos articulares não-treinados também possam apresentar um aumento da força máxima, porém mais modesto. Segundo Fleck e Kraemer (1997), no que tange aos flexores do cotovelo, ocorre uma transferência dos ganhos de força obtidos com o treinamento em determinado ângulo para os 20 graus acima ou abaixo desse ângulo específico. Ainda segundo os pesquisadores, a transferência das adaptações é reduzida quando o músculo é treinado em determinados ângulos em que se encontre em posição alongada. Admitem, citando Kanehisa e Miyashita (1983), também a possibilidade de o treinamento isométrico aumentar a força dinâmica máxima quando realizado em vários ângulos e na amplitude total de movimento da articulação.

O ganho de força ocorrido com o treinamento dinâmico ou isométrico depende da especificidade do teste. O protocolo de avaliação isométrico é mais indicado quando o treinamento for de natureza isométrica, sendo da mesma forma verdadeiro que o protocolo dinâmico é mais específico quando o treinamento for realizado dinamicamente.

Em relação à comparação entre o treinamento isométrico e o treinamento isocinético, no que se refere aos ganhos de força, o padrão da especificidade do teste também parece ser determinante.

Moffroid et al. (1969), citados por Fleck e Kraemer (1997), mostraram que o treinamento isocinético é superior ao treinamento isométrico quando observado o torque máximo isocinético. Treinando dois grupos, um isocineticamente e o outro isometricamente, observaram que o torque máximo isocinético na velocidade de 22 graus por segundo aumentou 11 e 3%, respectivamente. Dessa forma, a especificidade do teste é evidente nos aumentos de força, tanto para o treinamento isocinético como para o isométrico.

Já entre o treinamento de resistência dinâmica invariável (dinâmico) e o treinamento isocinético, parece não existir uma prevalência significativa e clara de um sobre o outro. Enquanto Thistle et al. (1967) e Moffroid et al. (1969) mostraram diferenças significativas entre os resultados dos treinamentos isocinético e dinâmico sobre as forças isocinética,

dinâmica e também isométrica, outros pesquisadores, como Davies (1977) e Lander et al. (1985), não observaram diferenças significativas no torque isocinético em várias velocidades, treinando isocineticamente e dinamicamente com resistência invariável. Em função das controvérsias existentes, outros autores, como Blimkie (1983) e Fleck e Kraemer (1997), sugerem que o tópico seja mais investigado para que se tenham definições mais conclusivas.

2.4. A força muscular e sua treinabilidade na criança pré-púbere e púbere

2.4.1. A determinação da maturação biológica

As diversas fases de crescimento de uma criança possibilitam condições diferenciadas para a manifestação e treinamento de algumas das variáveis que determinam a aptidão física. Quanto à treinabilidade da força muscular, essa parece ser mais evidenciada a partir do início da puberdade. O motivo principal é que, a partir desse período, os níveis séricos de testosterona, tanto em repouso como após a realização de exercícios, são significativamente maiores. Quanto mais avançado for o estágio de maturação, maior será o nível de testosterona sérica (Fahey et al., 1979).

No entanto, segundo Ramsay et al. (1990), crianças pré-púberes submetidas a um programa de treinamento de força aumentam a força às custas, principalmente de adaptações neurais, e estas alterações parecem não ter relação significativa com a síntese de testosterona. Apesar do nível de maturação e da regulação das taxas hormonais influenciarem o aumento da força muscular, esta pode ser também modificada por adaptações do sistema neuromuscular (Blimkie, 1989).

A classificação do estágio de maturação em que se encontra uma criança pode ser definida pela concentração de testosterona sérica, bem como pela identificação de alguns caracteres sexuais secundários (Tanner, 1978); por exemplo, no sexo masculino, a quantidade de pêlos pubianos e o tamanho da genitália (testículos e pênis).

Em virtude das diferenças nas taxas hormonais, crianças no período pubertário apresentam estatura, peso e massa muscular corporal diferenciados e, conseqüentemente, maiores índices de força muscular (Malina, 1991).

As variações hormonais são detectadas nas diferentes fases de crescimento da criança e dois hormônios são especialmente determinantes nos níveis de força muscular: a

testosterona e o hormônio do crescimento (GH). A testosterona é secretada nos testículos, ovários e supra-renais. Entre tantos papéis metabólicos que desempenha, em nível muscular provoca o aumento da síntese de proteínas e define, dessa forma, o tamanho muscular (Kraemer, 1988).

Os níveis séricos de testosterona aumentam após a realização de exercícios de força, e esse aumento parece ser proporcional à intensidade e ao volume do treino. Fahey et al. (1976) observaram que um programa de alta intensidade (5-RM) e baixo volume (1 exercício realizado em 5 séries) aumentou a concentração de testosterona sérica após a realização dos exercícios.

Weiss et al. (1983), da mesma forma, mostraram que em uma intensidade de 80% do 1-RM envolvendo 3 séries de 4 exercícios (baixo volume), os níveis séricos de testosterona aumentaram significativamente após as sessões de treinamento.

Fry et al. (1990) analisaram 28 meninos levantadores de peso de elite no estilo olímpico entre 14 e 18 anos de idade e concluíram que a concentração de testosterona sérica era significativamente maior naqueles que participavam dessa modalidade desportiva há mais de dois anos. Esses resultados confirmaram os de Hakkinen (1988).

É consenso na literatura internacional que, no treinamento, três fatores influenciam a síntese de testosterona: a intensidade, o volume do treinamento e o tamanho da musculatura envolvida no protocolo de exercícios. Portanto, o nível de força do sistema músculo-esquelético de meninos é determinada pelos níveis de testosterona sanguínea (Kraemer, 1988).

Na criança, a imaturidade hormonal, principalmente da testosterona, afeta substancialmente a função músculo-esquelética e varia de acordo com os estágios de maturação biológica. Fahey et al. (1979), analisando os cinco estágios de maturação propostos por Tanner (1978), identificaram que a concentração sérica de testosterona antes e após a realização de exercícios de força era diferente em cada um dos estágios, sendo que nos quatro iniciais era significativamente menor.

O hormônio do crescimento (GH), ou somatotropina, é secretado na hipófise anterior e exerce um papel importante no metabolismo muscular. Além de estimular a mobilização de ácidos graxos livres para a obtenção de energia (lipólise) e inibir o metabolismo dos carboidratos, também estimula a síntese protéica.

Assim como a testosterona, o aumento na concentração do GH sangüíneo parece ser dependente da intensidade e do volume do protocolo de exercícios realizado (VanHelder et al., 1984 e Lukaszewska et al., 1976).

VanHelder et al. (1984) demonstraram que, a uma intensidade de 28% de 7-RM, 7 séries de 21 repetições realizadas em 30 segundos no exercício pressão de pernas, a concentração do GH sangüíneo não se alterou. No entanto, quando a intensidade foi aumentada para 75 a 85% do 7-RM, houve aumento significativo na concentração sérica do GH. Parece que o nível de lactato sangüíneo e o déficit de oxigênio criado em exercícios de alta intensidade também são fatores relacionados a sua secreção. Lukaszewska et al. (1976) observaram que, em levantadores olímpicos treinados entre 75 e 85% do 1-RM, houve aumento da concentração sérica do GH.

O metabolismo do GH não foi ainda totalmente esclarecido em relação ao músculo, mas, apesar de poucos estudos, existem algumas evidências de sua influência no crescimento do tecido muscular (Kraemer, 1988).

2.4.2. Adaptações neurais e morfológicas ao treino de força

A principal discussão sobre o treinamento de força em criança é quanto à necessidade de ela treinar a força muscular e, principalmente, quanto aos efeitos do treinamento e a sua eficácia. Estes aspectos vêm sendo intensamente discutidos em algumas investigações envolvendo o tema.

Os primeiros estudos foram realizados na década de 70 e levantaram algumas questões duvidosas e polêmicas que, posteriormente foram esclarecidas. O principal estudo neste período foi realizado por Vrijens (1978), que treinando um grupo de crianças pré-púberes (média de idade de 10,5 anos) durante 8 semanas em exercícios dinâmicos (isotônicos) e utilizando os músculos dos braços e coxas, não encontrou alterações significativas nem na força muscular nem na área transversal dos músculos treinados. Estes resultados fizeram acreditar-se erroneamente e por vários anos, que pré-púberes não eram treináveis. Somente na puberdade poderiam obter-se ganhos em relação à força e tamanho muscular. O argumento principal para justificar os resultados encontrados era a imaturidade hormonal.

Alguns pesquisadores apontaram a falta de especificidade entre o tipo de treinamento e o protocolo de avaliação utilizado no estudo de Vrijens (1978), pelo fato do treinamento

ter baseado-se em exercícios de força realizados dinamicamente e as medidas da força terem sido realizadas isometricamente em vários ângulos. Da mesma forma, o programa de treinamento empregado foi considerado ineficiente e de intensidade inadequada para o aumento da força muscular.

Mais tarde, no final da década de 80, surgiram outros estudos contestando os resultados anteriormente mencionados. Em um dos primeiros estudos da década de 80, Nielsen et al.(1980) analisaram o efeito de um treinamento de força de natureza estática realizado no exercício de extensão do joelho em meninas pré-púberes (menores que 13,5 anos) e observaram, em relação ao grupo controle, um aumento significativo na força máxima isométrica do grupo muscular exercitado.

Clarke et al. (1984) enfocaram seus estudos sobre a treinabilidade da força muscular em 23 meninos entre 7 e 9 anos de idade, praticantes de luta de competição. Após três meses de treinamento intensivo envolvendo exercícios de alongamento, corrida e luta, os meninos aumentaram a força máxima no exercício pressão de pernas (17%) e a resistência de força no exercício flexão do cotovelo (43%); enquanto que os do grupo controle não apresentaram alterações significativas. O estudo apontou ainda, que o grupo treinado não apresentou alteração importante na composição corporal.

Servedio et al. (1985) avaliaram o efeito do treinamento de força em 6 pré-púberes com média de idade de 11,9 anos. Após 8 semanas de treinamento, o grupo experimental apresentou uma melhora significativa na força isocinética da flexão dos ombros, sem qualquer comprometimento dos parâmetros hemodinâmicos avaliados (pressão arterial e frequência cardíaca), como também da flexibilidade e percentual de gordura. O estudo concluiu, ainda, que os meninos adaptaram-se ao treinamento de maneira semelhante aos adultos, ou seja, a magnitude dos ganhos em força foram similares aos descritos em adultos.

Pfeifer e Francis (1986) avaliaram os efeitos de um programa isotônico de treinamento sobre a força isocinética máxima avaliada em dinamômetro isocinético da Cybex. Participaram do estudo 80 meninos, divididos em grupo experimental e controle e classificados, conforme Tanner (1978), em pré-púberes, púberes e pós-púberes. O grupo experimental treinou durante 9 semanas nos exercícios extensão e flexão de joelhos e cotovelos, executando séries de 12 repetições a 50, 75 e 100% de 10 repetições máximas (10-RM). As forças de flexão e extensão do cotovelo aumentaram em média 16,1% e 19,4 %, respectivamente; enquanto o aumento médio das forças de flexão e extensão do joelho foi de 12,3% e 26,4 %, respectivamente.

Sewall e Micheli (1986) avaliaram o efeito do treinamento dinâmico sobre a força isométrica de 18 meninos e meninas pré-púberes com idade entre 10 e 11 anos, divididos em grupo experimental (8 meninos e 2 meninas) e controle (7 meninos e 1 menina), estágios I e II de Tanner. O grupo experimental treinou durante 9 semanas, 3 vezes por semana, sendo realizadas 3 séries: a primeira com 10 repetições a 50% de 10 RM, a segunda com 10 repetições a 80% de 10 RM e a terceira com o máximo de repetições possíveis a 100% de 10 RM. A força isométrica na flexão e extensão do joelho e flexão e extensão dos ombros aumentou 42,9% no grupo experimental, enquanto o controle aumentou 9,5%. O grupo experimental aumentou a flexibilidade em 4,5%, enquanto o controle apresentou um aumento de 3,6%. O estudo concluiu que tanto os meninos como as meninas pré-púberes aumentaram a força muscular, sem comprometimento da flexibilidade. É importante salientar que a participação das meninas neste estudo foi pequena: 2 no grupo experimental e 1 no controle. Outro aspecto curioso e interessante no estudo foi o fato de que a força foi avaliada isometricamente, enquanto o treinamento foi realizado isotonicamente em equipamentos de resistência variada. Mesmo com a marcada falta de especificidade entre a avaliação e o modelo de treinamento caracterizada neste estudo, os resultados foram satisfatórios.

Weltman et al. (1986), com uma metodologia bem estruturada, examinaram em pré-púberes o efeito de treinamento de força realizado em equipamentos de resistência hidráulica sobre a força isocinética avaliada concentricamente. Participaram 26 meninos pré-púberes com idade média de 8,2 anos, divididos em grupo experimental (n=16) e controle (n=10). Os meninos foram avaliados no equipamento isocinético da marca KinCom, nas velocidades 30 e 90 graus por segundo, nos exercícios flexão e extensão do joelho e cotovelo. O grupo experimental treinou durante 14 semanas, em 3 sessões por semana de 45 minutos cada, executando somente a fase concêntrica dos movimentos em equipamentos de resistência hidráulica (a fase excêntrica em cada movimento não foi executada). O grupo controle participou de atividades desportivas. O treinamento de força resultou em um aumento da força isocinética nos exercícios testados entre 18,5% e 36,6%. Os demais parâmetros avaliados resultaram num aumento de: impulsão vertical; 10,4%; flexibilidade, 8,4%; consumo máximo de oxigênio absoluto, 19,4%; e relativo; 13,8%. O estudo concluiu que o aumento da força ocorreu devido a adaptações neuromusculares, sem aumento significativo da secção transversal dos músculos treinados, avaliados pela tomografia. Apesar da especificidade entre o protocolo de avaliação

(isocinético/concêntrico) ter sido atendida, a aplicação dos resultados é questionada e de pouca aplicabilidade, visto que a natureza das contrações musculares (isocinética/concêntrica) é incomum na prática das modalidades desportivas e atividades de vida diária, bem como na grande maioria dos equipamentos utilizados no treinamento de força disponíveis no mercado.

Sailors e Berg (1987) treinaram um grupo de 11 meninos com média de idade de 12,6 anos e 9 colegas adultos com média de idade de 24 anos, utilizando os exercícios agachamento, supino e flexão do cotovelo com peso livre. O treinamento consistiu em 3 séries, sendo a primeira a 65% do 5-RM, a segunda a 80% do 5-RM e a terceira a 100% do 5-RM, durante um período de 8 semanas. Os resultados apontaram um ganho significativo na força dos meninos púberes, e confirmando as proposições de Servedio et al. (1985), semelhante ao ganho apresentado pelos adultos.

Blimkie et al. (1988) treinaram 30 meninos pré-púberes entre 9 e 11 anos de idade, durante 20 semanas, sendo realizados 6 exercícios a uma intensidade entre 75% e 85% do 1-RM. Observaram um ganho significativo na força muscular, sem alterações importantes na área muscular, avaliada por tomografia.

Outro estudo relacionado ao treinamento de força de meninos e meninas pré-púberes foi o de Siegel et al. (1989). Treinando os membros superiores em exercícios como arremessos de bolas, suspensões em barra, entre outros, não observaram em ambos os sexos alterações significativas na força isométrica dos flexores e extensores do cotovelo, nem na dinamometria de mão. A metodologia do treinamento utilizada nesse estudo é contestada por vários pesquisadores em função dos estímulos de treinamento terem sido de natureza muito variada e sem possibilidade de controle e da progressão inadequada da sua intensidade. Interessante também foi o fato de os autores proporem a investigação da influência do treinamento de força dinâmico em pré-púberes avaliando somente a força isométrica. Como em outros estudos citados anteriormente, houve falta de especificidade entre o modelo de treino e o protocolo de avaliação utilizados.

Um estudo muito referido na literatura envolvendo meninos pré-púberes (Tanner I) é o de Ramsay et al. (1990), que analisaram o efeito de 20 semanas de treinamento dinâmico, sob a forma de resistência variada, sobre as forças máximas isométrica, isocinética e de 1-RM nos exercícios supino, pressão de pernas, flexão do cotovelo e extensão do joelho. Os meninos (13 do grupo experimental e 13 do grupo controle), com idade entre 9 e 11 anos, treinaram 3 vezes por semana em duas intensidades: as primeiras 10 semanas com 5 séries

de 10 a 12 repetições entre 70 e 75% do 1-RM e as 10 semanas seguintes com 5 séries se 5 a 7 repetições entre 80 e 85% do 1-RM. Os resultados apresentaram um aumento significativo no 1-RM do supino (35%), da pressão de pernas (22%), na força isométrica da flexão do cotovelo (37%) e do joelho (25%) e na força isocinética da flexão do cotovelo (26%) e extensão do joelho (21%). Não foi observado, através da tomografia computadorizada, aumento significativo da secção transversa dos músculos. Concluíram que o aumento da força foi consequência de adaptações neuromusculares. Um achado interessante foi a semelhança entre os aumentos nas forças isométrica e dinâmica, apesar de os estímulos de treinamento terem sido essencialmente dinâmicos. Esses resultados contrariam estudos anteriores quanto à especificidade do treinamento. No entanto, a manutenção da secção transversa muscular parece consistente (Weltman,1986 e Blimkie ,1988).

Ozmun et. al. (1991) observaram, através da eletromiografia de amplitude integrada (IEMG), o efeito de 8 semanas de treinamento de força em 8 meninos e 8 meninas pré-púberes, com idade média de 10,3 anos, sobre a forças máximas isotônica (1-RM) e isocinética (velocidade de 90 graus por segundo). Observaram um aumento de 22% na força isotônica e de 27% na força isocinética, sendo a amplitude do IEMG aumentada em 16%. Segundo os autores, esses resultados foram consequência de adaptações neuromusculares demonstradas no IEMG.

Apesar de a maioria dos estudos ser realizada em meninos pré-púberes, parece ser consenso na literatura internacional que as meninas, igualmente, aumentam a força muscular quando treinadas, e esse aumento decorre de adaptações neuromusculares. Também como os meninos, as meninas apresentam limitações importantes em relação à hipertrofia muscular. Em um dos poucos estudos envolvendo somente meninas, Pohlman e Isaacs (1998) investigaram o efeito de 12 semanas de treinamento de força em 9 pré-púberes de 7 a 11 anos de idade. O treinamento foi realizado 3 vezes por semana nos exercícios extensão do joelho e pressão de pernas utilizando peso livre. A intensidade do treinamento variou progressivamente de 50% a 70 % do 1-RM. Os resultados mostraram um aumento significativo da força concêntrica isocinética nas velocidades 90 e 180 graus por segundo, sem aumento na força isométrica. Também nesse estudo, pode-se observar a falta de especificidade entre a natureza do treinamento e o protocolo de avaliação da força empregados.

2.4.3. Riscos e benefícios do treino de força

Embora não se tenham explicações conclusivas sobre as alterações morfológicas e funcionais em crianças submetidas a programas sistemáticos de atividade física, sobretudo nas estruturas articulares e ósseas, um grande número de informações vem sendo acumulado com relação ao assunto e especialmente ao treinamento de força.

Parece ser consenso na literatura, que a criança, tanto pré-púbere como púbere, apresenta ganhos expressivos na força quando treinada (Faigenbaum, 1983; Pfeifer e Francis, 1986; Weltman et al., 1986; Sailors e Berg, 1987; Blimkie, 1988 e 1989 ;Kraemer et al., 1989; Sale, 1989; Ramsay et al., 1990; Ozmun et al., 1991, entre outros). No entanto, a discussão no meio científico é sobre a necessidade da criança ser submetida ao treino de força e, sobretudo, sobre os riscos de lesões associadas ao treinamento. Os tecidos mais suscetíveis à lesão parecem ser, além do muscular, o ósseo, o cartilaginoso e o ligamentar. Um número reduzido de estudos envolvendo crianças menciona a incidência de lesões em alguns desses tecidos.

O treinamento de força bem supervisionado em crianças não parece trazer riscos. Rians et al. (1987) analisaram a segurança e os efeitos de um programa de treinamento de força durante 14 semanas em um grupo de 18 meninos pré-púberes com idade média de 8,3 anos. Os meninos foram treinados em equipamentos de resistência hidráulica, onde realizaram somente a fase concêntrica do movimento, e apresentaram ganhos significativos na força muscular: flexão do cotovelo, 32,8%; extensão do cotovelo, 25,3%; flexão do joelho, 22,3%; e extensão do joelho, 21,6%. Não foi encontrado qualquer sinal de comprometimento morfológico no osso, ligamento e músculo; e a flexibilidade do grupo treinado aumentou 8,4%.

Os estímulos de compressão óssea ocorridos no treinamento de força parecem ser positivos para a formação e reabsorção óssea e podem levar a uma melhora da densidade óssea. Da mesma forma, estímulos adequados de compressão articular podem ser benéficos às estruturas articulares, sobretudo às cartilagens articulares e ligamentos (Sullivan e Grana, 1988). Em crianças, o treinamento de força pode diminuir a incidência de lesões e fraturas (Hejna et al., 1982). Conroy et al. (1993) avaliaram um grupo de jovens atletas de levantamento olímpico e concluíram que eles apresentavam um índice de massa óssea maior do que o de jovens que não praticavam esse esporte. Por outro lado, quando a intensidade é muito elevada, os riscos de fratura são evidentes. Lesões epifisárias foram registradas nos estudos de Grumbs et al. (1982), Rowe (1979) e Ryan e Saliccioli (1976) em crianças

púberes submetidas ao treino de intensidade elevada. A incidência de lesões foi maior nos exercícios em que as cargas foram elevadas acima da cabeça e próximas do valor máximo suportado. Grumbs et al. (1982) observaram uma correlação significativa entre o número de lesões epifisárias em alguns ossos longos de crianças e adolescentes praticantes do esporte levantamento de pesos. Esses resultados provavelmente foram consequência da sobrecarga demasiada sobre os ossos. Segundo Blimkie (1993), a maior incidência de lesões ocorre entre os 12 e 14 anos de idade, fase que precede o estirão do crescimento. Weltmann (1989) atribui a incidência de lesões epifisárias em crianças ao fato de o treinamento ser contínuo (crônico) e de alta intensidade, e ao uso de técnicas e equipamentos inapropriados. Controladas essas particularidades, o treinamento pode ser benéfico do ponto de vista muscular e ósseo. Rians et al. (1987) treinaram um grupo de 18 meninos pré-púberes nos exercícios flexão e extensão do cotovelo e joelho e não observaram alterações adversas na morfologia muscular, óssea e ligamentar.

Outro aspecto importante é a relação do treinamento de força com a flexibilidade. Sewall e Michelli (1986) avaliaram a flexibilidade de jovens submetidos a um programa de treinamento de força e não verificaram qualquer comprometimento da mesma. Da mesma forma, Weltmann et al. (1986) avaliaram a flexibilidade através do teste “sentar e alcançar” de um grupo de jovens que treinou durante 14 semanas e observaram que o grupo experimental aumentou a flexibilidade em 8,4% e o grupo controle diminuiu 12%. Rians et al. (1987), encontraram resultados semelhantes treinando um grupo de 18 pré-púberes. Sendo assim, não existem indícios que sustentem a idéia de que o treinamento de força realizado em crianças possa comprometer a flexibilidade.

Apesar dos riscos que o treinamento de força apresenta para a criança, principalmente em virtude da sobrecarga de treinamento, ela pode beneficiar-se prevenindo lesões músculo-esqueléticas e melhorando o rendimento esportivo. No entanto, torna-se indispensável o controle de alguns aspectos, entre os quais a avaliação preliminar da saúde, a prescrição individualizada e intensidade adequada dos exercícios.

Segundo a *American Academy of Pediatrics* (1990) e o *American College of Sports Medicine* (1995), o treinamento de força, quando prescrito corretamente e supervisionado por especialistas, é indicado como efetivo para crianças. Essas organizações ressaltam a sua importância por proporcionar um aumento na força e resistência muscular localizada, diminuir a incidência de lesões nas atividades esportivas e recreativas, melhorar o desempenho esportivo e aumentar o tempo de esforço sem o aparecimento de fadiga

muscular. Tais considerações reforçam a possibilidade de indicação do treinamento de força para crianças.

3 .OBJETIVOS

O objetivo principal do estudo foi avaliar a treinabilidade das forças de flexão do cotovelo e extensão do joelho em meninos escolares pré-púberes e púberes submetidos a um programa de treinamento de força dinâmico e individualizado.

Como objetivos secundários, foram comparadas as treinabilidades dos membros superiores e inferiores e, através da comparação entre os ganhos nas forças dinâmica e estática, foi avaliada a especificidade entre o tipo de treinamento e o modelo de avaliação da força empregados.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Delineamento

O estudo caracterizou-se como quase-experimental, e cada menino foi treinado durante um período de 12 semanas e comparado com um grupo controle.

4.2. Amostra

Foram selecionados, intencionalmente, 20 meninos de uma escola da rede municipal de Porto Alegre, no bairro Lomba do Pinheiro.

Os pais e/ou responsáveis pelos meninos foram informados sobre os objetivos e características do estudo e assinaram termo de ciência e consentimento para que seus filhos participassem do mesmo (anexo 21). Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA).

Após parear os meninos pelo grau de maturação de Tanner (1978) em pré-púberes e púberes, eles foram aleatoriamente divididos em grupo experimental (EXP) e grupo controle (CON). No grupo CON, 2 meninos foram desligados do estudo por problemas de saúde não relacionados ao treinamento, e 2 desistiram sem motivo definido.

A classificação sócioeconômica da amostra encontrava-se em baixo-superior, conforme Alvarez et al. (1982).

4.3. Procedimentos

Os meninos estavam isentos de qualquer doença aguda ou crônica, conforme anamnese e breve exame físico realizado por médico. Foram ainda realizados exames laboratoriais (hemograma) para avaliação de anemia.

As medidas antropométricas (peso e estatura) e características maturacionais estão apresentadas nas tabelas 5.1 e 5.2 (página 47) Utilizou-se balança da marca Filizola e estadiômetro, com resolução de 100 gramas e 1 milímetro, respectivamente, para a realização das medidas.

4.3.1. Avaliação da força muscular

4.3.1.1. Dinâmica máxima ou 1-RM

Para a avaliação da força dinâmica máxima voluntária, utilizou-se o teste de 1 repetição máxima (1-RM), descrito por Knuttgen e Kraemer (1987), no qual se avaliou a máxima carga deslocada em toda a amplitude dos movimentos flexão do cotovelo e extensão do joelho em um tempo de 5 segundos.

4.3.1.2. Dinâmica relativa

A força relativa foi calculada dividindo-se o valor absoluto do 1-RM de cada exercício pelo peso corporal, em quilogramas (Weineck, 1991). Blimkie (1989), propõe a normalização dos valores de força pelo peso corporal ou pela estatura, denominada força composta, para efeitos de comparação dos níveis de força entre os gêneros nos diferentes padrões etários. Tal procedimento, utilizado nesse estudo, teve como objetivo minimizar os efeitos das diferenças entre o peso corporal inicial e o aumento do mesmo ocorrido no decorrer do treinamento, não significativo ($p < 0,05$) para os meninos pré-púberes e púberes (Tabelas 5.1 e 5.2, pg. 46).

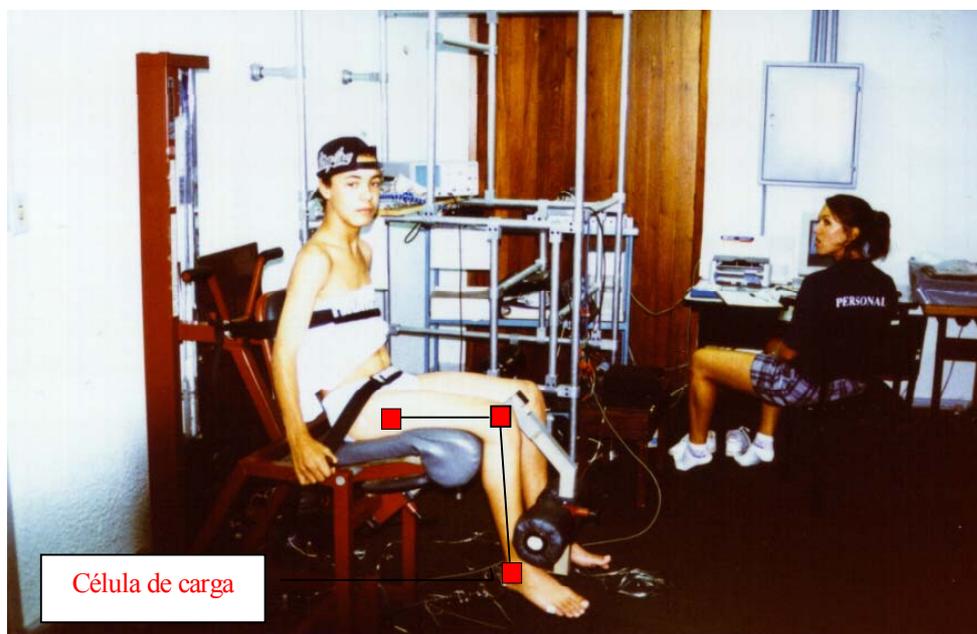


FIGURA 4.1. Equipamento utilizado nos testes de força dinâmica máxima (1-RM) e força estática máxima da extensão do joelho

4.3.1.3. Estática máxima ou isométrica

A força estática máxima voluntária foi avaliada nos ângulos de 90° e 130° das posições de flexão do cotovelo (membro superior) e extensão do joelho (membro inferior). Como pontos de referência ósseos do membro superior, foram demarcados o ponto central do acrômio (ombro), o epicôndilo lateral (cotovelo) e o processo estilóide do rádio (punho). No membro inferior, foram demarcados o trocânter do fêmur (coxa), a tuberosidade do côndilo lateral do fêmur (joelho) e o maléolo externo (tornozelo). As medidas angulares foram realizadas com goniômetro e confirmadas por filmagem dos pontos digitalizados, utilizando-se o *softwear* da Peak Performance. Mesmo sendo um teste estático, foi avaliada a variação angular ocorrida em função do acomodamento do segmento medido ao equipamento e/ ou dificuldade do avaliado em manter o ângulo constante no decorrer do teste. A avaliação foi realizada através da medida de deslocamento dos pontos ósseos. Os resultados referentes à variação angular da flexão do cotovelo e extensão do joelho estão apresentados na tabela 5.9 (pg. 54).

A força estática máxima voluntária foi medida utilizando-se uma célula de carga (fig. 4.4), construída com *strain gages* (extensômetros de resistência elétrica). A célula de carga estava conectada aos cabos dos equipamentos de flexão do cotovelo e extensão do joelho, acoplada a um condicionador de sinais e a um computador do tipo PC 486DX2-66. Esse sistema (célula de carga/condicionador), construído no Laboratório de Medições Mecânicas da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), foi calibrado com pesos conhecidos e aferidos em uma balança de precisão. A calibração foi realizada entre 4,6 kg e 61 kg e o coeficiente de correlação foi de 0,99 entre as cargas e a voltagem. A curva de calibração está apresentada no anexo 22. A tensão gerada nos cabos dos equipamentos e a deformação na célula de carga no momento do teste geravam um sinal a uma determinada voltagem (mV). De acordo com a correlação acima mencionada, os sinais foram posteriormente convertidos em quilogramas. Para efeito, neste estudo considerou-se força estática máxima voluntária como sendo a média dos maiores picos de força em um intervalo de 3 segundos, selecionados de uma curva de força obtida em um tempo de 10 segundos. Utilizou-se para esta análise o *softwear* Sistema de Aquisição de Dados (SAD), desenvolvido na Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Foram realizadas 3 tentativas em cada ângulo, com 2 minutos de intervalo (recuperação) entre as mesmas.

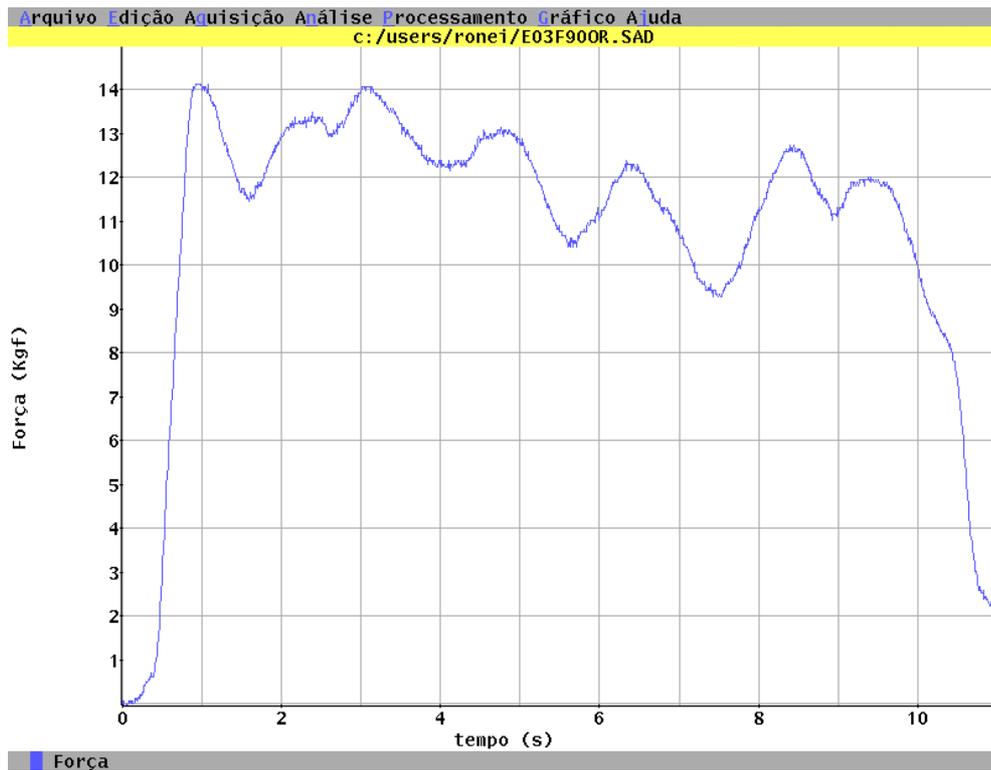


FIGURA 4.2. Curva de Força em kg em um tempo de 10 segundos na flexão do cotovelo em 90°

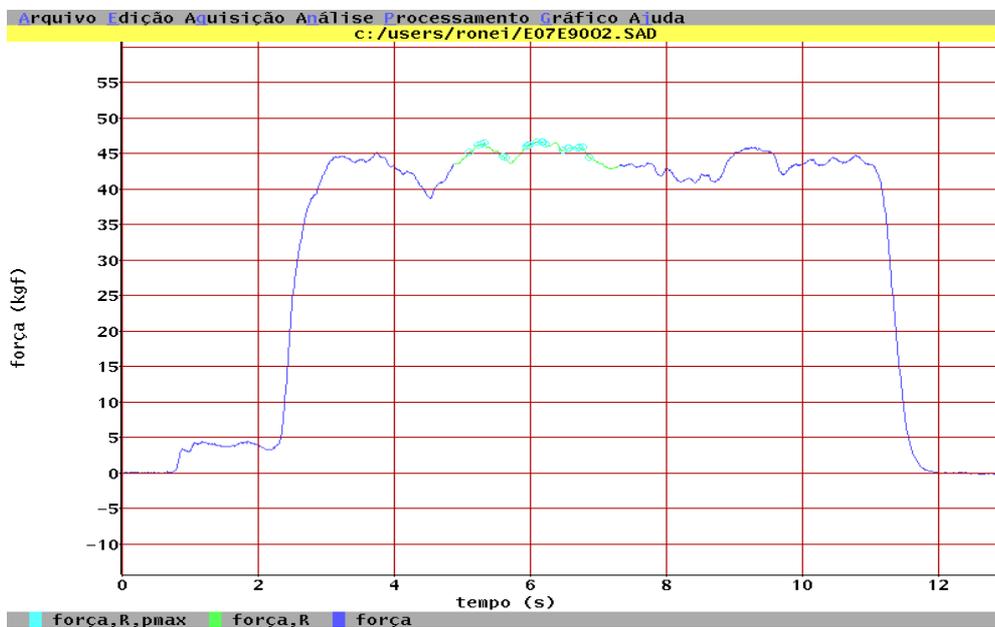


FIGURA 4.3. Picos de Força em kg em um intervalo de 3 segundos na extensão do joelho



FIGURA 4.4. Célula de carga e condicionador de sinais utilizados nos testes de força estática máxima nos exercícios de flexão do cotovelo e extensão do joelho

4.3.1.4. Programa de treinamento de força (P.T.F.)

O grupo experimental realizou o treinamento durante um período de 12 semanas, precedido por um período de adaptação aos equipamentos de 1 semana. As principais variáveis do treinamento, entre as quais o período de duração, a intensidade e o volume dos exercícios foram determinadas de acordo com Fleck e Kraemer (1987) e ficaram assim representadas:

- 1^a semana: 2 séries de 20 repetições a 50% do 1-RM
- 2^a semana: 2 séries de 20 repetições a 60% do 1-RM
- 3^a semana: 2 séries de 20 repetições a 65% do 1-RM
- 4^a semana: 3 séries de 15 repetições a 70% do 1-RM

Observação: No início da 5^a semana de treinamento, foi realizada a reavaliação da força dinâmica máxima voluntária (1-RM) para a reformulação da intensidade do treinamento.

- 5^a semana: 3 séries de 15 repetições a 60% do 1-RM
- 6^a semana: 3 séries de 15 repetições a 65% do 1-RM
- 7^a semana: 3 séries de 15 repetições a 70% do 1-RM
- 8^a semana: 3 séries de 15 repetições a 75% do 1-RM
- 9^a semana: 3 séries de 15 repetições a 80% do 1-RM

10^a semana: 4 séries de 12 repetições a 80% do 1-RM

11^a semana: 4 séries de 12 repetições a 85% do 1-RM

12^a semana: 4 séries de 12 repetições a 85% do 1-RM

Com o objetivo de controlar o nível de atividade física, o grupo controle participou, no decorrer do estudo, de atividades desportivas de pequena intensidade e com finalidade recreativa. Entre as modalidades praticadas estavam a natação, o vólibol e o basquetebol.

4.3.1.5. Análise estatística

Os valores de cada uma das variáveis avaliadas estão expressos em média e desvio-padrão. O teste estatístico empregado para analisar o efeito do treinamento sobre as variáveis força dinâmica máxima (1-RM) e força estática máxima (90° e 130°) entre os grupos foi a análise de variância *Two-Way* (ANOVA). Como tratamento post hoc, foi utilizado o teste de Tukey. As diferenças foram consideradas significativas quando o $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

As características físicas e maturacionais iniciais dos meninos dos grupos EXP e CON, bem como as diferenças (Δ) do peso e da estatura antes e depois do treinamento estão mostradas nas Tabelas 5.1 e 5.2, respectivamente.

TABELA 5.1. Idade, peso e estatura dos meninos por grupo e nível maturacional (média \pm DP)

	EXPERIMENTAL		CONTROLE	
	PRÉ-PÚB.	PÚB.	PRÉ-PÚB.	PÚB.
IDADE (anos)	11,6 \pm 0,89	14,13 \pm 2,02*	12,25 \pm 1,5	14,67 \pm 1,04*
PESO (kg)	31,32 \pm 3,13	39,20 \pm 9,94*	33,83 \pm 2,85	52,47 \pm 0,42*
EST. (cm)	137,4 \pm 5,93	149,28 \pm 13,11*	147,0 \pm 6,29	162,2 \pm 5,09* ϕ

n = tamanho amostral

* diferente dos pré-púberes do mesmo grupo ($p < 0,05$)

ϕ diferente do respectivo grupo EXP

TABELA 5.2. Diferenças (Δ) do peso e da estatura dos grupos EXP e CON (média \pm DP)

	EXPERIMENTAL		CONTROLE	
	PRÉ-PÚB.	PÚB.	PRÉ-PÚB.	PÚB.
Δ PESO (kg)	0,58 \pm 0,86	2,15 \pm 0,83	1,65 \pm 0,70	1,50 \pm 2,84
Δ ESTAT (cm)	1,10 \pm 1,11	1,22 \pm 1,19	5,62 \pm 5,61	2,50 \pm 5,63

De acordo com as características descritas, podemos observar que:

1. A idade foi similar entre os grupos EXP e CON num mesmo grupo maturacional e maior ($p < 0,05$) nos púberes do que nos pré-púberes;
2. O peso e a estatura iniciais foram menores nos pré-púberes do que nos púberes ($p < 0,05$) e maiores no grupo CON dentro de um mesmo grupo maturacional;
3. Não houve diferença significativa no Δ peso ($p = 0,449$) e Δ estatura ($p = 0,728$) dos grupos EXP e CON tanto nos pré-púberes como nos púberes.

5.1. FORÇA MUSCULAR

Devido às características maturacionais específicas acima demonstradas e tamanho amostral reduzido, os resultados estão separados por grupo maturacional (pré-púbere e púbere), expressos individualmente e também em média e DP. Inicialmente é mostrada a força máxima dinâmica (1-RM) e posteriormente as forças relativa (valores absolutos corrigidos pelo peso corporal) e estática nos ângulos específicos dos exercícios flexão do cotovelo e extensão do joelho .

5.1.1. Força dinâmica máxima (1-RM)

Os resultados do 1-RM da flexão do cotovelo dos meninos pré-púberes (PP) e púberes (P), antes e após o treinamento, estão mostrados nas tabelas 5.3 e 5.4, respectivamente.

TABELA 5.3. Resultados em kg do 1-RM da flexão do cotovelo dos grupos EXP e CON, nos pré-púberes (média \pm DP)

EXPERIMENTAL				CONTROLE			
SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ	SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PPE1	2,75	6	3,25	PPC1	2,75	2,75	0
PPE2	2,5	5,75	3,25	PPC2	10	7	-3
PPE3	3,5	6,25	2,75	PPC3	3,75	ND	
PPE4	3	7	4	PPC4	5,25	5,25	0
PPE5	6,25	9	2,75				
MÉDIA	3,6	6,8ϕ	3,2*		5,44 +	5	-1
DP	1,53	1,32	0,51		3,21	2,14	1,73

ND = valor não mensurado por problema técnico.

* diferença significativa $p < 0,01$ do grupo CON

ϕ diferença significativa ($p < 0,01$) do valor pré do mesmo grupo

+ diferente do valor pré do grupo EXP

TABELA 5.4. Resultados em kg do 1-RM da flexão do cotovelo dos grupos EXP e CON, nos púberes (média \pm DP)

SUJEITOS	EXPERIMENTAL			SUJEITOS	CONTROLE		
	ANTES	APÓS	Δ		ANTES	APÓS	Δ
PE1	7,5	12	4,5	PC1	12,75	13,25	0,5
PE2	11,75	15,5	3,75	PC2	10,5	12	1,5
PE3	8,5	12,25	3,75	PC3	16	15	-1
PE4	3,75	5,75	2				
MÉDIA	7,88	11,38ϕ	3,50 *		13,08 +	13,42	0,33
DP	3,29	4,07	1,06		2,77	1,51	1,26

* diferença significativa ($p < 0,01$) do grupo CON

ϕ diferença significativa ($p < 0,01$) do valor pré do mesmo grupo

+ diferente do respectivo valor pré do grupo EXP

O gráfico 5.1 expressa o ganho (Δ) em kg ocorrido no 1-RM da flexão do cotovelo nos grupos EXP e CON dos pré-púberes (PP) e púberes (P).

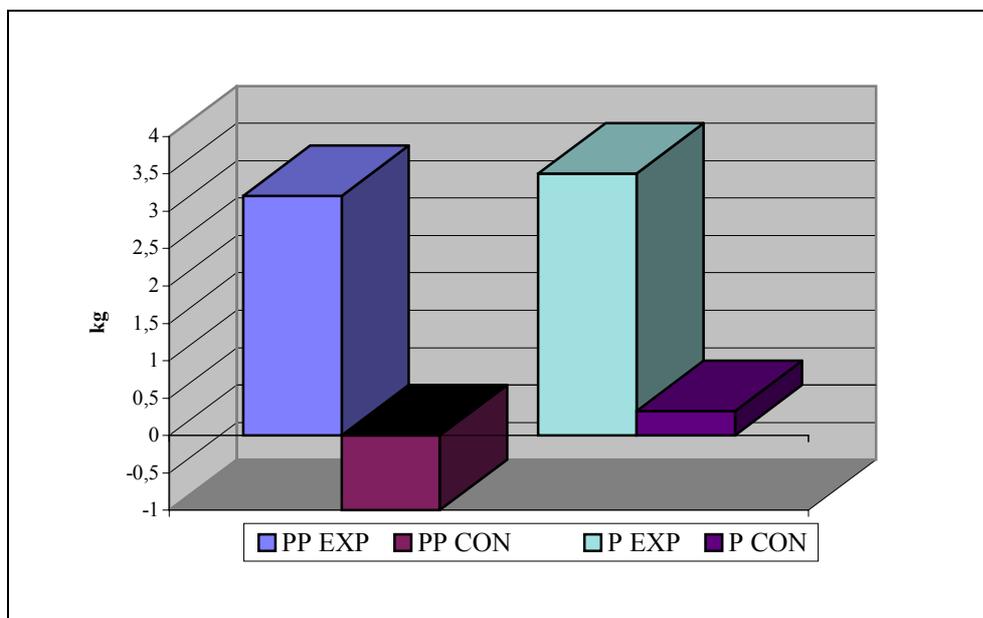


GRÁFICO 5.1. Ganho em kg no 1-RM da flexão do cotovelo nos grupos experimental e controle

Os resultados acima, permitem as seguintes observações:

1.O ganho no 1-RM da flexão do cotovelo do grupo EXP foi maior do que no grupo CON ($p < 0,01$) nos dois grupos maturacionais, sendo a magnitude do ganho semelhante nesses grupos que treinaram ($p = 0,192$);

2.O valor do 1-RM inicial do grupo EXP foi significativamente menor ($p = 0,025$) do que o grupo CON nos dois grupos maturacionais, sendo que no final esses valores tornaram-se semelhantes ($p = 0,930$).

3. O Programa de treinamento de força realizado pelos grupos treinados (EXP) em ambos os grupos maturacionais (pré-púberes e púberes) foi eficiente para um aumento significativo da força dinâmica máxima (1-RM) da flexão do cotovelo.

Os resultados do 1-RM da extensão do joelho dos pré-púberes (PP) e púberes (P), antes e após o treinamento, estão mostrados nas tabelas 5.5. e 5.6., respectivamente.

TABELA 5.5. Resultados em kg do 1-RM da extensão do joelho dos grupos EXP e CON, nos pré-púberes (média \pm DP)

SUJEITOS	EXPERIMENTAL			SUJEITOS	CONTROLE		
	ANTES	APÓS	Δ		ANTES	APÓS	Δ
PPE1	7,25	11,5	4,25	PPC1	14,5	14,5	0
PPE2	10,5	18	7,5	PPC2	15	15	0
PPE3	12	17,25	5,25	PPC3	12	ND	
PPE4	13,5	13,75	0,25	PPC4	10,5	11,5	1
PPE5	13,5	16,75	3,25				
MÉDIA	11,35	15,45ϕ	4,1 *		13 +	13,67	0,33
DP	2,61	2,74	2,67		2,12	1,89	0,58

ND = valor não mensurado por problema técnico.

* diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo CON

ϕ diferença significativa ($p < 0,05$) do valor pré do mesmo grupo

+ diferente do respectivo valor do grupo EXP ($p < 0,01$)

TABELA 5.6. Resultados em kg do 1-RM da extensão do joelho dos grupos EXP e CON, nos púberes (média \pm DP)

SUJEITOS	EXPERIMENTAL			SUJEITOS	CONTROLE		
	ANTES	APÓS	Δ		ANTES	APÓS	Δ
PE1	13,5	17,5	4	PC1	32	33	1
PE2	19	26,5	7,5	PC2	23,5	24,5	1
PE3	15,5	20	4,5	PC3	39	40	1
PE4	12,5	16	3,5				
MÉDIA	15,13	20ϕ	4,88 *		31,5 +	32,5	1
DP	2,87	4,64	1,80		7,76	7,76	0

* diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao grupo CON

ϕ diferença significativa ($p < 0,05$) do valor pré do mesmo grupo

+ diferente do respectivo valor do grupo EXP ($p < 0,01$)

O gráfico 5.2 expressa o ganho (Δ) em kg no 1-RM da extensão do joelho nos grupos EXP e CON, pré-púberes (PP) e púberes (P)

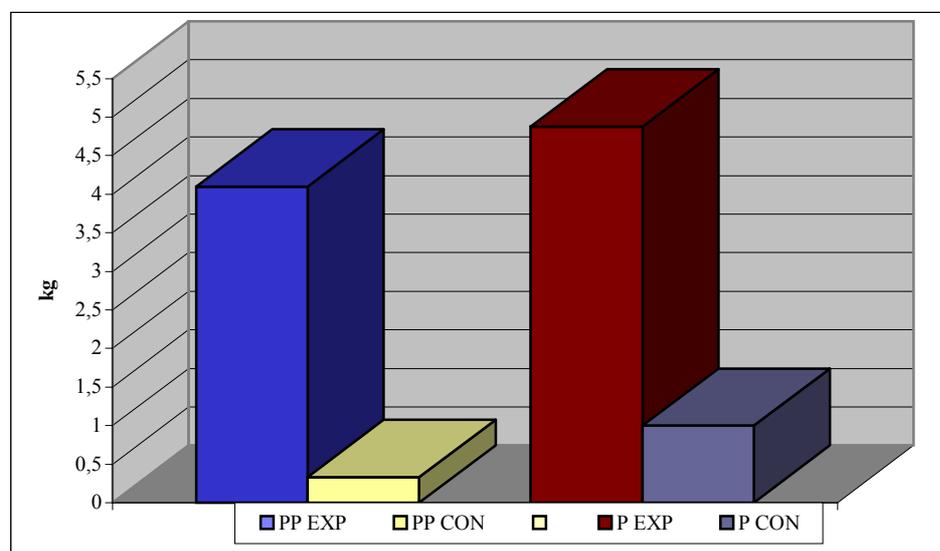


GRÁFICO 5.2. Ganho em kg no 1-RM da extensão do joelho nos grupos experimental e controle

Os dados mostrados acima possibilitam as seguintes observações:

1. O ganho no 1-RM da extensão do joelho foi maior no grupo EXP do que no grupo CON ($p=0,003$), tanto nos meninos pré-púberes como nos púberes, sendo o ganho semelhante ($p=0,483$) nos dois grupos maturacionais;

2. Nos dois grupos maturacionais, o grupo EXP apresentou o valor do 1-RM inicial menor do que o grupo CON ($p=0,001$) e o 1-RM final foi estatisticamente diferente ($p=0,045$).

3. Ambos os grupos maturacionais treinados (pré-púberes e púberes) apresentaram um aumento significativo da força dinâmica máxima (1-RM) da extensão do joelho, o que demonstra, da mesma forma que na flexão do cotovelo, a eficiência do treinamento realizado.

5.1.2. Força dinâmica relativa

Os valores da força relativa e a variação ocorrida durante o treinamento, nos exercícios de flexão do cotovelo e extensão do joelho em ambos os grupos maturacionais (pré-púberes e púberes), estão mostrados na tabela 5.7. Para o entendimento adequado dos valores abaixo relacionados, usamos o seguinte exemplo: um menino com peso corporal de 40 quilogramas e 1-RM da flexão do cotovelo de 4 quilogramas. Sua força relativa será obtida da divisão do valor do 1-RM pelo peso corporal.

$$\text{Força relativa} = \frac{4 \text{ kg}}{40 \text{ kg}} = 0,1$$

TABELA 5.7. Resultados da força relativa da flexão do cotovelo e extensão do joelho dos grupos EXP e CON, nos pré-púberes e púberes (média \pm DP)

FLEX.COT.	EXPERIMENTAL			CONTROLE		
	ANTES	APÓS	Δ	ANTES	APÓS	Δ
PRÉ-PÚB.	0,11 \pm 0,04	0,21 \pm 0,03 ϕ	0,10 \pm 0,02*	0,16 \pm 0,09	0,14 \pm 0,07	-0,02 \pm 0,05
PÚBERES	0,20 \pm 0,05	0,27 \pm 0,07 ϕ	0,07 \pm 0,03*	0,25 \pm 0,06	0,25 \pm 0,03	0,0 \pm 0,03
EXT. JOE.						
PRÉ-PÚB.	0,36 \pm 0,08	0,49 \pm 0,08 ϕ	0,13 \pm 0,09*	0,39 \pm 0,07	0,37 \pm 0,07	-0,02 \pm 0,02
PÚBERES	0,39 \pm 0,02	0,49 \pm 0,02 ϕ	0,10 \pm 0,02*	0,6 \pm 0,15+	0,6 \pm 0,16	0,0 \pm 0,03

* diferença significativa em relação ao grupo CON ($p < 0,05$)

ϕ diferença significativa em relação ao valor inicial do mesmo grupo ($p < 0,05$)

+ diferença significativa em relação ao grupo EXP ($p < 0,01$)

Os gráficos 5.3 e 5.4 expressam a mudança média (Δ) da força relativa da flexão do cotovelo e da extensão do joelho, respectivamente, nos grupos EXP e CON, pré-púberes (PP) e púberes (P).

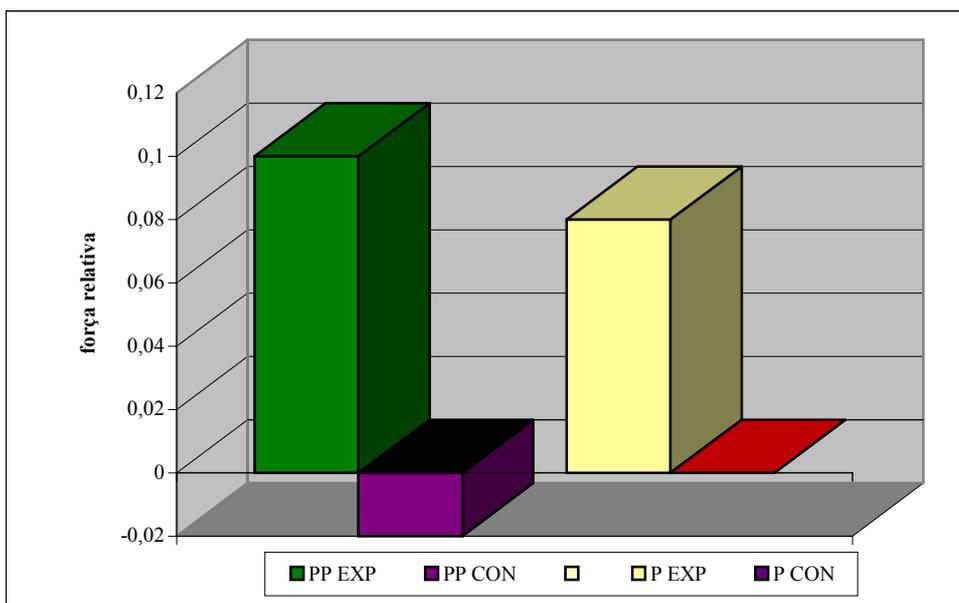


GRÁFICO 5.3. Ganho na força relativa da flexão do cotovelo nos grupos experimental e controle

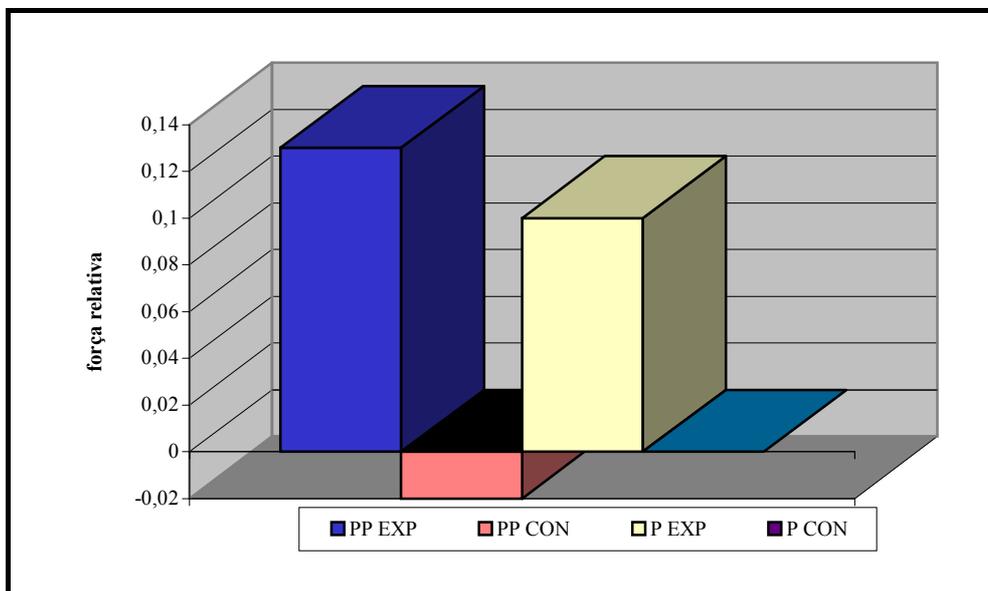


GRÁFICO 5.4. Ganho na força relativa da extensão do joelho nos grupos experimental e controle

Os resultados acima permitem as seguintes interpretações:

1. Dentro de um mesmo grupo maturacional, na flexão do cotovelo não houve diferença significativa entre os grupos EXP e CON nos valores iniciais e finais da força relativa, sendo que os meninos púberes apresentaram valores maiores que os pré-púberes, tanto iniciais ($p=0,032$) como finais ($p=0,008$);

2. Na extensão do joelho, os valores iniciais da força relativa nos grupos EXP e CON foram semelhantes nos pré-púberes e significativamente diferentes ($p=0,031$) nos púberes;

3. Na extensão do joelho, os valores finais da força relativa foram semelhantes nos grupos EXP e CON nos dois grupos maturacionais e diferentes entre os pré-púberes e púberes ($p=0,028$).

4. O ganho ocorrido na força relativa da flexão do cotovelo foi maior ($p < 0,01$) no grupo EXP do que no grupo CON, tanto nos meninos pré-púberes como nos púberes, sendo a magnitude do ganho semelhante ($p=0,980$) nos dois grupos maturacionais (pré-púberes e púberes);

5. O ganho ocorrido na força relativa da extensão do joelho foi maior ($p < 0,006$) no grupo EXP do que no grupo CON nos dois grupos maturacionais, sendo a magnitude do ganho semelhante ($p=0,810$) nesses grupos;

6. A partir da análise dos ganhos na força relativa, mesmo com as alterações ocorridas no peso corporal dos meninos investigados (Tabelas 5.1 e 5.2, pg. 45), pode-se inferir que o programa de treinamento foi efetivo para o aumento da força muscular dos meninos pré-púberes e púberes treinados.

5.1.3. Força estática

Os resultados da força estática máxima da flexão do cotovelo e extensão do joelho são apresentados em média e desvio-padrão por grupo maturacional (pré-púberes e púberes). Os anexos (5 a 20) apresentam os valores individuais.

Os resultados da flexão estática do cotovelo e da extensão estática do joelho, bem como os ganhos (Δ) apresentados pelos meninos pré-púberes (PP) e púberes (P) dos grupos EXP e CON estão mostrados na Tabela 5.8

TABELA 5.8. Resultados em kg (média \pm DP) da flexão estática do cotovelo e extensão estática do joelho em 90° e 130° dos grupos EXP e CON, dos pré-púberes (PP) e púberes (P)

FLEXÃO DO COTOVELO	EXPERIMENTAL			CONTROLE		
	ANTES	APÓS	Δ	ANTES	APÓS	Δ
PP 90°	15,48	17,86	2,38	15,10	15,76	0,65
	$\pm 2,24$	$\pm 3,94$	$\pm 2,23$	$\pm 2,72$	$\pm 0,96$	$\pm 2,63$
PP130°	12,64	20,26	7,62	12,56	14,96	2,41
	$\pm 2,57$	$\pm 5,76$	$\pm 4,47$	$\pm 2,41$	$\pm 3,56$	$\pm 1,70$
P90°	21,47	25,83	4,37	28,07	29,45	1,38
	$\pm 10,51$	$\pm 11,21$	$\pm 2,48$	$\pm 3,93$	$\pm 4,34$	$\pm 1,32$
P130°	19,53	24,88	6,74	23,36	24,22	0,87
	$\pm 3,59$	$\pm 3,42$	$\pm 1,47$	$\pm 3,83$	$\pm 9,35$	$\pm 5,67$

EXTENSÃO DO JOELHO						
PP90°	38,71	46,20	7,49	40,08	44,66	4,58
	$\pm 9,13$	$\pm 12,22$	$\pm 3,82$	$\pm 5,42$	$\pm 9,41$	$\pm 4,06$
PP130°	31,50	36,07	4,56	42,94	45,40	2,46
	$\pm 7,08$	$\pm 7,71$	$\pm 2,33$	$\pm 0,84$	$\pm 4,50$	$\pm 5,15$
P90°	55,65	62,93	7,27	63,47	63,62	1,66
	$\pm 12,65$	$\pm 17,30$	$\pm 11,68$	$\pm 3,04$	$\pm 5,10$	$\pm 2,95$
P130°	45,52	50,73	7,91	70,26	75,83	4,35
	$\pm 7,16$	$\pm 13,36$	$\pm 10,18$	$\pm 5,58$	$\pm 5,64$	$\pm 1,65$

Os resultados em graus da variação angular da flexão estática do cotovelo e da extensão estática do joelho, respectivamente, nos pré-púberes (PP) e púberes (P), antes e após o treinamento, estão mostrados nas Tabelas 5.9 e 5.10.

TABELA 5.9. Resultados em graus (média \pm DP) da variação angular da flexão estática do cotovelo nos pré-púberes e púberes, antes e após o treinamento, em 90° e 130°

ÂNGULO	ANTES	APÓS
90°	94,4 ± 7,0	95,18 ± 7,41
130°	129,97 ± 7,63	136,13 ± 7,80

TABELA 5.10. Resultados em graus (média ± DP) da variação angular da extensão estática do joelho nos pré-púberes e púberes, antes e após o treinamento, em 90° e 130°

ÂNGULO	ANTES	APÓS
90°	90,17 ± 5,11	91,16 ± 5,77
130°	130,28 ± 3,44	131,39 ± 4,52

Os resultados mostrados acima permitem as seguintes conclusões:

1. O Δ da força estática da flexão do cotovelo em 90° e 130° foi semelhante entre o grupo EXP e o grupo CON nos dois grupos maturacionais e semelhante entre os pré-púberes e púberes nos dois ângulos ($p=0,314$ e $p=0,703$, respectivamente);

2. O valor da força estática da flexão do cotovelo em 90°, inicial e final, foi semelhante, ($p=0,347$ e $p=0,831$, respectivamente), entre os grupos EXP e CON em cada grupo maturacional e significativamente diferente (inicial: $p=0,012$ e final: $p=0,010$) entre os meninos pré-púberes e púberes;

3. A força estática da flexão do cotovelo inicial em 130° foi diferente ($p=0,031$) entre o grupo EXP e o CON de cada grupo maturacional, sendo a final semelhante; já entre os meninos pré-púberes e púberes, foi significativamente diferente, (inicial: $p<0,01$ e final: $p=0,005$);

4. O Δ da força estática da extensão do joelho em 90° e 130° foi semelhante, ($p=0,317$ e $p=0,159$, respectivamente), entre os grupos EXP e CON de cada grupo maturacional e também entre os meninos pré-púberes e púberes nos dois ângulos, ($p=0,707$ e $p=0,177$, respectivamente);

5. A força estática da extensão do joelho em 90°, inicial e final, foi semelhante ($p=0,747$ e $p=0,864$, respectivamente), entre os grupos EXP e CON de cada grupo maturacional e estatisticamente diferente (inicial: $p=0,002$ e final: $p=0,042$) entre os meninos pré-púberes e púberes;

6. Nos meninos pré-púberes, a força estática inicial da extensão do joelho em 130° foi diferente ($p < 0,01$) entre os grupos EXP e CON, sendo semelhante a força estática final;

7. Nos meninos púberes, a força estática da extensão do joelho tanto a inicial como a final, foi diferente entre os grupos EXP e CON ($p < 0,01$ e $p = 0,003$, respectivamente).

8. A variação angular ocorrida na flexão do cotovelo (2,8%) e na extensão do joelho (0,97%) nos pré-púberes e púberes não foi significativa, tanto em 90° como em 130°; portanto o comprimento muscular foi semelhante antes e após o treinamento.

9. Pode-se evidenciar que os meninos pré-púberes e púberes treinados apresentaram maiores ganhos na força estática em todos os ângulos do que os não-treinados, tanto na flexão do cotovelo como na extensão do joelho. No entanto, o treinamento de força dinâmico parece não ter sido eficiente para aumentar significativamente a força estática máxima nesses ângulos.

6. DISCUSSÃO

O benefício do treinamento de força para crianças e adolescentes é bastante discutido no nosso meio. Enquanto em adultos do sexo masculino são bem conhecidas as alterações morfológicas e neuromusculares provocadas pelo treinamento, em meninos pré-púberes e púberes são ainda duvidosas e questionadas, principalmente em função da imaturidade hormonal e restrições éticas de procedimentos invasivos, entre estes a biópsia muscular (Blimkie, 1990).

Esta pesquisa objetivou avaliar a treinabilidade da força em meninos pré-púberes e púberes submetidos a um programa individualizado de treinamento muscular dinâmico, tendo como principal variável de estudo a força dinâmica. Também foi avaliada, complementarmente, a força estática (isométrica).

A identificação da treinabilidade da força depende da especificidade do protocolo de avaliação, ou seja, que este se aproxime ao máximo do modo como a força foi treinada (Carvalho, 1996). Neste estudo, o treinamento foi de natureza dinâmica, e a força foi avaliada dinamicamente. Sendo assim, a especificidade foi observada.

A força dinâmica dos meninos treinados aumentou significativamente tanto nos membros superiores como nos inferiores, porém não houve aumento significativo na força estática.

Discutiremos abaixo os resultados encontrados nas forças dinâmica e estática nos exercícios de flexão do cotovelo e extensão do joelho por grupo maturacional (pré-púbere e púbere), em relação ao grupo EXP. Também foi abordada a influência do peso corporal sobre os resultados.

Nos pré-púberes, os grupos EXP e CON apresentaram valores absolutos diferentes no 1-RM da flexão do cotovelo, tanto iniciais como finais. A diferença do peso e da estatura apresentada por esses grupos pode ter interferido nesses valores. Enquanto o peso inicial do grupo EXP foi de 31,32 kg, a do grupo CON foi de 33,83 kg. Já a estatura inicial do grupo EXP foi de 137,4 cm, e do grupo CON foi de 147,0 cm. Apesar de não serem estatisticamente diferentes, essas pequenas diferenças podem explicar as distorções ocorridas entre os valores absolutos, principalmente os iniciais, dos grupos EXP e CON no 1-RM da flexão do cotovelo.

A mudança ocorrida no 1-RM dos pré-púberes treinados foi significativa. O grupo EXP aumentou 88,9% (3,2 kg), enquanto que não houve mudança significativa no grupo

CON. Então, o treinamento foi efetivo para o aumento da força dos membros superiores no grupo pré-púbere.

Nos meninos púberes, os grupos EXP e CON tiveram diferenças apenas em relação aos valores absolutos iniciais do 1-RM da flexão do cotovelo. A maior estatura e peso iniciais do grupo CON podem explicar as diferenças observadas nesses valores do 1-RM pré-treinamento (tabelas 5.1 e 5.2).

O ganho de força no 1-RM da flexão do cotovelo pelos púberes treinados foi expressivo. Enquanto o grupo EXP aumentou 44,4% (3,5 kg), no grupo CON o ganho de 2,6% (0,33 kg) não foi significativo. O treinamento foi, da mesma forma que para os pré-púberes, eficiente para aumentar a força dos membros superiores nos púberes.

O grau de treinabilidade da força em meninos pré-púberes, púberes e adultos foi investigado em vários estudos (Vrijens, 1978; Pfeifer e Francis, 1986; Sailors e Berg, 1987; Weltman et al., 1986; Ramsay et al., 1990; Pohlman e Isaacs, 1998); no entanto, poucos compararam, num único protocolo de avaliação, o efeito de um programa de treinamento de força em meninos de diferentes estágios de maturação. No presente estudo, foi apresentada uma semelhança na treinabilidade dos dois grupos maturacionais ($p=0,192$) para o valor do 1-RM da flexão do cotovelo. Sendo assim, faltam estudos comparativos para esclarecer o grau de treinabilidade da força entre pré-púberes e púberes (Falk e Tenenbaum, 1996).

No 1-RM da extensão do joelho, os grupos EXP e CON dos meninos pré-púberes apresentaram valores médios semelhantes. A média do 1-RM inicial dos grupos EXP e CON foi de 11,35 kg e 13,67 kg, respectivamente. As diferenças de peso entre os grupos parecem não ter afetado os valores iniciais da força máxima da extensão do joelho. O treinamento foi efetivo para o aumento da força do grupo de pré-púberes treinados (EXP), pois ocasionou um aumento de 36,1% (4,1 kg), enquanto o grupo CON aumentou 5,2% (0,33 kg).

Nos púberes, os grupos EXP e CON apresentaram valores absolutos iniciais no 1-RM significativamente diferentes. As diferenças no peso e na estatura, mostradas nas tabelas 5.1 e 5.2, parecem explicar a maior força observada no grupo CON. Na fase pubertária, principalmente nos meninos, ocorre um aumento no índice de massa muscular e conseqüentemente no peso corporal em função do aumento da secreção da testosterona e hormônio do crescimento no plasma sanguíneo (Fleck, 1988). Os meninos do grupo CON apresentaram peso corporal mais elevado em relação ao grupo EXP, o que parece explicar a maior força apresentada pelo mesmo.

A eficiência do treinamento ficou então evidenciada pelo aumento do 1-RM apresentado pelo grupo EXP em relação ao CON, 32,2% vs. 3,2%, revelando um ganho expressivo na força dos meninos treinados. Observou-se que o grau de treinabilidade da força, tanto nos meninos pré-púberes como nos púberes, foi similar ($p=0,483$). Isto concorda com estudos anteriores de Blimkie (1989)

Nos pré-púberes, o procedimento de correção do 1-RM da flexão do cotovelo pelo peso corporal tornou semelhante ($p=0,102$) o índice de força inicial dos grupos EXP e CON. A eficiência do treinamento também ficou evidente pela variação no índice de força apresentada pelos grupos EXP e CON. Enquanto no grupo EXP o aumento foi de 90% (0,1), no CON não houve mudança significativa.

Nos púberes, da mesma forma que nos pré-púberes, a técnica de correção utilizada aproximou os valores iniciais ($p=0,102$) dos grupos EXP e CON em relação ao índice de força da flexão do cotovelo. O ganho observado no índice de força do grupo EXP (0,07) mostrou a eficiência do treinamento realizado. No grupo CON, não houve alteração significativa.

Os graus de treinabilidade dos meninos pré-púberes e púberes em relação ao 1-RM da flexão do cotovelo mantiveram-se semelhantes ($p=0,980$) quando corrigido pelo peso corporal; portanto o período maturacional parece não interferir no grau de treinabilidade da força em meninos, e o treinamento provoca adaptações semelhantes e significativas na força muscular dos membros superiores.

O índice de força inicial dos pré-púberes na extensão do joelho foi semelhante entre os grupos EXP e CON. A correção do 1-RM pelo peso corporal minimizou a diferença entre os grupos. O ganho apresentado pelo grupo EXP (36,11%) em relação ao índice de força mostrou a eficiência do treinamento realizado. O grupo CON apresentou uma tendência à redução desse índice na extensão do joelho.

Ao contrário dos pré-púberes, os grupos EXP e CON dos púberes mostraram uma diferença significativa ($p=0,031$) no índice de força inicial da extensão do joelho. No grupo CON, o índice foi maior do que no grupo EXP, sendo que a correção do 1-RM pelo peso corporal não foi suficiente para aproximar esse valor. Parece que, além do peso corporal, a diferença da estatura entre os grupos (tabela 5.1) interferiu nos índices diferenciados. Apesar de os índices de força da extensão do joelho não serem inicialmente semelhantes entre os grupos EXP e CON, a eficiência do treinamento foi constatada através das seguintes observações: a) o índice de força do grupo EXP aproximou-se do índice do grupo CON ao

final do treinamento; b) o grupo EXP aumentou 25,6% o índice de força, enquanto o grupo CON apenas 1,7%; e c) a diferença entre o índice inicial e o final no grupo EXP foi de 0,1 e, no grupo CON, foi de 0,01.

Os resultados mostraram que tanto os meninos pré-púberes como os púberes foram treináveis em relação à força de extensão do joelho. Logo, o grau maturacional não interferiu no rendimento do treinamento dos meninos submetidos ao treino de força. Os resultados apresentados pelos grupos EXP e CON dos meninos pré-púberes e púberes, tanto na flexão dinâmica do cotovelo como na extensão dinâmica do joelho, indicam que o grau de treinabilidade dos membros superiores e inferiores é similar nos dois grupos maturacionais.

O treinamento não provocou alteração significativa na força estática da flexão do cotovelo e extensão do joelho, tanto em 90° como em 130°, nos dois grupos maturacionais. Esses resultados confirmam a especificidade do treinamento (Blimkie, 1989 e Fleck e Kraemer, 1997), uma vez que o treinamento realizado foi de natureza dinâmica e as alterações foram observadas somente no protocolo de avaliação dinâmica (1-RM). Portanto, em meninos pré-púberes e púberes, a força estática não apresenta ganhos significativos em ângulos específicos quando o treinamento é realizado dinamicamente.

Convém salientar a importância dos resultados desse estudo no que se refere ao efeito do treinamento de força dinâmico em meninos. Avaliações complementares como testes de força isocinéticos e mensuração da secção transversa dos músculos submetidos ao treinamento, além de um maior número amostral, enriqueceriam o estudo.

Sugerimos, dessa forma, que futuros estudos avaliem e comparem o efeito do treinamento de força utilizando protocolos de avaliação isocinéticos, isométricos, além do 1-RM, bem como, também, acompanhem a densidade óssea das crianças estudadas.

7. CONCLUSÃO

Esse estudo mostrou que meninos pré-púberes e púberes submetidos a um programa individualizado de treinamento de força de natureza dinâmica apresentaram ganhos significativos na força muscular dinâmica (1-RM), e que o grau de treinabilidade da força foi semelhante nos dois grupos maturacionais.

O treinamento dinâmico não provocou alterações na força estática em 90° e 130°, tanto na flexão do cotovelo como na extensão do joelho, o que reforça o conceito da especificidade do treinamento.

Não se observou efeitos adversos resultantes do treinamento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, M.L.; WURGAFT, F.Y.; SALAZAR, E.M. Mediciones del nivel sócioeconômico bajo urbano en familias con lactante desnutrido. *Archivos Latino americanos de Nutricion*, v.XXXII, p.650-662, 1982.
- AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS. Strength training, weight and power lifting, and body building by children and adolescents. *Pediatrics*, v.86, n.5, p.801-803, 1990.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. The prevention of sports injuries of children and adolescents. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, v.25 (suppl.8), p.1-7, 1993.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. *ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription*. 5 ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1995.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, v.30, n.6, p.975-991, 1998.
- BADILLO, J.J.G.; AYESTARÁN, E.G. *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Inde Publicaciones, 1998.
- BAECHLE, T.R. *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign: Human Kinetics, 1994.
- BELL, R.D. ; MacDOUGALL, J.D.; BILLETER, R. ; et al. Muscle fiber types and morphometric analysis of skeletal muscle in six-year-old children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol 12, n.1, p.28-31, 1980.
- BLIMKIE, C.J.R.; MacDOUGALL, D.; SALE, D.; et al. Soft-tissue trauma and resistance training in boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.21, S89, 1988.
- BLIMKIE, C.J.R. Age and sex associated variation in strength during childhood: anthropometric, morphologic, neurologic, biomechanical, endocrinologic, genetic and physical activity correlates. In Gisolfi: *Perspectives in exercise science and sports medicine*. Indianápolis: Benchmark Press, v.2: **Youth, exercise and sport**, p99-163, 1989.
- BLIMKIE, C.J.R. Resistance training during preadolescence: issues and controversies. *Sports Medicine*, v.15, n.6, p.389-407, 1993.
- BROOKE, M., ENGEL, W. The histogram analysis of human muscle biopsies with regard to fiber types. *Neurology*, v.19, p.591-605, 1969 citados por Blimkie (1989).
- CARVALHO, C. *A força em crianças e jovens: o seu desenvolvimento e treinabilidade*. Lisboa: Livros Horizonte, 1996.
- CLARKE, D.H.; VACCARO, P.; ANDRESEN, M. Physiological alterations in 7- to 9-year-old boys following a season of competitive wrestling. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, v.55, p.318-322, 1984.

- CONROY, B. et al. Bone mineral density in elite junior olympic weightlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.25, p.1103-1109, 1993.
- FAHEY, T.D.; ROLPH, R.; MOUNGMEE, P.; NAGEL, J.; MORTARA, S. Serum testosterone, body composition and strength of young adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.8, p. 31-34, 1976.
- FAHEY, T.D.; DELVALLE-ZURIS, A .; OEHLSEN, Get al.; J. Puberal stage differences in hormonal and hematological responses to maximal exercise in males. *Journal of Applied Physiology* , v.46, p.825, 1979.
- FAIGENBAUM, A .; WESTCOTT, W.; LONG, C. et al.; Relationship between repetitions and selected percentages of the 1 rm in 8 to 13 year old children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.30, S148, 1998.
- FAIGENBAUM, A. Prepubescent strength training: a guide for teachers and coaches. *National Strength and Conditioning Association Journal*, v.15, p.20-29, 1993.
- FALK, B., TENENBAUM, G. The effectiveness of resistance training in children. A Meta-Analysis. *Journal Sports Medicine*, v.22, p.176-186, 1996.
- FLECK, S.J. ; KRAEMER, W.J. *Designing resistance training programs*. 2 ed. Champaign: Human Kinetics, 1997.
- FLECK, S.J. Cardiovascular adaptations to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.20, p.S146-151, 1988.
- FLECK, W.J. ; FIGUEIRA JUNIOR, A.J. Riscos e benefícios do treinamento de força em crianças: novas tendências. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*, v.2, p.69-75, 1997.
- FRY, A .C.; KRAEMER, W.J.; STONE, M.H. et al. Acute endocrine responses in elite junior weightlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.22, p.S76, 1990.
- FRY, A .C.; KRAEMER, W.J.; STONE,M.H. et al. Mechanism of work-induced hypertrophy of skeletal muscle. *Medicine and Science in Sports*, v.7, n.3, p.185-198, 1975.
- GOLDSPINK, G. The proliferation of myofibrils during muscle fiber growth. *J.Cell. Sci.*, v.6, p.593-603, 1970. Citado por Badillo e Ayestarán (1998).
- GONYEA, W.J.; SALE, D.; GONYEA, F.; MIKESKY, A. Exercise induced increases in muscle fiber number. *European Journal of Applied Physiology*, v.55, p.137-141, 1986.
- GUEDES, D.P. ; GUEDES, J.E.R.P. Influência da prática da atividade física em crianças e adolescentes: uma abordagem morfológica e funcional. *Revista da Associação dos Professores de Educação Física de Londrina*, v.10, p.3-25, 1995.

- GUEDES, D.P. ; GUEDES, J.E.R.P. Maturação biológica em crianças e adolescentes: um estudo de revisão. *Revista da Associação dos Professores de Educação Física de Londrina*, v.18, p.32-49, 1995
- GRUMBS, V.L.; SEAGAL, D.; HALLIGAN, J.B.; LOWER, G. Bilateral radius and ulnar fractures in adolescent weightlifters. *American Journal of Sports Medicine*, v.10, p.375-379, 1982.
- HÄKKINEN, K.; KOMI, P.V. Electromyographic changes during strength training and detraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.15, p.455-460, 1983.
- HÄKKINEN, K. et al. Neuromuscular and hormonal adaptations in athletes to strength training in two years. *Journal of Applied Physiology*, v.65, p.2406, 1988.
- HÄKKINEN, K.; ALEN, M.; KOMI, P.V. Changes in isometric force-and-relaxation-time electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiology Scandinavica*, v.125, p.573-585, 1985.
- HASS, C.J.; GARZARELLA, L.; DE HOYOS, D.V. et al. Effects of training volume on strength and endurance in experienced resistance trained adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.30, p.S115, 1998.
- HEJNA, W. et al. The prevention of sports injuries in high school students through strength training. *National Strength and Conditioning Research Journal*, v.4, p.21-28, 1982.
- HOEGER, W.W.K.; BARETTE, S.L.; HALE, D.F. et al. Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum. *Journal of Applied Sport Science Research*, v.1, p.11-13, 1987.
- KANEHISA, H.; MIYASHITA, M. Effect of isometric and isokinetic muscle training on static strength and dynamic power. *European Journal of Applied Physiology*, v.50, p.365-371, 1983, citados por Fleck e Kraemer (1998).
- KNAPIK, J.J.; MAWDSLEY, R.H., RAMOS, M.U. Angular specificity and test mode specificity of isometric and isokinetic strength training. *Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy*, v.5, p.58-65, 1983, citados por Fleck e Kraemer (1998).
- KNUTTGEN, H.G. , KRAEMER, W.J. Terminology e measurement in exercise performance. *Journal of Applied Sport Science Research* v.1, p.1-10, 1987.
- KOMI, P.V. Training of muscle strength and power: interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. *Journal Sports Medicine*, v.7, p.10-15, 1986.
- KOMI, P.V. *Strength and power in sport: The Encyclopaedia of Sports Medicine*. Oxford: Blackwell, 1996.
- KRAEMER, W.J. Endocrine responses to resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.20, p.S152-157, 1988.

- KRAEMER, W.J.; FRY, A.C.; FRYKMAN, P.N.; CONROY, B.; HOFFMAN, J. Resistance training and youth. *Pediatric Exercise Science*, v.1, p.336-350, 1989.
- LANDER, J.E.; BATES B.T.; SAWHILL, J.A.; HAMILL, J.A. Comparison between free-weight and isokinetic bench pressing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.17, p.344-353, 1985.
- LEHMKUHL, L.D., SMITH, L. *Cinesiologia Clínica de Brunnstrom*. 4^a. ed. São Paulo: Manole, São Paulo, 1989.
- LUKASZEWSKA, J.; BICZOWA, B.; BOBILEWICZ, D. et al. Effect of physical exercise on plasma cortisol and growth hormone levels in young weight lifters. *Endokrynology Pol.*, v.2, p.149-158, 1976, citado por KRAEMER (1988).
- MacDOUGALL, J.D.; ELDER, G.C.B.; SALE, D.S.; MOROZ, J.R.; SUTTON, J.R.: Effects of strength training and immobilisation on human muscle fibers. *European Journal Applied Physiology*, v.43, p.25-34, 1980.
- MALINA, R.M. ; BOUCHARD, C. *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign: Human Kinetics, 1998.
- MATHEUS, D.K. *Medida e avaliação em Educação Física*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- MATSUDO, V.K.R. *Testes em Ciências do Esporte*. Gráficos Burti. São Caetano do Sul, SP, 1987.
- McARDLE, W. ; KATCH, F. ; KATCH, V. *Fisiologia do Exercício : Energia, Nutrição e Desempenho Humano*. 3^a. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.
- McDONAGH, M.J.N.; DAVIES, C.T.M. Adaptative responses of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *European Journal of Applied Physiology*, v.52, p.139-155, 1984.
- MORITANI, T.; DE VRIES, H. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine* , v.115, p.130, 1979.
- NIELSEN, B.; NIELSEN, M.; HANSEN, B. et al. Training of functional muscular strength in girls 7-19 years old. In: BINKHORST, R.A. et al. (ed), *Children and Exercise IX*. Champaign: Human Kinetics, p.69-78, 1980.
- O'BRYANT, H.S.; BYRD, R.; STONE, M.H. Cycle ergometry performance and maximum leg and hip strength adaptations to two different methods of weight-training. *Journal of Applied Sport Science Research* , v.2, p.27-30, 1988, citados por Fleck e Kraemer (1998).
- OZMUN, J.C.; MIKESKY, A .E.; SURBURG, P.R. Neuromuscular adaptations during prepubescent strength training. Abstract n. 186. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.23, p.S32, 1991.

- PFEIFFER, R.D.; FRANCIS, R.S. Effects of strength training on muscle development in prepubescent, pubescent, and postpubescent males. *The Physician and Sportsmedicine*, v.14, p.134-143, 1986.
- POHLMAN, R.L.; ISAACS, L.D. Effects of resistance training on concentric isokinetic knee extension in prepubescent females. Abstract n° 842. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.30, p.S149, 1998.
- POLLOCK, M.L.; ABE, T.; HOYOS, D. Muscular hypertrophy responses to 6 months of high or low-volume resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v. 30, p. S116, 1998.
- RAMSAY, J.A. ; BLIMKIE, C.J.R.; SMITH, K. et al. Strength training effects in prepubescent boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.22, p.605-614, 1990.
- RAMSEY, R.W.; STREET, S.F. Isometric length-tension diagram of isolated skeletal muscle fibers of frog. *Journal Cell Comp Physiol* v.15, p.11, 1940 , citado por Lehmkuhl e Smith (1989).
- RIANS, C.B.; WELTMAN, M.D.; CAHILL, B.R. et al. Strength training for prepubescent males: Is it safe? *The American Journal of Sports Medicine*, v.15, p.483-489, 1987.
- ROWE, P.H. Cartilage fracture due to weight lifting. *British Journal of Sports Medicine*, v.13, p.130-131, 1979.
- RYAN, J.R., SALCICCIOLI, G.G. Fractures of the distal radial epiphysis in adolescent weight lifters. *American Journal of Sports Medicine*, v.4, p.26-27, 1976.
- SAILORS, M.; BERG, K. Comparison of responses to weight training in pubescent boys and men. *The Journal of Sports Medicine*, v.27, p.30-37, 1987.
- SALE, D.G. Neural adaptation to resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.20, p.S135-145, 1988.
- SERVEDIO, F.J.; BARTELS, R.L.; HAMLIN, R.L. et al. The effects of weight training, using olympic lits, on various physiological variables in pre-pubescent boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.20, p.S288, 1985.
- SEWALL, L. ; MICHELI, L.J. Strength training for children. *Pediatric Exercise Science*, v.1, p.145-154, 1986.
- SIEGEL, J.A. ; CAMAIONE, D.N.; MANFREDI, T.G. The effects of upper body resistance training on prepubescent children. *Pediatric Exercise Science*, v.1, p.145-154, 1989.
- SOARES, J. ; MIGUEL, M.C.; MATSUDO, V.K. Desenvolvimento da força de preensão manual em função da idade, sexo, peso e altura em escolares de 7 a 18 anos. *Revista Brasileira de Ciências do Esporte*, v.2, n.2, p.20-24, 1981.

- STONE, M.H.; O'BRYANT, H.; GARHAMMER, J.G.; McMILLIAN, J.; ROZENEK, R. A theoretical model for strength training. *National Strength and Conditioning Association Journal*, v.4, p.36-39, 1982.
- STONE, M.H. Connective tissue and bone response to strength training. In *Strength and power in sport: The Encyclopaedia of Sports Medicine*, p. 279-90. Oxford: Blackwell, 1996
- SULLIVAN, J.A.; GRANA, W.A. The Pediatric Athlete. *American Academy of Orthopaedic Surgeons*, p 17-20, 1990.
- TANNER, J.M. *Growth at adolescence*. 2th ed. Oxford: Blackwell, 1962.
- TESCH, P.A. Skeletal muscle adaptations consequent to long-term heavy resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.20, p.S132-134, 1988.
- TIPTON, C.M.; MATTHES, R.D.; MAYNARD, J.A. et al. The influence of physical activity on ligaments and tendons. *Medicine and Science in Sports*, v.7, p.165-175, 1975.
- TONE, M.H. Implications for connective tissue and bone alterations resulting from resistance exercise training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, v.20, p.162-168, 1988.
- VANHELDER, W.P.; RADOMSKI, M.W.; GOODE, R.C. Growth hormone responses during intermittent weight lifting exercise in men. *European Journal Applied Physiology*, v.53, p.31-34, 1984.
- VRIJENS, J. Muscle strength development in the pre and postpubescent age. *Medicine in Sports*, v.11, p.152-158, 1978.
- WEBB, A .R.; NEWMAN, L.A . et al. Hand grip dynamometry as a predictor of postoperative complications reappraisal using age standardized grip strengths. *Am. J. Par. and Ent. Nut.* v.13, p.30-33, 1989.
- WEINECK, J. *Biologia do esporte*. São Paulo: Ed. Manole, 1991.
- WEISS, L.W.; CURETON, K.J.; THOMPSON, F.N. Comparison of serum testosterone and androsteredione responses to weight lifting in men and women. *European Journal of Applied Physiology*, v.50, p.413-419, 1983.
- WELTMAN, A .; JANNEY, C.; RIAN, C.B. et al. The effects of hydraulic resistance strength training in pre-puberal males. *Medicine and Science in Sports and Medicine*, v.18, p.629-638, 1986.
- WELTMAN, A. Weight training in prepuberal children: physiologic benefit and potential damage. In: BAR-OR, O. *Advances in Pediatric Sport Sciences*. Champaign: Human Kinetics, 1989. v.3 : **Biological issues**. p.101-129, 1989.

9. ANEXOS

Anexo 1. Valores individuais, média e DP da idade (anos), peso (kg) e altura (cm) dos meninos pré-púberes, grupo EXP, antes e após o treinamento.

SUJEITOS	IDADE	PESO PRÉ	PESO PÓS	ESTAT. PRÉ	ESTAT. PÓS
PPE1	10,5	30	30,4	133,5	134
PPE2	11,5	30,9	31,6	147,1	147
PPE3	11,5	29,8	31,1	138,2	141
PPE4	13	29,1	30,4	132	133,5
PPE5	11,5	36,8	36	136,2	137
MÉDIA	11,60	31,32	31,90	137,40	138,50
DP	0,89	3,13	2,35	5,93	5,61

Anexo 2. Valores individuais, média e DP da idade (anos), peso (kg) e altura (cm) dos meninos pré-púberes, grupo CON, antes e após o treinamento.

SUJEITOS	IDADE	PESO PRÉ	PESO PÓS	ESTAT. PRÉ	ESTAT. PÓS
PPC1	13	35,4	37,9	153,9	155,5
PPC2	14	33,9	35,2	145	145
PPC3	11	29,8	30,7	139,3	150
PPC4	11	36,2	38,1	149,8	160
MÉDIA	12,25	33,83	35,48	147,00	152,63
DP	1,50	2,85	3,45	6,29	6,52

Anexo 3. Valores individuais, média e DP da idade (anos), peso (kg) e altura (cm) dos meninos púberes, grupo EXP, antes e após o treinamento.

SUJEITOS	IDADE	PESO PRÉ	PESO PÓS	ESTAT. PRÉ	ESTAT. PÓS
PE1	13	33,1	34,4	140	141,5
PE2	15	40,7	43,9	157,8	160
PE3	16,5	52,6	55	163	162,5
PE4	12	30,4	32,1	136,3	138
MÉDIA	14,13	39,20	41,35	149,28	150,50
DP	2,02	9,94	10,44	13,11	12,54

Anexo 4. Valores individuais, média e DP da idade (anos), peso (kg) e altura (cm) dos meninos púberes, grupo CON, antes e após o treinamento.

SUJEITOS	IDADE	PESO PRÉ	PESO PÓS	ESTAT. PRÉ	ESTAT. PÓS
PC1	15,5	52	51,3	158,5	156
PC2	15	52,8	53,3	160,1	161,5
PC3	13,5	52,6	57,3	168	176,5
MÉDIA	14,67	52,47	53,97	162,20	164,67
DP	1,04	0,42	3,06	5,09	10,61

Anexo 5. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 90° do grupo EXP, nos pré-púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PPE1	15,6	15,04	-0,56
PPE2	13,87	15,16	1,29
PPE3	15,47	18,14	2,67
PPE4	13,37	16,41	3,04
PPE5	19,08	24,54	5,46
MÉDIA	15,48	17,86	3,12
DESVIO P.	2,24	3,94	1,74

Anexo 6. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 90° do grupo CON, nos pré-púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PPC1	17,23	15,17	-2,06
PPC2	16,04	16,87	0,83
PPC3	12,04	15,23	3,19
MÉDIA	15,10	15,76	0,65
DP	2,72	0,96	2,63

Anexo 7. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 130° do grupo EXP, nos pré-púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PPE1	10,11	15,83	5,72
PPE2	10,6	22,37	11,77
PPE3	14,33	18,85	4,53
PPE4	11,97	15,07	3,1
PPE5	16,19	29,19	13,0
MÉDIA	12,64	20,26	8,10
DP	2,57	5,76	5,01

Anexo 8. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 130° do grupo CON, nos pré-púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PPC1	10,93	11,39	0,46
PPC2	15,33	18,5	3,17
PPC3	11,41	15	3,59
MÉDIA	12,56	14,96	2,41
DP	2,41	3,56	1,70

Anexo 9. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 90° do grupo EXP, nos púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PE1	21,1	23,06	1,96
PE2	15,83	23,19	7,36
PE3	36,33	31,59	-4,74
PE4	12,6	15,35	2,75
MÉDIA	21,47	23,30	1,83
DP	10,51	6,63	4,99

Anexo 10. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 90° do grupo CON, nos púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PC1	30,36	33,16	2,8
PC2	23,53	24,68	1,15
PC3	30,33	30,52	0,19
MÉDIA	28,07	29,45	1,38
DP	3,93	4,34	1,32

Anexo 11. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 130° do grupo EXP, nos púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PE1	15,98	23,7	7,72
PE2	17,16	22,21	5,05
PE3	21,29	28,73	7,44
PE4	23,7	ND	-
MÉDIA	19,53	24,88	6,74
DP	3,59	3,42	1,47

ND= valor não mensurado por problema técnico

Anexo 12. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da flexão do cotovelo em 130° do grupo CON, nos púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PC1	24,94	30,15	5,21
PC2	18,99	13,44	-5,55
PC3	26,14	29,08	2,94
MÉDIA	23,36	24,22	0,87
DP	3,83	9,35	5,67

Anexo 13. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 90° do grupo EXP, nos pré-púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PPE1	36,82	39,18	2,36
PPE2	35,24	43,00	7,76
PPE3	35,45	42,55	7,1
PPE4	31,4	38,48	7,08
PPE5	54,64	67,77	13,13
MÉDIA	38,71	46,20	7,49
DP	9,13	12,22	3,82

Anexo 14. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 90° do grupo CON, nos pré-púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PPC1	45,48	53,46	7,98
PPC2	40,12	45,79	5,67
PPC3	34,65	34,74	0,09
MÉDIA	40,08	44,66	4,58
DP	5,42	9,41	4,06

Anexo 15. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 130° do grupo EXP, nos pré-púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PPE1	26,41	28,11	1,7
PPE2	32,28	40,18	7,9
PPE3	37,74	42,9	5,16
PPE4	22,38	27,27	4,89
PPE5	38,7	41,87	3,17
MÉDIA	31,50	36,07	4,56
DP	7,08	7,71	2,33

Anexo 16. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 130° do grupo CON, nos pré-púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PPC1	42,6	50,03	7,43
PPC2	42,32	45,11	2,79
PPC3	43,9	41,05	-2,85
MÉDIA	42,94	45,40	2,46
DP	0,84	4,50	5,15

Anexo 17. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 90° do grupo EXP, nos púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PE1	35,45	39,51	4,06
PE2	ND	51,62	-
PE3	49,77	69,22	19,45
PE4	42,35	42,56	0,21
MÉDIA	42,52	50,73	7,91
DP	7,16	13,36	10,18

ND= valor não mensurado por problema técnico

Anexo 18. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 90° do grupo CON, nos púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PC1	76,64	79,82	3,18
PC2	67,8	ND	-
PC3	66,33	71,84	5,51
MÉDIA	70,26	75,83	4,35
DP	5,58	5,64	1,65

ND= valor não mensurado por problema técnico

Anexo 19. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 130° do grupo EXP, nos púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PE1	35,45	39,51	4,06
PE2	ND	51,62	-
PE3	49,77	69,22	19,45
PE4	42,35	42,56	0,21
MÉDIA	42,52	50,73	7,91
DP	7,16	13,36	10,18

ND= valor não mensurado por problema técnico

Anexo 20. Valores individuais, média e DP em kg da força estática máxima da extensão do joelho em 130° do grupo CON, nos púberes.

SUJEITOS	ANTES	APÓS	Δ
PC1	76,64	79,82	3,18
PC2	67,8	ND	-
PC3	66,33	71,84	5,51
MÉDIA	70,26	75,83	4,35
DP	5,58	5,64	1,65

ND= valor não mensurado por problema técnico

Anexo 21. Termo de Consentimento

Convite para juntar-se ao estudo sobre atividade física em meninos

Folha de informação:

Um grupo de médicos e professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Hospital de Clínicas de Porto Alegre HCPA) e Escola de Educação Física (ESEF) irão avaliar e acompanhar meninos que irão participar de um programa de atividades físicas regulares.

Estas sessões de atividade serão de 60 minutos, 3 vezes por semana durante um período de 3 meses na ESEF.

Antes e depois dos 3 meses todas as crianças farão alguns testes para medir sua força, resistência e flexibilidade, na ESEF. Para medir o tamanho dos músculos será feita uma ecografia computadorizada (fotografia pelo computador) do braço e coxa (lado direito), no HCPA. Um exame de sangue será realizado para complementar a avaliação do estado nutricional.

Nenhum efeito prejudicial é esperado durante e após cada uma das sessões de exercícios ou testes realizados. A dose de radiação da ecografia é considerada desprezível. No máximo a criança pode se sentir um pouco cansada após as sessões de exercício.

A criança poderá, em qualquer momento, desistir de participar do programa de atividades, mesmo após os pais e/ responsável terem assinado esse termo de consentimento. Nenhum participante terá qualquer tipo de despesa financeira durante sua participação nesse estudo.

Se você ou seu filho tiverem alguma pergunta a fazer antes de decidir, sinta-se a vontade para fazê-la.

Termo de consentimento pós-informação

Eu, fui informado (a) dos objetivos acima especificados e da justificativa desta pesquisa, de forma clara e detalhada. Recebi informações específicas sobre os procedimentos no qual meu filho estará envolvido. Todas as minhas dúvidas e as do meu filho foram esclarecidas e sei que poderei solicitar novos esclarecimentos a qualquer momento. Fui informado (a) de que meu filho poderá se retirar do estudo em qualquer momento depois de assinado esse consentimento. Também sei que caso existam despesas financeiras, estas serão absorvidas pelo orçamento da pesquisa.

O profissional.....certificou-se de que as informações por mim fornecidas terão caráter confidencial.

Assinatura do pai/mãe e/ ou responsável:.....

Anexo 22. Calibração da célula de carga

No período de preparação dos equipamentos utilizados na coleta de dados, aplicou-se a Correlação de Pearson entre a força (em quilogramas) e a voltagem (em milivolts). A correlação foi considerada satisfatória ($r=0,99$). A força foi calculada através da seguinte fórmula:

$$F = a \cdot V + b$$

Onde:

a = inclinação da reta ($\alpha = 28,807$)

V = voltagem em mV

No gráfico a seguir, observa-se a correlação entre os pesos e a voltagem.

