



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Educação e Humanidades

Instituto de Educação Física e Desporto

Marcia Ramos Barroca

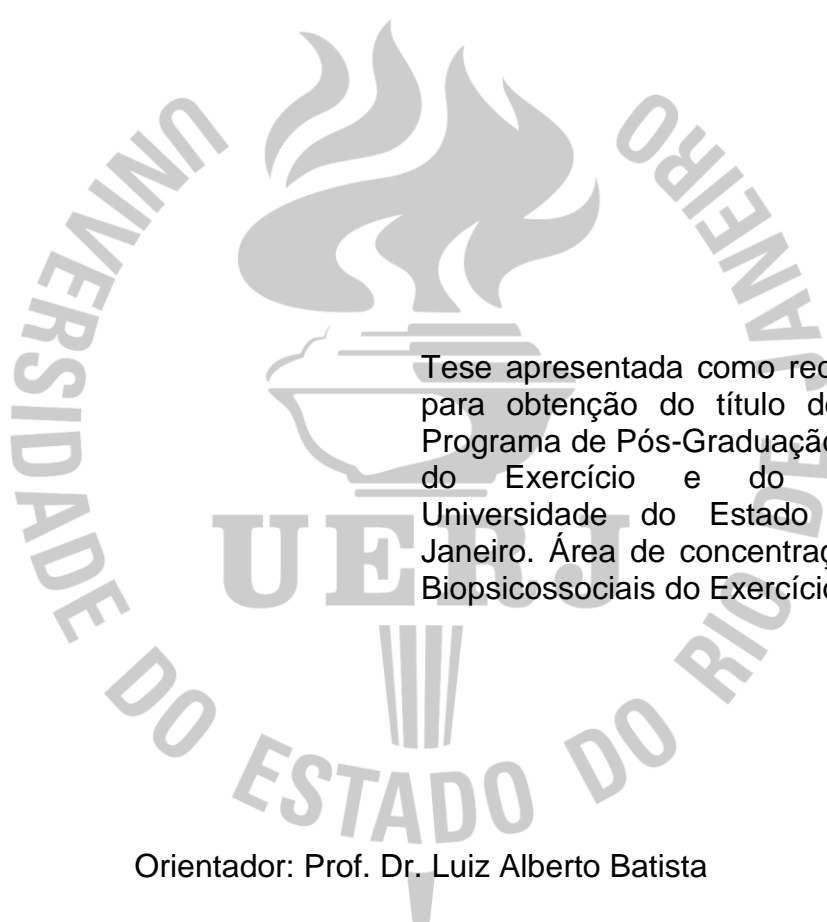
**Estudo da força de prensão manual em escolares: correlação com  
variáveis antropométricas e descrição de valores de referência**

Rio de Janeiro

2023

Marcia Ramos Barroca

**Estudo da força de preensão manual em escolares: correlação com variáveis antropométricas e descrição de valores de referência**



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

Orientador: Prof. Dr. Luiz Alberto Batista

Rio de Janeiro

2023

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

B277 Barroca, Marcia Ramos.

Estudo da força de preensão manual em escolares :  
correlação com variáveis antropométricas e descrição de  
valores de referência / Marcia Ramos Barroca. – 2023.  
205 f : il.

Orientador: Luiz Alberto Batista.

Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de  
Janeiro, Instituto de Educação Física e Desportos.

1. Força muscular - Teses. 2. Força da mão – Teses. 3.  
Aptidão física em crianças - Teses. 4. Aptidão física em  
adolescentes – Teses. 5. Valores de referência – Teses. 6.  
Crianças – Antropometria – Teses. 7. Adolescentes –  
Antropometria - Teses I. Batista, Luiz Alberto. II.  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de  
Educação Física e Desportos. III. Título.

CDU 796-053.5/6

Bibliotecária: Eliane de Almeida Prata CRB7 4578/94

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

---

Assinatura

---

Data

Marcia Ramos Barroca

**Estudo da força de preensão manual em escolares: correlação com variáveis antropométricas e descrição de valores de referência**

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

Aprovada em 27 de junho de 2023.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Luiz Alberto Batista  
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

---

Prof. Dr. Sérgio Medeiros Pinto  
Universidade Estácio de Sá

---

Prof. Dr. Igor da Silveira Carvalho  
Instituto Nacional de Tecnologia

---

Prof. Dr. Dirceu Ribeiro Nogueira da Gama  
Instituto de Educação Física e Desportos – UERJ

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Tainá de Souza Oliveira  
Instituto de Educação Física e Desportos - UERJ

Rio de Janeiro

2023

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, em especial a minha mãe Marília Ramos Barroca (in memoriam) e ao meu sogro Karl Walter (in memoriam) que sempre me deram apoio e acreditaram no meu potencial.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, a Deus que por misericórdia me manteve viva e saudável. Sempre concedendo força, coragem e resiliência para que eu pudesse prosseguir vencendo os obstáculos, que foram muitos. Agradeço por cada momento, pelas alegrias e tristezas, pelo cuidado e pelas amizades consolidadas nestes últimos 8 anos.

Agradeço ao meu orientador Dr. Luiz Alberto Batista, meu professor amigo, que acreditou e apostou no meu potencial, por me tranquilizar durante o processo de criação, por ser minha fonte de inspiração, por ser gentil, paciente e carinhoso durante toda a jornada, por me ajudar e incentivar nos momentos difíceis, por me oportunizar a realização desse trabalho.

Agradeço ao professor Dr. Igor Silveira de Carvalho, cuja calma foi infinita durante esse processo estressante, por ser meu anjo guardião.

À professora Dra. Tainá de Oliveira pelos momentos compartilhados, pela amizade sincera, pelo desprendimento e boa vontade.

Aos meus amigos, em especial à Priscila Bezerra, Eliane Dutra e Sílvia Paula dos Santos, por estarem comigo em todos os momentos.

Às minhas filhas Karina Cristina Ramos Walter e Ana Carolina Ramos Walter pela paciência e compreensão nos períodos em que estive ausente.

À minha irmã Maria Helena Ramos Barroca e ao meu cunhado José Fernandes de Oliveira Neto pela amizade verdadeira, pelo incentivo, pelas sugestões e correções ao meu texto, pela audiência em minhas apresentações e pela torcida e vibração a cada conquista.

Ao meu companheiro Carlos José Camelo Rodrigues pelo carinho, incentivo e apoio incondicional.

Obrigada a todos, que direta ou indiretamente, estiveram comigo nessa jornada.

## RESUMO

BARROCA, Marcia Ramos. *Estudo da força de preensão manual em escolares: correlação com variáveis antropométricas e descrição de valores de referência*. 2023. 205f. Tese (Doutorado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

A força muscular (FM) é um importante aspecto da aptidão física e da condição de saúde. A sua diminuição está associada a doenças, agravos à saúde e mortalidade em diferentes populações. Dentre os testes que mensuram a capacidade de gerar força dos grupos musculares, o de força de preensão manual (FPM) é o que melhor afere a habilidade de produzir FM de forma geral. Informações dinamométricas e antropométricas têm importância reconhecida em pesquisas científicas, na clínica médica e para indústria, porém poucos estudos investigaram a relação entre antropometria e FPM em crianças e adolescentes. O objetivo do presente estudo é produzir informações acerca do grau de relacionamento entre variáveis antropométricas da mão e graus de FPM, em crianças e adolescentes brasileiros matriculados no ensino fundamental de escola pública do município do Rio de Janeiro, assim como organizar um quadro síntese dos valores de referência da capacidade de gerar FPM por crianças e adolescentes hígidos. Para cumprir o objetivo descrito, foram realizados dois estudos. O primeiro, coletou dados de 583 indivíduos (278 meninas e 305 meninos) de 11 a 17 anos de uma escola pública da cidade do Rio de Janeiro. A amostra foi estratificada por idade e sexo. Foram mensuradas as medidas antropométricas de massa corporal total, estatura, largura da palma das mãos (LPM), comprimento longitudinal das mãos (CTM) e tamanho do palmo das mãos (TPM) dominante e não dominante dos escolares. O dinamômetro hidráulico Jamar® foi utilizado para mensurar a capacidade de gerar FPM. Os dados foram tratados utilizando-se os testes test-t de Student, U de Mann-Whitney, Pearson e Spearman. No segundo estudo, foi realizada uma revisão sistemática, que incluiu artigos completos revisados por pares, sem restrição de idioma ou data de publicação, em que foi utilizada a dinamometria manual para avaliar a capacidade de gerar força de crianças e adolescentes hígidos com desenvolvimento típico. A avaliação quantitativa foi realizada por meio de metanálise. Os resultados do primeiro estudo mostraram um aumento da capacidade de gerar FPM na adolescência e uma diferença significativa entre os sexos a partir dos 13 anos, onde os meninos produziram maiores valores de FPM. A capacidade de gerar FPM se correlacionou com todas as variáveis antropométricas estudadas, porém as correlações com a massa e com a LPM se destacaram em ambos os sexos. No segundo estudo foram identificados 133 artigos nas bases de dados e usados 10 artigos para a metanálise gerando um quadro síntese dos valores de referência da capacidade de gerar FPM de crianças e adolescentes de 4 a 17 anos.

Palavras chave: Força de preensão. Adolescentes. Crianças. Antropometria da mão. Valores de referência.

## ABSTRACT

BARROCA, Marcia Ramos. *Study of handgrip strength in schoolchildren: correlation with anthropometric variables and description of reference values*. 2023. 205f. Tese (Doutorado em Ciências do Exercício e do Esporte) – Instituto de Educação Física e Desportos, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Muscle strength is an important aspect of physical health and fitness. Its decrease is associated with diseases, health problems and mortality in different diseases. Among the tests that measure the ability to generate force in muscle groups, the hand grip strength (HGS) is the one that best measures the ability to produce muscle strength in general. Dynamometric and anthropometric information have recognized importance in scientific research, in the medical clinic and in the industry, but few studies investigate the relationship between anthropometry and HGS in children and adolescents. The aim of the present study is to produce information on the relationship between anthropometry and HGS in Brazilian children and adolescents enrolled in elementary public school in the city of Rio de Janeiro, as well as to organize a summary table of the reference values of the ability to generate HGS for healthy children and adolescents. To fulfill the objective described, two studies are being carried out. The first, collected data from 583 students (278 girls and 305 boys) aged 11–17 years from a public school in the city of Rio de Janeiro. Sampling stratification was carried out according to age and sex. The students' anthropometrics, height, hand width, hand length and hand span were measured. The Jamar® hydraulic dynamometer was used to measure the ability to generate HGS. Statistical analysis was carried using Student's t test, Mann-Whitney U test, Pearson and Spearman test. In the second study, a systematic review was carried out, which included complete peer-reviewed articles, with no restriction on language or publication date, in which hand dynamometry was used to assess the ability to generate force in healthy children and adolescents with typical development. Quantitative assessment was performed through meta-analysis. The results of the first study showed an increase in the ability to generate HGS in adolescence and a significant difference between the sexes from the age of 13, where boys produced higher HGS values. The ability to generate HGS was correlated with all anthropometric variables studied, but the correlations with body mass and hand width stood out in both sexes. In the second study, 133 articles were identified in the databases and 10 articles were used for the meta-analysis, generating a summary table of the reference values of the ability to generate HGS of children and adolescents aged 4 to 17 years.

Keywords: Handgrip strength. Adolescent. Child. Hand anthropometrics. Reference values.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Face dorsal da mão esquerda.....	30
Figura 2 -	Tipos de preensão manual.....	33
Figura 3 -	Dinamômetro hidráulico Saehan®.....	35
Figura 4 -	Dinamômetro hidráulico Jamar®.....	36
Figura 5 -	Dinamômetro pneumático de bulbo Baseline®.....	37
Figura 6 -	Dinamômetro Smedley Saehan®.....	37
Figura 7 -	Dinamômetro MIE pinch/grip Analyser.....	38
Figura 8 -	Tamanho do palmo da mão.....	47
Figura 9 -	Comprimento total da mão.....	47
Figura 10 -	Largura da palma da mão.....	48
Figura 11 -	Três representações de mãos (mãos quadrada, mediana e alongada).....	49
Figura 12 -	Aferição da estatura.....	59
Figura 13 -	Medida da massa corporal total.....	60
Figura 14 -	Mensuração do comprimento total da mão.....	61
Figura 15 -	Mensuração da largura da palma da mão com o Segmômetro Palmar Escolar®.....	61
Figura 16 -	Mensuração do tamanho do palmo da mão com o Segmômetro Palmar Escolar®.....	62
Figura 17 -	Segmômetro Palmar Escolar®.....	63
Figura 18 -	Aferição da força de preensão manual usando o dinamômetro Jamar®.....	64
Figura 19 -	Distribuição da força média das mãos dominante e não dominante	

	em kgf de acordo com a idade e sexo.....	72
Figura 20 -	Gráficos de dispersão da mão dominante aos 16 anos.....	78
Figura 21 -	Gráficos de dispersão da mão não dominante aos 16 anos.....	78
Figura 22 -	Gráfico de dispersão da mão dominante aos 17 anos.....	79
Figura 23 -	Gráficos de dispersão das mãos dominante e não dominante no sexo masculino aos 17 anos.....	81
Figura 24 -	Gráfico de dispersão da mão dominante no sexo feminino aos 17 anos.....	83
Figura 25 -	Gráficos de dispersão da mão não dominante no sexo feminino aos 17 anos.....	83
Figura 26 -	Fluxograma das etapas de seleção dos artigos .....	95
<b>Artigo</b>		
Figure 1 -	Size of the hand span (A) and the hand width (B) using the PALMAR ESCOLAR SEGMOMETER®.....	168
Figure 2 -	Values of Hand Grip Strength (in kilogram-force) of the dominant hand in boys (n = 280) and girls (n = 261) according to age.....	172

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Amostra estratificada por idade e sexo.....	57
Tabela 2 -	Interpretação do coeficiente de correlação.....	66
Tabela 3 -	Caracterização da amostra (media $\pm$ DP).....	70
Tabela 4 -	Dados antropométricos das mãos estratificados por idade e sexo (média $\pm$ DP).....	71
Tabela 5 -	Capacidade de gerar força de preensão manual (kgf) nas mãos dominante e não dominante de toda amostra.....	72
Tabela 6 -	Capacidade de gerar força das mãos dominante e não dominante conforme a idade.....	73
Tabela 7 -	Correlação entre a capacidade de gerar força da mão e as variáveis antropométricas.....	74
Tabela 8 -	Capacidade de gerar força das mãos dominante e não dominante conforme a idade e sexo.....	75
Tabela 9 -	Correlação entre a capacidade de gerar FMD e as variáveis antropométricas estratificadas por idade.....	79
Tabela 10 -	Correlação entre a capacidade de gerar FMND e as variáveis antropométricas estratificadas por idade.....	80
Tabela 11 -	Correlação entre a capacidade de gerar FMD e as variáveis antropométricas.....	81
Tabela 12 -	Correlação entre a capacidade de gerar FMND e as variáveis antropométricas.....	82
Tabela 13 -	Valores da largura da palma da mão (cm) para ambos os sexos e desvios padrão.....	86
Tabela 14 -	Valores do comprimento total das mãos (cm) dominante e não dominante, direita e esquerda para ambos os sexos e desvios padrão.....	88

Tabela 15 - Valores médios da capacidade de gerar FPM da mão dominante e desvios padrão em quilograma força (kgf).....	89
Tabela 16 - Síntese de estudos com normas e valores de referência da capacidade de gerar FPM (kgf) com os resultados para as mãos dominante e não dominante.....	96
Tabela 17 - Síntese de estudos com normas e valores de referência da capacidade de gerar FPM (kgf) com resultados para as mãos direita e esquerda.....	107
Tabela 18 - Síntese de estudos com normas e valores de referência da capacidade de gerar FPM (kgf) com base na média dos resultados de ambas as mãos.....	117
Tabela 19 - Síntese de estudos com normas e valores de referência da capacidade de gerar FPM (kgf) com os resultados expressos em percentil 50.....	120
Tabela 20 - Interpretação dos resultados da FPM.....	125
Tabela 21 - Valores de referência da FPM (kgf) da mão dominante de estudos sul e norte americanos.....	133
Tabela 22 - Valores de referência da FPM (kgf) da mão dominante de estudos da Europa e Oriente Médio.....	135
Tabela 23 - Valores de referência da FPM (kgf) da mão direita de estudos sul e norte americanos.....	136
Tabela 24 - Especificação contributiva da amostra de 12 fontes para a metanálise da FPM de meninos e meninas de diferentes idades	139
Tabela 25 - Valores das médias da capacidade de gerar FPM (kgf) para a MD nos sexos feminino e masculino.....	140
Tabela 26 - Valores das médias da capacidade de gerar FPM (kgf) para a MND nos sexos feminino e masculino.....	141

## Artigo

Table 1 -	Values of Hand Grip Strength (kgf) of the dominant hand stratified by gender.....	170
Table 2 -	Values of Hand Grip Strength (kgf) of the dominant hand stratified by age and gender.....	170
Table 3 -	Anthropometric characteristics stratified by age and gender (mean $\pm$ standard deviation).....	171
Table 4 -	Correlation coefficient (r) of Hand Grip Strength with anthropometric variables.....	173

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FM	Força Muscular
FPM	Força de Preensão Manual
LPM	Largura da Palma da Mão
CTM	Comprimento Longitudinal ou Total da Mão
TPM	Tamanho do Palmo da Mão
ASHT	American Society of Hand Therapists
FMD	Capacidade de gerar Força da Mão Dominante
FMND	Capacidade de gerar Força da Mão Não Dominante
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
LPMD	Largura da Palma da Mão Dominante
LPMND	Largura da Palma da Mão Não Dominante
CTMD	Comprimento Total da Mão Dominante
CTMND	Comprimento Total da Mão Não Dominante
TPMD	Tamanho do Palmo da Mão Dominante
TPMND	Tamanho do Palmo da Mão Dominante
Kgf	Quilograma-força
N	Newton
Lbf	Libra-força
MD	Mão Dominante
MND	Mão Não Dominante
IMC	Índice de Massa Corporal
SPSS	Statistical Package for the Social Science
PRISMA	Relatório de Revisões Sistemáticas e Metanálise
REVMAN	Review Manager
MR	Marcia Ramos
LAB	Luiz Alberto Batista
CI	Intervalo de Confiança

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	16
1	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	23
1.1	<b>Saúde</b> .....	23
1.2	<b>Atividade física, força muscular e saúde</b> .....	24
1.3	<b>Força de preensão</b> .....	29
1.3.1	<u>Dinamômetros usados na avaliação da força de preensão manual</u> ..	34
1.3.2	<u>Protocolos e métodos usados na avaliação da força de preensão manual</u> .....	38
1.3.3	<u>Fatores biológicos que podem influenciar a capacidade de gerar FPM</u> .....	42
1.3.4	<u>Fatores físicos que podem influenciar a capacidade de gerar FPM</u> ..	45
1.3.5	<u>Valores de referência da FPM em crianças e adolescentes</u> .....	46
1.4	<b>Parâmetros antropométricos da mão</b> .....	46
1.5	<b>Estado da arte do tema foco do estudo</b> .....	49
2	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	55
2.1	<b>Materiais e método adotados na consecução do primeiro estudo</b> .....	55
2.1.1	<u>Aspectos éticos</u> .....	55
2.1.2	<u>Seleção da amostra</u> .....	56
2.1.3	<u>Critérios de inclusão e exclusão</u> .....	57

2.1.4	<u>Instrumentos e procedimentos da coleta de dados</u> .....	58
2.1.5	<u>Medidas antropométricas</u> .....	59
2.1.6	<u>Medida da capacidade de gerar força de preensão manual</u> .....	63
2.1.7	<u>Tratamento estatístico dos dados</u> .....	65
2.2	<b>Materiais e método adotados na consecução do segundo estudo</b> .....	66
2.2.1	<u>Estratégia de busca</u> .....	66
2.2.2	<u>Critérios de elegibilidade</u> .....	67
2.2.3	<u>Avaliação do risco de viés</u> .....	67
2.2.4	<u>Análise estatística</u> .....	68
3	<b>RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS</b> .....	69
3.1	<b>Primeiro estudo</b> .....	69
3.1.1	<u>Comparação entre as variáveis</u> .....	69
3.1.2	<u>Correlação entre as variáveis</u> .....	76
3.2	<b>Segundo estudo</b> .....	93
3.2.1	<u>Características dos estudos incluídos</u> .....	94
3.2.2	<u>Interpretação dos resultados da FPM</u> .....	125
3.2.3	<u>Características da padronização dos estudos que avaliaram a FPM</u>	129
3.2.4	<u>Resultados da metanálise</u> .....	137
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	144
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	146



<b>APÊNDICE A</b> – Artigo publicado no jornal International Journal of Occupational Safety and Ergonomics.....	163
<b>APÊNDICE B</b> - Termo de Assentimento para Menores.....	185
<b>APÊNDICE C</b> - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	187
<b>ANEXO A</b> – Parecer consubstanciado do CEP.....	190
<b>ANEXO B</b> – Forest plots gerados pela metanálise.....	193

## INTRODUÇÃO

A capacidade de produzir força por meio da ação muscular é um componente importante da aptidão física de um indivíduo, sendo o status dessa capacidade um indicador efetivo de sua condição de saúde (WIND *et al.*, 2010). O desenvolvimento anormal da capacidade de gerar força pode estar associado a ocorrências importantes, tais como a instalação de quadros de desnutrição (FLOOD, 2014) e instalação e progressão de diferentes tipos de doenças (CARREIRA *et al.*, 2010).

Para além de servir como indicador de aptidão física e saúde, a geração de força por meio da ação muscular tem uma função prática, constituindo um importante elemento de operacionalidade corporal motora, o que possibilita ao ser humano cumprir um vastíssimo repertório de tarefas motoras. Neste sentido, mais que a mera geração de força é preciso entender as facetas do uso prático desta em ações operacionais.

A inadequação na aplicação da força muscular, mesmo em ações cotidianas como levantar, transportar ou manusear ferramentas e outros objetos pode resultar em consequências graves como, por exemplo, o acometimento de diferentes tipos de lesões em estruturas corporais (MALEKI-GHAHFAROKHI *et al.*, 2019). Evidências sugerem que o uso inadequado da força muscular geralmente está associado a presença de distúrbios musculoesqueléticos causados por traumas cumulativos (IQBAL *et al.*, 2017) que vem acompanhados da diminuição progressiva da força à medida que a gravidade do distúrbio aumenta (CARBON *et al.*, 2020). Este quadro frequentemente se torna um ciclo vicioso de causa e efeito de difícil tratamento que tende a perdurar por longos períodos de tempo, comprometendo, por vezes de forma severa, a qualidade de vida das pessoas (SOUZA; SANTANA, 2011; BRASIL, 2012a).

Segundo PINHO *et al.* (2013), as lesões resultantes da má aplicação da força muscular podem resultar no estabelecimento de um número significativo de doenças inflamatórias do sistema musculoesquelético, as quais são referidas como distúrbios que tendem a afetar músculos, nervos, articulações, discos intervertebrais, cartilagens, tendões e ligamentos com manifestações pontuais, regulares ou crônicas.

Malina *et al.* (2009) esclarecem que a melhora natural na capacidade de produzir força por meio da ação muscular acompanha o crescimento e o desenvolvimento infantil, sendo que evidências indicam a existência de uma importante variabilidade no nível dessa capacidade quando comparamos adolescentes de uma mesma faixa etária (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002). Essa variabilidade é explicada por mudanças no comportamento de diferentes variáveis, principalmente aquelas relacionadas aos estados hormonal, neurológico e muscular dos indivíduos (RÉ, 2011). Some-se a isso o fato dos períodos de vida denominados infância e adolescência serem marcados pelo crescimento corporal acelerado, com importante taxa de alteração das dimensões corporais (RÉ, 2011), evento conhecido como estirão de crescimento (PINTO *et al.*, 2017). Esta alta taxa de mudança nas dimensões corporais está associada a importantes modificações no processo final de uso da força, uma vez que, devido a estrutura biomecânica inerente as ações motoras que efetivam sua aplicação prática, diferentes dimensões corporais, notadamente no caso dos comprimentos, tendem a gerar resultados de magnitudes diferentes para uma mesma quantidade de força gerada (DONSKOY; ZATSIORSKY, 1979).

Esta é, provavelmente, a causa de o crescimento corporal impactar diretamente na capacidade de aplicar força muscular (RÉ, 2011), o que afeta o desempenho na execução de tarefas motoras e, conseqüentemente, na forma como crianças e adolescentes se relacionam com o ambiente físico em que vivem (FUNDAÇÃO VALE, 2013).

O reconhecimento da evidente relevância importância de questões relacionadas à produção e uso da força suscitou a que especialistas passassem a estudar diferentes aspectos relacionados ao tema, dentre eles, aqueles relacionados a busca por um indicador geral do estado da capacidade de geração de força. O presente estado da arte do conhecimento científico produzido acerca desta temática dá fundamento a posição do European Working Group on Sarcopenia in Older People, o qual admite que o estado da Força de Preensão Manual (FPM) é o indicador que melhor proporciona conhecimento acerca da condição geral da capacidade de um indivíduo de produzir força muscular (CARREIRA *et al.*, 2010).

Apesar da importância do teste de FPM, diversas investigações a respeito da capacidade de gerar FPM em crianças e adolescentes utilizaram procedimentos, instrumentos e medidas diversas das recomendadas pela American Society of Hand

Therapists (ASHT), comprometendo a comparação entre resultados encontrados por diferentes autores, o que sugere a necessidade de complementação das recomendações existentes e padronização de procedimentos de coleta de dados.

No caso específico de crianças e adolescentes, o teste da FPM, já goza de algum grau de autenticidade científica, a qual foi comprovada como estratégia de avaliação (SOSTISSO *et al.*, 2020). No entanto, o mais importante é que os resultados obtidos com a aplicação do referido teste apresentam alta correlação com a força muscular total, o que justifica seu uso como instrumento válido e confiável nessa população (PETERSON *et al.*, 2013). Por isso ele é considerado um bom teste de triagem, que, em conjunto com outros, pode auxiliar na identificação precoce de uma série de doenças e lesões que reduzem a capacidade de gerar força em crianças e adolescentes (OMAR *et al.*, 2018). Quanto a isto é importante ressaltar que a identificação de alterações anormais no estado da variável FPM, durante a infância, pode ajudar a prevenir doenças, contribuindo para que o indivíduo realize ações que proporcionem um bom estado de saúde e mantenha esta condição na vida adulta (HOGREL *et al.*, 2015).

Como aludido em parágrafos anteriores, o desenvolvimento da criança impacta diretamente as dimensões corporais e fatores como a estatura, massa corporal e idade cronológica são determinantes na capacidade de gerar força (SCHNEIDER; RODRIGUES; MEYER, 2002). No caso da FPM, as medidas antropométricas da mão parecem ter importância fulcral, uma vez ser este o sistema mecânico dedicado a dar aplicação operacional a força gerada pelos músculos (Hall, 2016). De fato, pesquisadores admitem que a configuração antropométrica da mão se mostra fortemente relacionada à preensão manual em adultos (NICOLAY; WALKER, 2005; FERNANDES *et al.*, 2011; CHANG *et al.*, 2015), mas em crianças e adolescentes esta relação foi pouco investigada, assim como o padrão esperado da capacidade de gerar FPM.

O exposto indica que informações precisas sobre dados antropométricos podem efetivamente servir de base tanto para a padronização de procedimentos de pesquisa voltados ao estudo da capacidade de produzir FPM (ESTEVES *et al.*, 2005), quanto para a proposição de como aplicá-la, de forma eficaz e eficiente, no desempenho de diferentes tarefas motoras (MALEKI-GHAHFAROKHI *et al.*, 2019).

Levando-se em conta a existência de uma lacuna de informações acerca da relação entre FPM e as dimensões da mão em crianças e adolescentes, assim como

a existência de diferenças morfológicas interpessoais que decorrem de fatores como idade, etnia, região e cultura e o uso de diferentes protocolos de coleta de dados envolvidos no teste de FPM, julgamos pertinente propor que os dados antropométricos e dinamométricos de adolescentes brasileiros fornecem informações importantes que podem ser utilizadas em pesquisas científicas, na clínica médica e na indústria de bens de consumo.

Com a finalidade de contribuir com o preenchimento da vacuidade apontada neste prólogo perspectivamos, com este estudo, analisar e descrever parâmetros da capacidade de gerar FPM em crianças e adolescentes hígidos.

## JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A capacidade de gerar força através da ação muscular é um componente importante da aptidão física e se desenvolve à medida que ocorre o crescimento e amadurecimento do indivíduo. O status dessa habilidade é um indicador eficaz de sua condição de saúde (WIND *et al.*, 2010).

No entanto, o uso correto dessa capacidade também é um importante fator, uma vez que a inadequação na aplicação da força muscular, mesmo nas ações diárias como levantar, transportar ou manusear ferramentas e outros objetos pode tanto resultar no comprometimento da eficácia e eficiência no cumprimento de tarefas motoras, quanto na instalação de diferentes tipos de lesões em estruturas corporais (MALEKI-GHAFAROKHJ *et al.*, 2019), principalmente no sistema musculoesquelético. De fato, há consistentes evidências de que o uso inadequado da força muscular geralmente está associado a distúrbios causados por trauma cumulativo (IQBAL *et al.*, 2017), sendo que a força máxima tende a diminuir progressivamente à medida que a gravidade do distúrbio aumenta (CARBONE *et al.*, 2020).

Notadamente durante a infância, a existência de dados indicativos de estados esperados de tal capacidade para determinados momentos de vida, constitui informação útil, uma vez que possibilitará uma interpretação mais precisa dos valores obtidos em exames periódicos. Isso permitirá, em primeiro grau, não só a avaliação em ambiente hospitalar, mas também no trabalho de investigação de doenças que interferem na capacidade de gerar força muscular (CARREIRA *et al.*, 2010).

A escassez de informações acerca do padrão esperado para o estado da capacidade de gerar a FPM constitui um importante obstáculo à efetivação de processos de acompanhamento do desenvolvimento motor e da saúde de crianças brasileira em idade escolar, especialmente no que diz respeito a realização de avaliações periódicas destes indivíduos. Pode-se objetar que há no acervo da literatura científica diferentes trabalhos sobre preensão manual (JARIC, 2002; FREDRIKSEN, 2006; CARREIRA *et al.*, 2010; MOLENAAR *et al.*, 2010; WIND *et al.*, 2010) e sobre a antropometria da mão (NICOLAY; WALKER, 2005; MCDOWELL *et al.*, 2012). No entanto, ao procedermos a uma análise de parte deste acervo, poucos

foram os que investigaram crianças e adolescentes, e dentre os que o fizeram, há alguns nos quais os autores usaram as medidas antropométricas da mão classificando-as pelo formato (CLERK *et al.*, 2005) e/ou pelo tamanho (ESTEVES *et al.*, 2005), identificando os graus de relacionamento dos resultados destas classificações com a capacidade de FPM. Outros autores, como Ruiz-Ruiz (2006) e España-Romero *et al.* (2008), estudaram a medida do tamanho do palmo da mão com o propósito de encontrar a empunhadura ideal a ser utilizada no dinamômetro manual para aferição dessa capacidade, mas poucos, como Häger-Ross e Rösblad (2002), fizeram diretamente um estudo correlacional entre medidas antropométricas e a capacidade de gerar FPM em crianças e adolescentes.

De fato, já está comprovado que dados antropométricos podem efetivamente servir de base tanto para a padronização de procedimentos de pesquisa voltados tanto ao estudo da capacidade de produzir FPM (ESTEVES *et al.*, 2005) quanto para delinear proposições de como aplicá-la, de forma eficaz e eficiente, no desempenho de diferentes tarefas motoras (MALEKI-GHAFAROKHJ *et al.*, 2019). Sendo assim, tendo em conta a lacuna de informações existentes sobre a capacidade de gerar FPM e sua relação com as dimensões da mão de crianças e adolescentes brasileiros e sabendo-se que existem diferenças morfológicas decorrentes de fatores como idade, etnia, região e cultura, é justificável propor que dados antropométricos e dinamométricos de adolescentes brasileiros fornecerão informações importantes que poderão ser empregadas no processo de triagem de enfermidades e monitoramento da saúde, bem como utilizadas por projetistas de toda ordem, para propor e desenvolver produtos e equipamentos ergonomicamente adequados e seguros para este segmento da população brasileira (MALEKI-GHAFAROKHJ *et al.*, 2019, ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

Analisar e descrever parâmetros da capacidade de gerar força de preensão manual de crianças e adolescentes hígidos.

### **Objetivos específicos**

1. Caracterizar a antropometria de adolescentes de 11 a 17 anos;
2. Comparar a variação da capacidade de gerar força muscular de preensão entre os sexos em função da idade cronológica;
3. Identificar o grau de relação entre capacidade de gerar força muscular de preensão, idade cronológica, massa corporal total e estatura;
4. Identificar o grau de relação entre capacidade de gerar força muscular de preensão, largura de palma de mão, comprimento de mão e tamanho de palmo.
5. Elaborar uma revisão sistematizada com vistas a identificar um padrão na capacidade de gerar FPM em função do sexo e idade cronológica.



# 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

## 1.1 Saúde

Uma primeira compreensão do que seja saúde pode ser encontrada na ideia de “ausência de doença”. Apesar das críticas, essa noção parece fazer parte do senso comum, abrangendo não só as pessoas consideradas leigas, mas também boa parte dos profissionais de saúde. Não é à toa que a prevalência de doenças e a mortalidade são marcadores importantes nos estudos sobre saúde (Palma, 2020).

Na tentativa de superar o conceito anteriormente exposto, a Organização Mundial da Saúde define o conceito de saúde como “o estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença” (BRASIL, 1997, p.65). Esse conceito, que parece ser um avanço, está incompleto, pois deixa de considerar contextos e condições sociais que interferem no conceito de saúde (PALMA, 2020). Minayo (1992, p.10) apresenta a definição de saúde segundo a VII Conferência Nacional de Saúde:

“Saúde é o resultante das condições de alimentação, habitação, renda, meio ambiente, trabalho, transporte, emprego, lazer, liberdade, acesso e posse da terra e acesso aos serviços de saúde”.

Embora a “situação de perfeito bem-estar físico, mental e social da pessoa” ser considerada ultrapassada e incompleta (PALMA, 2001), por ser utópica e visar a uma situação intangível (SEGRE; FERRAZ, 1997), é o conceito/objetivo que organismos nacionais e internacionais vêm trabalhando incansavelmente para atingir.

O Art. 196 da Constituição Federal declara que:

Saúde é um direito de todos e dever do estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco da doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços, para sua promoção, proteção e recuperação (BRASIL, 1988, Art.196).

Saúde é um direito de todos e dever do estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco da doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços, para sua promoção, proteção e recuperação (BRASIL, 1988, Art.196). Nesse sentido, saúde é um conceito positivo, que enfatiza os recursos sociais e pessoais, bem como as capacidades físicas”

(CARTA DE OTTAWA, 1986, p.1) e engloba vários fatores associados à situação de saúde/doença de uma pessoa. Dentre esses fatores incluem-se condicionantes biológicos, o meio físico, assim como o socioeconômico e cultural, o acesso à educação e ao lazer, a liberdade, aos serviços de promoção e recuperação da saúde e a prática de atividade física (BRASIL, 1997).

A saúde pública tornou-se fonte de preocupação há algumas décadas, sendo dever do Estado, a sua promoção. Nos anos 60 as orientações voltadas para o controle de enfermidades deram espaço a prevenção e promoção da saúde. Desde então, várias conferências multinacionais foram realizadas, Ottawa (1986), Adelaide (1988), Sundsvall (1991), Jacarta (1997), México (1999) entre outras (AERTS *et al.*, 2004).

Durante esses encontros foram propostas ações voltadas para a promoção da saúde da população, e neste sentido, os ambientes coletivos como escolas, universidades e locais de trabalho tornaram-se espaços favoráveis ao desenvolvimento de projetos direcionados para a promoção da saúde (BRASIL, 2002). A partir de então, acredita-se ser importante que o poder público se responsabilize pelo desenvolvimento de políticas intersetoriais, reunindo setores da Saúde e Educação, que visem à promoção da saúde da coletividade (AERTS *et al.*, 2004).

Em 2007, o governo federal lançou o Programa Nacional de Saúde na Escola (BRASIL, 2008) com o objetivo de ampliar ações específicas relacionadas a saúde dos alunos das escolas públicas (CHIARI *et al.*, 2018).

A escola se apresenta como espaço ideal para o desenvolvimento de ações preventivas, estratégias de triagem e possível encaminhamento aos serviços de saúde pertinentes (CASEMIRO; FONSECA; SECCO, 2014) devido a obrigatoriedade da frequência às aulas, a permanência das crianças na escola por período considerável de tempo (COUTO *et al.*, 2016) e pela existência de profissional envolvido com a comunidade escolar e qualificado a realizar ações de triagem nesse ambiente, o professor de Educação Física.

## **1.2 Atividade física, força muscular e saúde**

Alguns fatores estão associados ao status de saúde de um indivíduo como alimentação e atividade física. Bons hábitos alimentares e prática regular de atividade física tem papel importante na **Saúde** das pessoas, e para se manter uma vida saudável a recomendação do Guia Alimentar para a População Brasileira (2014) é manter uma alimentação sadia e equilibrada com a ingestão privilegiada de frutas, fibras, verduras, cereais integrais e leguminosas, diminuindo a ingestão de açúcar, sal e produtos alimentícios prontos para consumo.

Considera-se atividade física qualquer atividade que movimente a musculatura corporal e que tenha como resultado o gasto de energia em valores superiores ao gasto em repouso (CASPERSEN *et al.*, 1985). As mais simples ações do cotidiano são consideradas atividades físicas, como por exemplo o movimento que produzimos enquanto andamos ou dançamos, corremos, subimos e descemos escadas, entre outras, sendo sua prática apontada como um comportamento que contribui com o alcance e manutenção de um bom estado de saúde. Em decorrência disso, deve ser praticada com regularidade em todas as idades, pois traz inúmeros benefícios atuando como fator de prevenção de inúmeras doenças. Entre os benefícios da atividade estão (BRASIL, 2006a; BRASIL, 2006b; WHO, 2010): aumento da **força muscular** (FM); aumento do bem-estar e da autoestima; correlações favoráveis com redução do tabagismo e do consumo de álcool e drogas; melhor funcionamento corporal e preservação da independência de idosos; melhoria da capacidade cardiovascular e respiratória; melhoria do nível de saúde mental com diminuição da depressão e alívio do estresse; melhoria do perfil lipídico, da pressão arterial em hipertensos, da tolerância à glicose e da ação da insulina; melhoria do sistema imunológico; prevenção da osteoporose / ossos e articulações mais saudáveis; redução da gordura corporal; redução do risco de desenvolver doença arterial coronária e de acidentes vasculares cerebrais; redução do risco de desenvolver diabetes, hipertensão e câncer de cólon e de mama; redução no risco de morte por doenças cardiovasculares.

São vários os transtornos e problemas à saúde decorrentes da ausência ou da pouca atividade física. A Who (2002) responsabiliza a inatividade física por quase 2 milhões de mortes, 22% dos casos de doença isquêmica do coração e 10% a 16% dos casos por diabetes e de câncer de mama, cólon e reto. "A inatividade física vem sendo apontada como sendo o 4º fator de risco para mortalidade mundial (6% do total de mortes)" (WHO, 2009).

Com as grandes mudanças ocorridas na sociedade e toda a tecnologia existente e disponível, as crianças, a exemplo de seus pais, estão se tornando sedentárias e a prevalência do crescimento da obesidade infantil é decorrência desse fato (WHO, 2014).

Para manter uma vida ativa e saudável é essencial manter as capacidades físicas básicas. Essas capacidades dizem respeito a ações musculares e processos motores que fazem parte da formação corporal, da técnica de movimentos e são passíveis de avaliação e melhora por meio de treinamento. Entre as capacidades físicas, podemos citar: a coordenação, a flexibilidade, resistência, velocidade, agilidade, equilíbrio e força muscular (GUTIÉRREZ, 2011). Cada uma delas tem características, desenvolvimento e curiosidades muito peculiares.

Nas atividades diárias, a força motora se manifesta no aparelho locomotor (BARBANTI, 1997) sendo o sistema musculoesquelético, o responsável pela geração daquelas que tanto movimentam o corpo humano como previnem movimentos indesejados (KARDUNA, 2009, p. 8).

A manutenção em níveis adequados e/ou melhora da capacidade de gerar força tem sido apontada como crucial para garantir a função física, permitindo que sejam realizadas tarefas básicas, inerentes a rotina cotidiana, com menor esgotamento fisiológico. Seu incremento atua como fator preventivo para diversos problemas neuromusculares e musculoesqueléticos (MONTEIRO, 1997) e diminui o risco de incapacidades decorrentes da sua perda, na população em geral, durante toda a vida (BARBANTI, 1997; CICCULO *et al.*, 2010).

Para o idoso, a capacidade de gerar força assume papel de destaque devido a sua influência na autonomia contribuindo, por exemplo, com a manutenção do equilíbrio e ganho de flexibilidade. E apesar de importante para a população idosa, a capacidade de produzir força pode e deve ser treinada em qualquer idade, embora com distintas orientações metodológicas.

Entre os benefícios decorrentes do incremento da capacidade de gerar FM estão o aumento da qualidade de vida por melhoria dos parâmetros relacionados com a saúde, a maior disponibilidade motora para as ações do cotidiano, a prevenção de lesões e o aumento do rendimento desportivo. Na esfera psicológica atua elevando a autoestima pela melhora da imagem corporal, resgatando a autoconfiança (AFONSO; GARGANTA, 2007).

A redução da fadiga é um dos aspectos que pode ser modificado com o desenvolvimento da capacidade de produzir FM. E esse fato traz importantes implicações para crianças, notadamente aquelas envolvidas em esportes e atividades prolongadas, uma vez a fadiga é reduzida, o risco de lesões diminui (GAUL, 1996). Na opinião de Barbanti (1997) o momento ideal para aumentar a capacidade de gerar FM é a puberdade, pois o treinamento de força depende da maturação sexual e não da idade cronológica.

Greco (2010) destaca os seguintes benefícios do treinamento resistido com pesos, popularmente conhecido como musculação, em crianças e adolescentes: aumento da capacidade de gerar FM; auxílio a prevenção de doenças musculares de longa duração; diminuição da incidência de lesões relacionadas ao esporte; aceleração do metabolismo provocada pelo aumento da massa magra facilitando o controle da massa corporal; fortalecimento ósseo; melhora do desempenho motor; redução do estresse emocional e redução do tempo de recuperação de lesões.

Pesquisas baseadas nas mudanças fisiológicas de pessoas malnutridas sugerem que alterações na função muscular podem ser usadas como um dos indícios para o diagnóstico precoce da desnutrição, uma vez que, em algumas circunstâncias a massa corporal total pode não ser um indicativo preciso dessa enfermidade (FLOOD, 2014). Estudos também tem reportado associação direta entre a FPM com a massa corporal total, o que explica em parte, o fato de que indivíduos obesos apresentam maior nível de capacidade de gerar FPM absoluta que os não obesos. Entretanto, a obesidade é preditora de doenças metabólicas e cardiovasculares, como a hipertensão arterial sistêmica e a síndrome metabólica. Então é importante considerar que a análise da FPM com esses desfechos pode levar a conclusões equivocadas, associando maior força a essas doenças (TAJIKI *et al.*, 2015).

Na literatura, o resultado do teste de FPM tem sido apresentado como biomarcador de relevantes desfechos em saúde em jovens adultos, adultos e idosos (BOHANNON, 2008; MASSY-WESTROPP *et al.*, 2011; AMARAL *et al.*, 2015; SAYER; KIRKWOOD, 2015; PETERSON *et al.*, 2017). Estão incluídos entre esses desfechos alterações no estado nutricional (GUO *et al.*, 1996; CUCINOTTA *et al.*, 2002; PENNINX *et al.*, 2004; MATOS; TAVARES; AMARAL, 2007; BUDZIARECK *et al.*, 2008; FLOOD, 2014), aumento de fraturas e alterações na densidade mineral óssea (CHEUNG *et al.*, 2012), câncer (GUO *et al.*, 1996), complicações clínicas pós

cirúrgicas (GUO *et al.*, 1996; BRAGAGNOLO *et al.*, 2011), diabetes (ÖZDIRENÇ; BIBEROGLU; OZCAN, 2003; WANDER *et al.*, 2011; PETERSON *et al.*, 2016), dislipidemias, hipertensão arterial (AMARAL *et al.*, 2015), doença pulmonar obstrutiva crônica (RUAS *et al.*, 2016), hepatite C (BRUCH *et al.*, 2016); incapacidades funcionais globais (RANTANEN *et al.*, 1990; CHARLES *et al.*, 2006;), insuficiência de vitamina D (DHANWAL *et al.*, 2013), queda em idosos (GOMES *et al.*, 2009), morbidades (STENHOLM *et al.*, 2012; CHEUNG *et al.*, 2013; AMARAL *et al.*, 2015), mortalidade (GALE *et al.*, 2007; SASAKI *et al.*, 2007; COOPER *et al.*, 2010; LEONG *et al.*, 2015), problemas clínicos e funcionais da mão e membro superior (SANDE *et al.*, 2001) e tempo de hospitalização (KERR *et al.*, 2006) inclusive em pacientes gravemente acometidos por COVID-19 (GIL *et al.*, 2021).

Em crianças e adolescentes, o teste de FPM, já validado como método de avaliação da evolução nutricional (ÖZDIRENÇ; BIBEROGLU; OZCAN, 2003), constitui um bom teste de triagem, que em conjunto com outros, pode ajudar na identificação precoce de uma série de doenças e lesões (CARREIRA *et al.*, 2010) que reduzem a capacidade de gerar FM (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002). Atua também na conduta terapêutica adotada e no acompanhamento da evolução do tratamento destes acometimentos (SOUZA *et al.*, 2014). Por esse motivo tem sido usado na rotina de avaliação da função da mão e incluído em muitas séries de testes de avaliação do sistema motor dessa população (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; CARREIRA *et al.*, 2010).

A associação da habilidade de gerar FPM com importantes desfechos em saúde tem sido relatada em estudos pediátricos prévios. Crianças acometidas por síndrome nefrótica, insuficiência renal crônica (TENBROCK *et al.*, 2000), paralisia cerebral (TAYLOR *et al.*, 2004), desnutrição (KENJLE *et al.*, 2005), distrofia muscular de Duchenne (PIZZATO *et al.*, 2014), doenças neuromusculares (BURNS *et al.*, 2008), metabólicas (SILVA *et al.*, 2014; BLAKELEY *et al.*, 2018; DONGARE-BHOR *et al.*, 2020), oncológicas (LAM *et al.*, 2020), cardiorrespiratórias (BUCHAN *et al.*, 2015) entre outras, tem a capacidade de produzir FPM diminuída.

Considerando o exposto, a presença da verificação da capacidade de gerar força muscular na rotina de avaliações clínicas é aparentemente necessária, justificável e pode ser decisiva, pois esta capacidade é um importante indicativo de saúde global para ambos os sexos (SCHNEIDER; RODRIGUES; MEYER, 2002).

No caso específico de crianças e adolescentes, a escola se apresenta como espaço privilegiado para o monitoramento do processo de desenvolvimento físico e triagem de possíveis enfermidades (ALVES, 2007), pois é um lugar onde essa população deve permanecer por pelo menos quatro horas do dia (BRASIL, 1996).

Uma vez que a escola abrange a quase totalidade da população em idade escolar por um período considerável de horas e há uma tendência à permanência da criança na mesma instituição até o término do segmento escolar, as instituições de ensino se mostram como o espaço ideal para promoção de atividade física durante as atividades curriculares, nas aulas de educação física, e para o monitoramento da saúde nas extracurriculares.

Como fator determinante, está presente nas instituições de ensino o professor de educação física, profissional qualificado para realizar avaliações de rotina do desenvolvimento infantil, que dispõe de espaço físico para realizá-las e tem acesso fácil e estreito aos responsáveis. Portanto, estes fatos tornam a escola um lugar de fácil acompanhamento e monitoramento do crescimento da criança sem a necessidade de deslocamentos para alguma unidade de saúde durante os anos escolares. Restringem-se, dessa forma, os atendimentos nos postos de saúde às situações em que são realmente necessários. No presente contexto da educação, o professor de educação física ganha destaque por ser profissional da educação e profissional da área de saúde, que faz parte do cotidiano escolar, qualificado e competente para realizar avaliações e fazer o acompanhamento longitudinal de diferentes aspectos inerentes ao desenvolvimento de crianças e adolescentes.

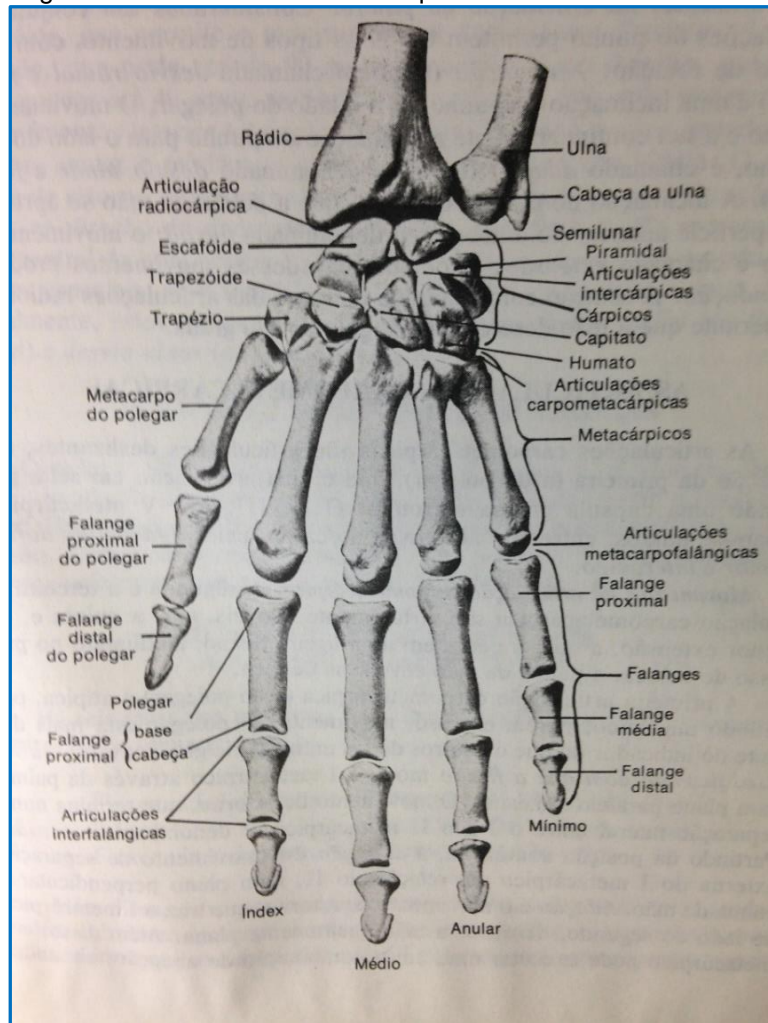
### **1.3 Força de preensão**

A mão humana constitui uma estrutura anatômica altamente especializada na sensibilidade tátil, motivo pelo qual consegue perceber a consistência superficial, a forma, as dimensões, a massa, a dureza e outras características dos objetos (RASCH; BURKE, 1987).

Em termos anatômicos, a mão compreende vinte e sete ossos e mais de vinte articulações envolvendo trinta e três músculos em sua ação (Figura 1).

As mãos são formadas por dois grupos de ossos (RASH; BURKE, 1987): o metacarpo, que é constituído por cinco ossos (metacárpicos) que formam a palma da mão, numerados a partir do polegar; as quatorze falanges, que estão dispostas em três fileiras, sendo que a proximal e a distal contém circo ossos cada uma e, a segunda fileira, quatro, porque esta falange não está presente no polegar.

Figura 1 - Face dorsal da mão esquerda



Fonte: Rasch; Burke, 1987, p. 231.

A mão do ser humano é uma estrutura complexa que possui características particulares com respeito a sua habilidade, como o controle da força e da precisão de acordo com a complexidade da execução da tarefa motora (ESTEVES *et al.*, 2005). Ela é capaz de movimentos únicos que permitem atividades complexas e bem especializadas. Todo o membro superior age em função da mão, que se posiciona para as atividades básicas, lúdicas e profissionais (MOURA; MOREIRA;



CAIXETA, 2008). Somente a mão é capaz de realizar trabalhos delicados, pois consegue fazer minuciosas distinções no meio que interagimos combinando força e destreza (ESTEVES *et al.*, 2005).

Existem duas classes de movimentos que a mão é capaz de realizar: a não-preênsil e a preênsil. Os movimentos não-preênsis incluem os atos de empurrar, levantar, bater e usar as pontas dos dedos, como por exemplo, dedilhar as cordas de um violão e digitar em um teclado de computador. O movimento preênsil é uma ação característica do homem e dos primatas e consiste na ação de agarrar um objeto apertando-o ou pinçando-o entre os dedos e a palma da mão (NAPIER, 1983).

As preensões basicamente se classificam em 3 grupos (KAPANDJI, 2000) conforme figura 2, mas existem dois tipos de preensão que têm sido investigados na literatura: a **preensão de força** ou **força de preensão**, que consiste na ação da flexão dos dedos sobre a palma da mão e se enquadra no grupo das Preensões Palmares e a **preensão de precisão**, que se traduz na aproximação do polegar com o dedo indicador (DIAS *et al.*, 2010) e se enquadra no grupo das Preensões Digitais.

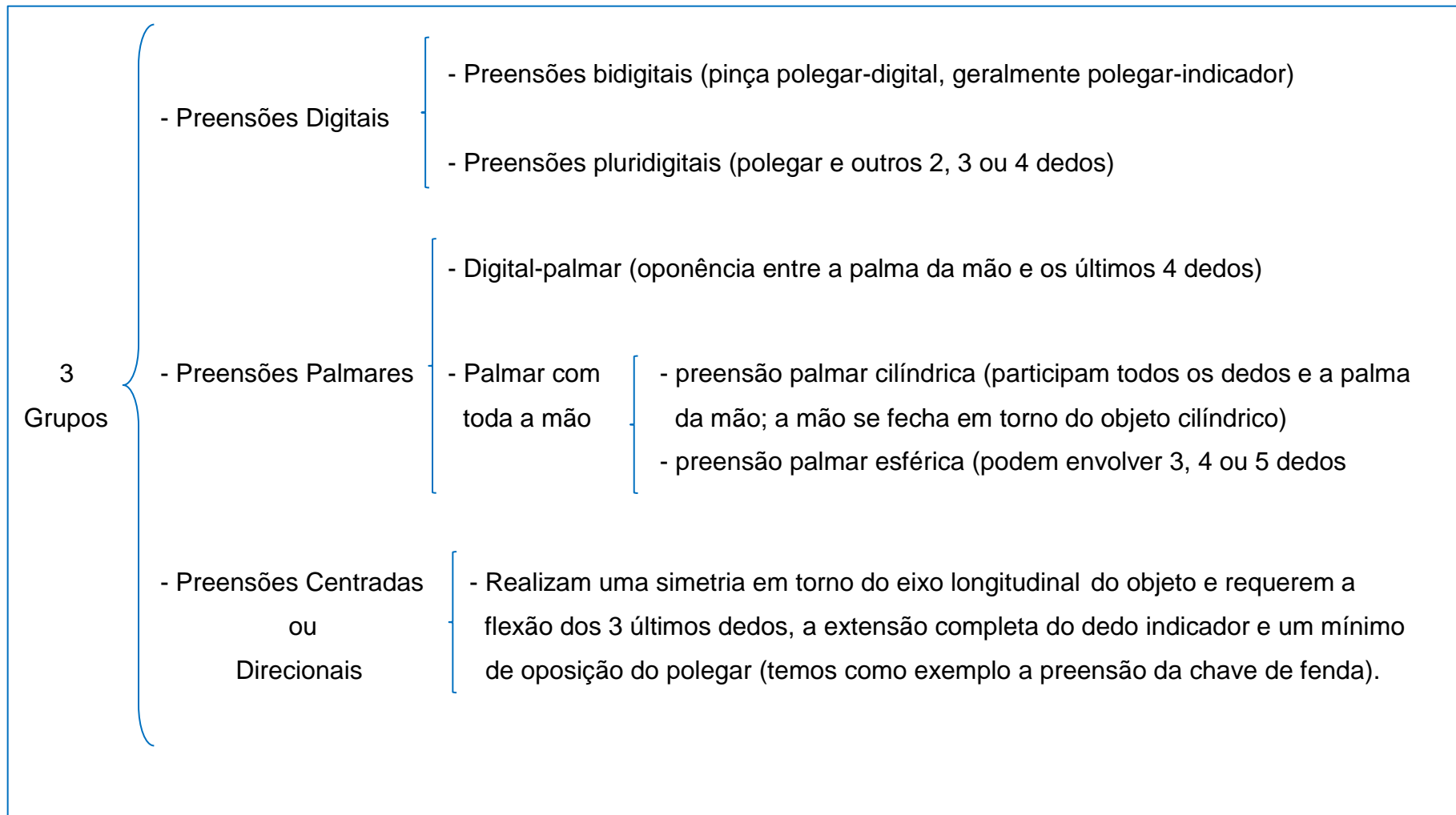
A preensão manual é realizada por todos os dedos, sendo os músculos flexores superficiais e profundos dos dedos e intrínsecos da mão responsáveis pela realização da flexão potente das falanges do 2º ao 5º dedo. Os músculos da região tênar e do flexor longo do polegar fazem a flexão do 1º dedo (FERREIRA *et al.*, 2011).

A FPM é considerada um dos elementos básicos para a pesquisa das capacidades manipulativas e de movimento da mão (VIRTUOSO *et al.*, 2015). Por esse motivo, o teste de FPM vem sendo usado em pesquisas e na prática clínica por profissionais de saúde ligados à área de reabilitação (SCHLÜSSEL; ANJOS; KAC, 2008). O resultado do teste de FPM também é usado no processo de avaliação de pacientes com desordens de extremidade superior antes e após procedimentos terapêuticos (FIGUEIREDO *et al.*, 2007) e como indicador da função muscular de adultos e crianças. Devido a esse fato, abre-se a possibilidade do teste de FPM também ser usado nas escolas, por professores de educação física, como uma ferramenta de acompanhamento do desenvolvimento infantil que fornece uma rápida indicação da função muscular. Notadamente no caso brasileiro, destacamos a importância da avaliação da capacidade de geração de força da criança em

ambiente escolar, pois a escola apresenta-se como um excelente local para a realização de investigações desse tipo.

A capacidade de gerar FPM é aceita na comunidade científica como preditora da força geral de um indivíduo (NAPIER, 1956; ALEXANDRE *et al.*, 2008; BOHANNON, 2008; HAMER; MOLLOY, 2009; WIND *et al.*, 2010; TROSCLAIR; BELLAR; JUDGE, 2011; FARIAS *et al.*, 2012; VAIDYA; NARIYA, 2021).

Figura 2 – Tipos de preensão manual



Fonte: Adaptado de Kapandji (2000).

Por ser, a capacidade de gerar FPM, um indicador de deficiência, vem sendo utilizada para determinar compensações financeiras por lesões sofridas ou decorrentes do trabalho (RICHARDS; PALMITER-THOMAS, 1996).

As Lesões por Esforço Repetitivo ou Distúrbios Osteomusculares podem provocar sequelas irreversíveis aos trabalhadores, podendo acarretar invalidez permanente (MORAES; BASTOS, 2013), neste sentido, a avaliação da capacidade de gerar FPM pode ajudar a identificar possíveis riscos de desenvolver essa síndrome (NICOLAY; WALKER, 2005). O teste de FPM também é utilizado em baterias de testes admissionais em diferentes atividades profissionais de algumas instituições como forças armadas, forças policiais (RUIZ-RUIZ *et al.*, 2002), Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (BRASIL, 2011), Petrobras Transporte S.A. (BRASIL, 2012b), Liquigás (BRASIL, 2013), Liquigás (BRASIL, 2014), Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2014), Companhia Brasileira de Trens Urbanos (BRASIL, 2016), Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA (MINAS GERAIS, 2017) entre outros.

No meio esportivo, a FPM é frequentemente utilizada (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2018). Considerando que cada prática esportiva tem características próprias direcionadas para aspectos funcionais do gesto motor, em modalidades como o voleibol, basquetebol e handebol as mãos têm papel importante na performance de atletas devido aos movimentos que elas são capazes de executar (BARUT *et al.*, 2008). Em determinadas modalidades esportivas, as mãos ganham posição de destaque, uma vez que a capacidade de produzir força pode ser o item diferencial no desempenho desportivo (ALKHOLY *et al.*, 2017). Dentre essas modalidades estão o judô, o tênis, a vela, o remo, o boxe, o levantamento de peso (FERNANDES; MARINS, 2011), o jiu-jitsu (SANTOS JÚNIOR *et al.*, 2018) e a luta olímpica (GERODIMOS *et al.*, 2013).

### 1.3.1 Dinamômetros usados na avaliação da força de preensão manual

O dinamômetro é um instrumento concebido para medir força. É um equipamento portátil, simples, relativamente barato, fácil de usar e acima de tudo, eficaz (FREDRIKSEN, 2006). Dentre os equipamentos existentes, a maior parte

deles mensura a capacidade de produzir força de preensão estática, mas há instrumentos disponíveis para mensurar tanto a capacidade de gerar força de preensão estática quanto a dinâmica (INNES, 1999), os quais podem ser classificados em quatro categorias básicas: hidráulico, pneumático, mecânico e strain gauges (ou células de carga) (RICHARDS; PALMITER-THOMAS, 1996).

Os instrumentos hidráulicos são sistemas fechados onde o registro da capacidade de gerar força é feito em quilogramas-força ou libras de força (FERNANDES; MARINS, 2011). Apesar de existirem outros dinamômetros hidráulicos, como por exemplo o Saehan® (Figura 3), para avaliar a capacidade de gerar FPM (DODDS *et al.*, 2014), o dinamômetro Jamar® (Figura 4) é o mais utilizado, tanto em pesquisas científicas quanto em clínica médica (FERNANDES; MARINS, 2011, MOLENAAR *et al.*, 2010; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021b; GASIOR, 2020). É um instrumento reconhecido como “padrão ouro” para dinamometria manual que serve de referência para testagem de outros dinamômetros (REIS; ARANTES, 2011; ROBERTS *et al.*, 2011). É confiável para medir a capacidade de gerar força de preensão manual em adolescentes (GASIOR, 2020) e recomendado pela American Society of Hand Therapists (ASHT, 1992), e por esse motivo vem sendo largamente utilizado em pesquisas científicas sobre a FPM em crianças e adolescentes (CARREIRA *et al.*, 2010; MOLENAAR *et al.*, 2010; GERODIMOS *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2014; HOGREL, 2015; GASIOR, 2020).

Figura 3 – Dinamômetro hidráulico Saehan®



Fonte: [www.centermedical.com.br](http://www.centermedical.com.br)

O dinamômetro hidráulico Jamar® conta com duas alças paralelas que podem ser ajustadas em cinco posições diferentes, sendo uma alça móvel e a outra fixa (FIGUEIREDO *et al.*, 2007).

O equipamento tem um alcance máximo de 90 kgf (200 lbf) e, no caso do equipamento analógico, possui uma agulha que retém automaticamente a leitura da máxima força produzida, até que seja zerado o mostrador (CHANG *et al.*, 2015).

Figura 4 - Dinamômetro hidráulico Jamar®



Fonte: [www.lafayeteevaluation.com](http://www.lafayeteevaluation.com).

O dinamômetro pneumático de bulbo (Figura 5) usa um sistema de compressão do ar reservado dentro de um bulbo ou bolsa e, por ser considerado mais confortável ao contato, é comumente utilizado em pacientes com mãos doloridas ou frágeis (INNES, 1999).

São citados por Innes (1999) como exemplos de dinamômetro pneumático de bulbo, o Martin vigorímetro (Elmed Inc., Addison, IL, USA) com três tamanhos de bulbo; o esfigmomanômetro modificado (aparelho de pressão modificado); o Tekdyne dinamômetro (Tekdyne Corp., North Wales, PA, USA) e o medidor Boots Grip Strength (Boots Co. Ltd, England).

Figura 5 – Dinamômetro pneumático de bulbo Baseline®



Fonte: [www.fab-ent.com](http://www.fab-ent.com).

Os dinamômetros mecânicos mensuram a capacidade de produzir FPM com base na quantidade de tensão produzida por uma mola de aço (RICHARD; PALMITER-THOMAS,1996), tendo como exemplos o dinamômetro Smedley Saehan (Therapeutic Instruments, Clifton, NJ, USA) (Figura 6); o dinamômetro Harpenden (British Indicators Ltd, England); o dinamômetro Kny-Scheerer Corp. (Kny-Scheerer Corp., Germany) e o My-Gripper (Yamasa, Tokei, Japan).

Figura 6 - Dinamômetros Smedley Saehan



Fonte: [www.fab-ent.com](http://www.fab-ent.com).

Os dinamômetros strain gauge são equipamentos em que a força empregada em uma célula de carga é captada eletronicamente, amplificada e transmitida para um monitor digital e o registro da capacidade de produzir força é comumente feito em Newtons (INNES, 1999). Eles são dispositivos confiáveis e válidos para a medida de força de preensão manual isométrica da mão, podendo ser utilizado em futuros estudos e na prática clínica (BARBOSA *et al.*, 2015). Innes (1999) relaciona como exemplos de dinamômetros strain gauge: o MIE digital pinch/grip analyser (MIE Medical Research) (Figura 7); o dinamômetro eletrônico Statham (Statham Instrument Inc. Oxnard, CA, USA) e o dinamômetro Isometric Strength Testing Unit (ISTU) entre outros.

Os dinamômetros strain gauge, como o Grippit® (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; SVENSSON *et al.*, 2008) e QUBIT SYSTEMS (NICOLAY; WALKER, 2005), também são exemplos de equipamentos usados na literatura.

Figura 7 – Dinamômetro MIE digital pinch/grip Analyser



Fonte: [www.mie-uk.com](http://www.mie-uk.com).

### 1.3.2 Protocolos e métodos usados na avaliação da força de preensão manual

A American Society of Hand Therapists, com o objetivo minimizar os fatores intervenientes e de facilitar a comparação entre os estudos, estabeleceu um



protocolo para a mensuração da capacidade de gerar FPM que inclui instruções quanto a posição de execução do teste, ao equipamento a ser utilizado e sua regulagem, ao posicionamento do corpo, do membro superior e da mão do participante, duração da contração isométrica e número de repetições.

O protocolo de teste da capacidade de gerar FPM inclui a posição de execução do teste, as instruções para sua realização e os procedimentos usados na coleta e na apuração dos resultados (INNES, 1999). Mas Gerodimos *et al.* (2013) relatam a existência, na literatura, de uma ampla variedade de procedimentos para a mensuração da capacidade de produzir FPM que podem gerar diferença entre resultados do teste de força.

Como visto anteriormente, são diversos os fatores que influenciam a capacidade de FPM: as posições do ombro, cotovelo e antebraço; a postura corporal; o tipo de dinamômetro usado; a antropometria da mão entre outros. Por esse motivo, alguns autores (INNES, 1999; DIAS *et al.*, 2010) apontam para a necessidade de seguir um protocolo de testes padronizado e consistente, que tenha por finalidade garantir a confiabilidade dos dados produzidos para posterior comparação com dados normativos.

O protocolo mais usado em pesquisa sobre a capacidade de gerar FPM é o sugerido pela ASHT (INNES, 1999; RAMÍREZ-VÉLES *et al.*, 2017) que se resume ao indivíduo estar confortavelmente sentado em uma cadeira tipo escritório (sem braços) com a coluna ereta, mantendo o ângulo de flexão do joelho em 90°, pés apoiados, posicionado com o ombro aduzido, o cotovelo flexionado a 90°, com antebraço em posição neutra e a posição do punho podendo variar de 0 a 30° graus de extensão. O membro superior deve ser mantido suspenso no ar com a mão posicionada no dinamômetro, a média de três tentativas de produzir força máxima deve ser usada para averiguar a capacidade de gerar força de preensão manual (BUTTERFIELD *et al.*, 2009; MOLENAAR *et al.*, 2010; GERODIMOS *et al.*, 2013; GASIOR, 2020; WEN *et al.*, 2020; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a, ROSTAMZADEH *et al.*, 2021b).

Apesar de ser recomendado pela ASHT (1992) o uso da média de três tentativas no teste da força máxima da preensão manual (INNES, 1999), não há na literatura consenso a respeito do número de medidas a serem realizadas (TYLER *et al.*, 2005). Esse número de tentativas (uma, duas ou três) realizadas no teste vem sendo discutido com a finalidade de encontrar o protocolo mais confiável, menos

fatigante e mais rápido de mensurar a capacidade de gerar força de preensão manual (GERODIMOS *et al.*, 2013). Existem estudos (SVENSSON *et al.*, 2008; VAN DEN BELD, 2006) que compararam a confiabilidade do teste de FPM em crianças, usando a média e a melhor de três tentativas. Esses estudos reportaram serem ambos os métodos (média vs. melhor) igualmente confiáveis. Para Gerodimos *et al.* (2013) o uso da média de duas tentativas se mostrou tão confiável quanto a média de três tentativas na aferição da capacidade de gerar força máxima de preensão manual com a vantagem de ser um método menos cansativo e mais rápido.

O estudo de Coldham *et al.* (2006) sugere que o uso de uma tentativa é tão confiável quanto a média ou o melhor resultado de 3 tentativas. Alguns autores descrevem o uso de apenas uma leitura (AGER *et al.*, 1984; NICOLAY; WALKER, 2005; COLDHAM *et al.*, 2006; BOHANNON *et al.*, 2017; FREDRIKSEN *et al.*, 2018), a maior entre duas leituras (RAUCH *et al.*, 2002; SERRANO *et al.*, 2009; COHEN *et al.*, 2010; TRAJKOVIC *et al.*, 2020), a maior em três medidas (FRASER *et al.*, 1999; HÄGER-HOSS; RÖSBLAD, 2002; WIND *et al.*, 2010; CARREIRA *et al.*, 2010; TOONG *et al.*, 2018), a média de 2 medidas (BLACKWELL *et al.*, 1999; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; HEPPIG *et al.*, 2015; GARCIA-HERMOSO *et al.*, 2018) ou a média de três leituras (HILLMAN *et al.*, 2005; CHAN *et al.*, 2008; CARREIRA *et al.*, 2010; MOLENAAR *et al.*, 2010).

Fernandes e Marins (2010) recomendam que seja utilizado o tempo de 3 segundos de contração máxima na aferição da capacidade de gerar força de preensão. A fixação desse intervalo de tempo tem a finalidade de não causar alteração significativa na pressão arterial e na frequência cardíaca, tornando o teste seguro para a maior parte das pessoas, inclusive crianças.

O aquecimento muscular feito antes do teste pode aumentar a sua magnitude, por esse motivo é recomendado apresentar o equipamento ao avaliado apenas no momento da realização da mensuração, não existindo a necessidade de estender o tempo de descanso entre as medidas (INNES, 1999).

A capacidade de gerar FPM não é afetada pelo período do dia em que é realizada, entretanto Dias *et al.* (2010) recomendam que seja padronizado um horário de avaliação.

Hillman *et al.* (2005) sinalizam não haver consenso na literatura sobre a melhor postura de ombros, cotovelos e punhos para realização do teste de força de FPM. Os autores acima compararam três protocolos diferentes usados para aferir a

capacidade de gerar FPM em adultos sem problemas clínicos. Os protocolos comparados pelos autores foram: o sugerido pela ASHT (1992), sem apoio dos braços; o protocolo similar ao da ASHT (1992), mas com apoio dos membros superiores, e o protocolo em que a mensuração foi realizada com o indivíduo deitado com os cotovelos apoiados ao lado do corpo em uma cama com inclinação de 30°. Três medidas foram feitas em cada uma das posições acima descritas com intervalo de 1 minuto entre elas e a média das três medidas foi usada na comparação. E apesar de ter encontrado melhores índices quando a capacidade de gerar força de preensão é mensurada conforme protocolo da ASHT (1992), com o membro superior sem apoio, Hillman *et al.* (2005) sugerem que na situação clínica, a mensuração da capacidade de produzir FPM com dinamômetro portátil seja feita com o indivíduo na posição sentada ou deitada com os membros superiores apoiados, uma vez que nem todos os pacientes tem condições de realizar o teste sentados em uma cadeira sem sustentação para os membros superiores.

Wind *et al.* (2010) usaram o dinamômetro Citec dynamometer type CT 3001 (*CIT Technics, Groningen, The Netherlands*) para mensurar a capacidade de produzir FPM em indivíduos de 8 a 20 anos. O teste foi realizado com os indivíduos sentados, os ombros aduzidos e flexionados a 70° e três medições sequenciais, com intervalo entre elas, foram feitas. Foi dado um único encorajamento verbal em todas as medições e usado somente o valor mais alto na análise.

Molenaar *et al.* (2010) usaram um dinamômetro digital similar ao dinamômetro Jamar (TEC, Clifton, NJ), o dinamômetro Lode (Lode BV, *Groningen, The Netherlands*), com regulagem da manopla na posição 2, para fazer a mensuração da capacidade de produzir força de preensão em crianças de 4 a 12 anos em ambas as mãos e seguiram o protocolo sugerido pela ASHT (1992) em todas as medições. Foi dado um único encorajamento verbal em cada uma das medições e foi usada a média das três na análise, sendo que a medição que se mostrou maior que 10% foi descartada e neste caso foi adicionada uma 4ª medição.

Chan *et al.* (2008) usaram o dinamômetro Jamar® (Sammons Preston, Canada) para mensurar a capacidade de gerar FPM em crianças de 11 e 12 anos. Os participantes realizaram o teste sentados em uma cadeira com os membros superiores estendidos ao longo do corpo e foram orientados a apertar a manopla do dinamômetro o mais forte que pudessem por 3 segundos. Ambas as mãos foram

testadas três vezes, foi dado encorajamento em todas as medições e o maior valor foi usado na análise.

Carreira *et al.* (2010) usaram o dinamômetro Jamar Hydraulic Hand® com regulagem de acordo com o tamanho da mão da criança para mensurar a capacidade de gerar força de preensão em indivíduos de 11 a 14 anos de acordo com protocolo da ASHT (1992). As crianças receberam encorajamento verbal para imprimir força máxima e três medidas foram feitas, sendo usada a maior delas.

Häger-Ross e Rösblad (2002) usaram o dinamômetro Swedish Grippit® (AB Detektor, Göteborg) para mensurar a capacidade de gerar força máxima de preensão em indivíduos de 4 a 16 anos de acordo com protocolo da ASHT (1992). As crianças receberam encorajamento verbal para imprimir força máxima por 10 segundos e três medidas foram feitas sempre alternando as mãos e respeitando um intervalo de 2 minutos de descanso entre as medidas da mesma mão. Foi considerada a média das três mensurações na análise da força máxima.

Cohen *et al.* (2010) usaram o dinamômetro palmar Takei T.K.K.5001 GRIP A (*Takei Scientific Instruments Co. Ltd, Tokyo, Japan*) regulado conforme tamanho da mão da criança para mensurar a capacidade de gerar FPM em meninos e meninas de 10 a 16 anos. Os indivíduos permaneceram em pé, com os cotovelos estendidos e punhos em posição neutra e foram encorajados a aplicar a força máxima por 2 segundos, sendo realizadas duas mensurações e utilizando-se a maior delas.

### 1.3.3 Fatores biológicos que podem influenciar a capacidade de gerar FPM

Desde a mais tenra idade é necessário produzir força de preensão para executar tarefas básicas do dia a dia como comer e brincar (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002), sendo que a coordenação entre mãos e olhos é necessária em boa parte desses afazeres diários desde muito cedo. Quando abordamos um objeto, alguns fatores como a proximidade, a sua disposição no espaço e o seu formato devem ser bem estimados antes do contato mão-objeto, pois a força de preensão exercida sobre esse objeto tende a ser proporcional ao seu tamanho (MAMASSIAN, 1997).

Experiências já realizadas comprovam que a capacidade de gerar força aos 6 anos aumenta, nos homens, 5 vezes até completar 25 anos e nas mulheres aumenta apenas 3 vezes (BARBANTI, 1997). O autor também observou que o desenvolvimento da capacidade de gerar força acompanha a curva de desenvolvimento sexual e os maiores aumentos coincidem com a puberdade e acompanham o crescimento nas meninas, até aproximadamente 17-18 anos e nos meninos até os 19 anos, alcançando seu máximo em ambos os sexos entre 20 e 30 anos.

Existe usualmente uma variação importante no nível de capacidade de gerar FPM em crianças saudáveis da mesma idade (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002) que pode ser explicada pelo sexo, estados hormonal, neurológico e muscular de cada estágio de maturação (SCHNEIDER; RODRIGUES; MEYER, 2002). Essa variação também foi observada em crianças de gerações diferentes, comparando-se estudos antigos a estudos mais recentes. Tal fato sugere que esse comportamento também pode ser atribuído a fatores demográficos, socioculturais e a diferença entre gerações (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002).

Além de fatores como a idade e amadurecimento sexual citados anteriormente, outros elementos como sexo (CARREIRA *et al.*, 2010), formato das mãos (CLERKE *et al.*, 2005), dominância das mãos (NICOLAY; WALKER, 2005; MASSY-WESTROPP *et al.*, 2011) e algumas variáveis antropométricas como a estatura, massa corporal total (CARREIRA *et al.*, 2010; CHANG *et al.*, 2015) e dimensões das mãos também estão associados a capacidade de gerar FPM em adultos (FERNANDES *et al.*, 2011; NICOLAY; WALKER, 2015) e em crianças (HÄGER- HOSS; RÖSBLAD, 2002; RUIZ-RUIZ *et al.*, 2002; ESPAÑA-ROMERO *et al.*, 2008; CARREIRA *et al.*, 2010; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; CHANG *et al.*, 2015).

Em adultos, os homens são significativamente mais capazes de produzir força que as mulheres. No que diz respeito a crianças e adolescentes, alguns autores (MATHIOWETZ *et al.*, 1986; COHEN *et al.*, 2010; CARREIRA *et al.*, 2010; MOLENAAR *et al.*, 2010) evidenciaram que os meninos apresentam maiores valores nos testes de FPM que as meninas em todas as idades estudadas. Sendo que, os resultados de Cohen *et al.* (2010), Molenaar *et al.* (2010) e McQuiddy *et al.* (2015) apontam existência de diferença significativa entre meninos e meninas da mesma idade apenas a partir dos 13 anos, enquanto Häger-Ross e Rösblad (2002) apontam

diferença significativa a partir dos 10 anos. Esses dados sugerem que estudos de FPM em crianças devem adotar, em certas faixas etárias, estratificação por sexo.

A dominância da mão é outro fator relevante na avaliação da FPM. No mundo em que vivemos, onde a maioria das pessoas é destra, os equipamentos, utensílios domésticos, brinquedos são projetados para essa população. Como consequência a mão direita de pessoas destros e canhotos é mais solicitada em detrimento da mão esquerda. Esse fato pode explicar que 50% dos canhotos apresentam maior força na mão direita e nenhuma diferença estatística significativa entre a mão dominante e a não dominante. Entretanto, quando a mão dominante é a direita, uma diferença em torno de 10% no nível de capacidade de gerar força é observada em favor da mão dominante (CAPORRINO, 1998; BOHANNON, 2003; ROBERTS *et al.*, 2011).

Em se tratando de crianças e adolescentes especificamente, Häger-Ross e Rösblad (2002) encontraram diferença significativa na capacidade de gerar FPM entre as mãos apenas nas crianças destros, não havendo diferença entre as mãos nas crianças canhotos confirmando os achados de Bohannon (2003) e Roberts *et al.*, 2011. Em contrapartida, Mathiowets *et al.* (1986) analisaram a dominância de indivíduos entre 6 e 19 anos e seus resultados sugerem não existir diferença na capacidade de produzir FPM entre as mãos dominante e não dominante nessa faixa etária.

No que diz respeito as variáveis antropométricas, estudos apontam para a existência de correlação moderada a forte entre estatura, massa corporal total, IMC e dimensões da mão com a capacidade de gerar FPM (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; NICOLAY; WALKER, 2005; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; ALKHOLY *et al.*, 2017), sendo que, alguns autores (Dias *et al.*, 2010) chegam a sugerir a predição do valor máximo da capacidade de gerar FPM com base nessas medidas antropométricas. Dessa forma, dados antropométricos da mão servem de base para a normatização de pesquisas importantes relacionadas a capacidade de gerar FPM (ESTEVEZ *et al.*, 2005).

Como podemos observar, os fatores físicos, demográficos e socioculturais, assim como os fatores biológicos tendem a influenciar a capacidade de gerar força. Entretanto, o grau de atividade física, os aspectos ambientais, nutricionais e de saúde não podem ser esquecidos e também podem interferir na magnitude da força muscular (SCHNEIDER; RODRIGUES; MEYER, 2002).

#### 1.3.4 Fatores físicos que podem influenciar a capacidade de gerar FPM

Na literatura pesquisada foram encontrados estudos, cujo objeto de investigação foi a capacidade de gerar FPM em populações semelhantes, mas que não apresentaram resultados parecidos. Esses resultados sugerem que o uso de equipamentos e procedimentos variados na coleta de dados produzem resultados diferentes. Então, além dos diversos tipos de dinamômetros utilizados no teste de FPM (GERODIMUS; KARATRANTOU, 2013), fatores como variações nos procedimentos de mensuração podem interferir na capacidade de gerar FPM em crianças e adultos. Dentre estes fatores podemos citar a regulagem do tamanho da empunhadura do dinamômetro (ESTEVES *et al.*, 2005; RUIZ-RUIZ *et al.*, 2006), o protocolo de posição do avaliado (HILLMAN *et al.*, 2005; GERODIMUS; KARATRANTOU, 2013), as instruções e estímulo verbal durante a execução do procedimento, o número de aferições, a duração do teste e os intervalos entre as aferições (DIAS *et al.*, 2010).

A regulagem da empunhadura do dinamômetro é um dos fatores que podem influenciar no resultado do teste de FPM. No estudo de Nicolay e Walker (2005) as mulheres produziram cerca de 52% da força máxima produzida pelos homens, resultado que, segundo eles, pode ser atribuído ao fato da empunhadura do dinamômetro não estar ajustada para o tamanho das mãos femininas. Dias *et al.* (2010) realizaram um trabalho de revisão englobando estudos de nacionalidades diferentes que incluíram adolescentes e adultos. Seus resultados sugerem que a escolha do parâmetro usado na regulagem ideal da empunhadura é de suma importância, sendo recomendada cautela nessa escolha, uma vez que não existe consenso entre os pesquisadores a respeito do parâmetro ideal a ser utilizado. Apesar de teoricamente a distância entre palma da mão e a articulação da 1ª e 2ª falanges equivaler a melhor posição para realização dos testes de FPM, essa distância pode não representar a melhor pegada para a aferição da força de preensão máxima (ESTEVES *et al.*, 2005). Blackweel *et al.* (1999), Ruiz-Ruiz *et al.* (2002) e Fernandes *et al.* (2011) defendem o uso das regulagens intermediárias na execução do teste de FPM em adultos, pois para esses autores essas regulagens favorecem a produção de níveis maiores de força absoluta. As regulagens médias equivalem a 130mm e 160mm de circunferência na empunhadura cilíndrica,

posições 2 e 3 respectivamente no dinamômetro de referência padrão ouro, o dinamômetro hidráulico Jamar® (BLACKWELL *et al.*, 1999). Ruiz-Ruiz *et al.* (2006) e España-Romero *et al.* (2008) sugerem existir um tamanho ideal de empunhadura para que seja gerada a força máxima de preensão manual em crianças e adolescentes de ambos os sexos, uma vez que encontraram associação entre a capacidade de gerar FPM e o tamanho das mãos. Esteves *et al.* (2005) classificaram as mãos de crianças brasileiras em mãos pequena, média e grande para estabelecer a regulagem que permitia a geração da força máxima de preensão conforme a faixa de classificação em que se enquadravam.

### 1.3.5 Valores de referência da FPM em crianças e adolescentes.

O resultado do teste de FPM de um indivíduo, por si só, não tem relevância clínica se não houver elementos que sirvam de base de comparação e possibilitem o reconhecimento de diferenças entre o valor mensurado no teste e o valor esperado ou típico de cada estrato populacional. Sendo assim, valores de referência da FPM, dentro do que é esperado ou típico de cada população, fornecem suporte para possíveis intervenções (FIGUEIREDO *et al.*, 2007). Esse fato torna a disponibilização desses valores de suma importância para embasar a avaliação da capacidade de produzir força na reabilitação e na triagem de saúde (MASSY-WESTROPP *et al.*, 2011).

Diferentes estudos estão disponíveis na literatura e propõe valores de referência para variados estratos populacionais e nacionalidades. Dentre estes, alguns estudos que contemplam valores de referência da capacidade de produzir FPM em crianças e adolescentes estarão sumarizados na seção de resultados.

Mesmo levando-se em consideração os variados fatores influenciadores da FPM, mencionados anteriormente, os valores de referência serão adequados se aplicados a populações com características semelhantes das quais foram obtidas as medidas.

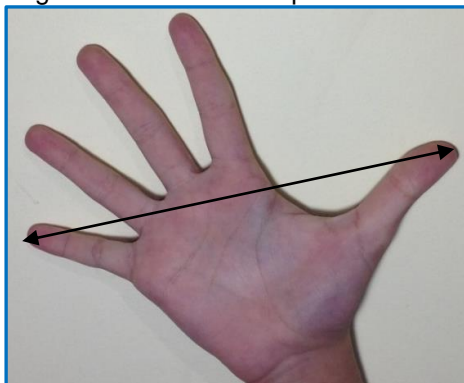
## 1.4 Parâmetros antropométricos da mão



### O Tamanho do Palmo da Mão (TPM)

É a medida da distância entre a ponta do dedo mínimo e a ponta do polegar estando a mão estendida e os dedos abertos o máximo possível (ESPAÑA-ROMERO *et al.*, 2008; DIAS *et al.*, 2010; GERODIMOS *et al.*, 2013) conforme figura 8.

Figura 8 - Tamanho do palmo da mão

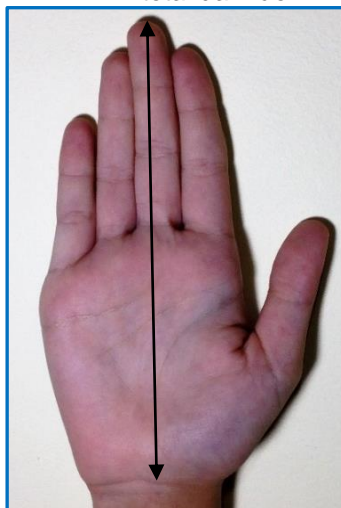


Fonte: A autora, 2017.

### O Comprimento Total (Longitudinal) da Mão (CTM)

É a medida da distância entre a prega do punho até a extremidade distal do 3º dedo estando o antebraço e a mão supinados e apoiados em uma superfície plana (LOHMAN, 1998; HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; NICOLAY; WALKER, 2005; ESPAÑA-ROMERO *et al.*, 2008; KONG; KIM, 2015; WEN *et al.*, 2020) (Figura 9).

Figura 9 – Comprimento total da mão

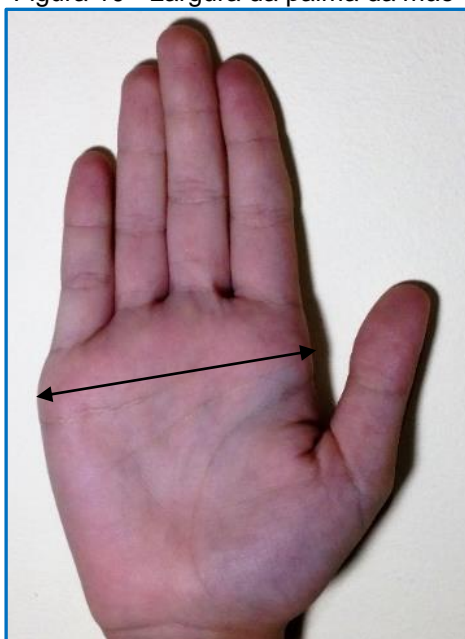


Fonte: A autora, 2017.

## A Largura da Palma da Mão (LPM)

É a medida da distância entre as extremidades da palma, com os dedos aduzidos, no sentido transverso ao eixo da mão, entre o 2º e o 5º osso metacarpo, considerando suas faces externas (NICOLAY; WALKER, 2005; GERODIMOS *et al.*, 2013, KONG; KIM, 2015; ALKHOLY *et al.*, 2017; WEN *et al.*, 2020) (Figura 10).

Figura 10 - Largura da palma da mão



Fonte: A autora, 2017.

## Classificação da mão

A mão pode ser classificada, quanto ao formato, em três tipos: quadrada, mediana e alongada, conforme a figura 11, usando como parâmetro a razão entre a largura da palma da mão e seu comprimento (CLERKE *et al.*, 2004). O autor usou para classificar a mão como quadrada valores de razão entre 0,565 – 0,665 para meninos e 0,552 – 0,631 para as meninas. Para classificar a mão como mediana, valores entre 0,527 – 0,564 para meninos e 0,5085 – 0,551 para as meninas. No caso da mão alongada, valores entre 0,486 – 0,526 para os meninos e 0,472 – 0,5084 para as meninas.

Figura 11 - Três representações de mãos (mãos quadrada, mediana e alongada)



Fonte: CLERKE *et al.*, 2005.

### 1.5 Estado da arte do tema foco do estudo

A massa muscular esquelética em humanos aumenta durante a infância e adolescência. Em recém-nascidos, é equivalente a cerca de 25% de sua massa corporal, enquanto que ao final da adolescência, responde por 40% da massa corporal total (ZAUNER; MAKSUD; MELICHNA, 1989).

Esse aumento da massa muscular, entre o primeiro ano de vida e a puberdade, ocorre em razão do aumento na circunferência de cada fibra muscular (MALINA, 2002), uma vez que o número de fibras musculares está praticamente definido ao final da fase pré-natal (MONTEIRO, 1997). As mudanças na capacidade de gerar FM estão associadas ao aumento da massa muscular que são decorrentes do processo natural de crescimento e desenvolvimento das crianças e adolescentes (GAUL, 1996). O aumento significativo dos hormônios, fato característico da maturação sexual, é responsável por esse aumento de massa e conseqüentemente da capacidade de gerar força muscular (MORATTI; ARRUDA, 2007).

A FM, enquanto importante aspecto da aptidão física, é um dos componentes do condicionamento físico, sendo uma variável que se apresenta associada ao

estado de saúde e autonomia funcional dos indivíduos, relacionando-se por exemplo, com graus de desempenho motor e com o estado da capacidade de manter a postura corporal (RIBEIRO; NERI, 2012).

Há evidências de que, em qualquer etapa da vida, a capacidade de gerar força por meio da ação muscular é, de fato, um dos indicadores do estado de saúde de uma pessoa (SCHNEIDER; RODRIGUES; MEYER, 2002). Pessoas capazes de gerar níveis adequados de força estão preparadas para desenvolver tarefas diárias com menor gasto energético e estrutural, o que, para além de tal quadro, constitui fator preventivo para diversos problemas neuromusculares e musculoesqueléticos (MATSUDO; MATSUDO, 1994). Dessa forma o decréscimo do nível de capacidade de gerar FM pode causar limitações significantes ao indivíduo (WIND *et al.*, 2010).

Ao longo da vida, à medida que o indivíduo envelhece, naturalmente acontece a perda gradual da capacidade de produzir força, fato que está associado à redução da massa magra (SHEPHARD, 1991) e à sarcopenia. A definição de sarcopenia engloba além da redução de massa muscular, a redução de força e a piora do desempenho físico. Atualmente para o diagnóstico da sarcopenia é necessária a mensuração dessas variáveis (MARTINEZ *et al.*, 2014).

Tendo em vista sua importância funcional e clínica, a baixa capacidade de produzir força se apresenta como um evento de natureza epidêmica na sociedade, constituindo um importante problema de saúde pública (STERNÄNG *et al.*, 2015).

Para além do exposto, o desenvolvimento anormal da capacidade de gerar força muscular pode estar associado a ocorrências mais específicas e/ou de maior gravidade, como por exemplo, anemia (PENNINX *et al.*, 2004), depressão (FUKUMORI *et al.*, 2015) e diabetes (PETERSON *et al.* 2016). Aliás, o diabetes mellitus é apontado, em estudos epidemiológicos, como causa ou concausa de redução da capacidade de gerar força e da própria quantidade de massa muscular (PARK *et al.*, 2007). Por outro lado, também há evidências de que um nível elevado de força muscular atua como proteção para o desenvolvimento dessa doença (WANDER *et al.*, 2011).

O resultado da avaliação do estado da capacidade de gerar e aplicar FM é considerado indicativo da qualidade e funcionalidade muscular (BOHANNON, 2008), podendo indicar situações diversas que vão desde a presença de grau expressivo de fraqueza, a efetividade de um treinamento (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2006). Some-se a isto o fato de que a baixa capacidade de gerar FM ou

a sua redução em graus significativos ao longo do tempo estão associadas tanto com a instalação de incapacidades motoras diversas como com o aumento do risco de morte (COOPER *et al.*, 2010; LOOKER; WANG, 2015), independentemente do nível de atividade física e massa muscular do indivíduo (METTER *et al.*, 2004).

Devido a esse fato, é recomendável que sejam realizadas avaliações regulares, em rotinas educativas e clínicas, que visem a registrar e acompanhar a evolução do estado dessa capacidade na população, durante toda a vida. As referidas avaliações podem constituir ação tanto informativa quanto preventiva, neste último caso identificando a necessidade de se instalar intervenções que visem a corrigir ou minorar a condição observada (CRAWFORD, 1996).

Dentre os diferentes testes que visam a mensurar a capacidade de gerar força dos grupos musculares, o de “Força de Preensão Manual” (FPM) é apontado pelo *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP) como o que melhor possibilita estimar o grau da capacidade de produzir FM de forma geral, sendo, inclusive, um critério apontado como adequado ao diagnóstico da sarcopenia (SCHAAP *et al.*, 2016). A FPM é reconhecida como um marcador eficiente para o fenótipo da fragilidade em idosos (SYDDALL *et al.*, 2003), o qual é composto pelos itens fraqueza muscular, perda de peso, exaustão, baixo nível de atividade física e lentidão na marcha (SILVA *et al.*, 2016). Sendo assim, a sua quantificação tem fundamental importância para o acompanhamento das condições físicas e do crescimento, formação e envelhecimento das pessoas ao longo da vida.

Já há algum tempo diferentes pesquisadores produzem informações que corroboram a posição do EWGSOP (NAPIER, 1956; ALEXANDRE *et al.*, 2008; BOHANNON, 2008; HAMER; MOLLOY, 2009; WIND *et al.*, 2010; TROSCLAIR; BELLAR; JUDGE, 2011; FARIAS *et al.*, 2012; VAIDYA; NARIYA, 2021) apontando que o resultado do teste de FPM tende a indicar a integridade e o potencial isométrico dos membros superiores (MOREIRA *et al.*, 2003) e inferiores (BOHANNON, 2012), podendo refletir a situação de forças de outros grupos musculares do corpo.

Devido a validade e simplicidade da medida, o resultado do teste de FPM tem sido usado como um indicador da saúde geral de adultos (FREDRIKSEN, 2006; CARREIRA *et al.*, 2010) sendo apresentado como biomarcador de importantes desfechos em saúde nessa população (BOHANNON, 2008; SAYER; KIRKWOOD, 2015; PETERSON *et al.*, 2017).

Em crianças, apresenta potencial para ser usado como biomarcador de saúde, podendo ser utilizado na prática clínica e na triagem de saúde em diferentes locais (ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021b). Pesquisas tem mostrado um alto grau de correlação entre a capacidade de gerar FPM e o estado geral de força em crianças e adolescentes (WIND *et al.*, 2010), o que sugere que, em idade pediátrica, a função muscular pode ser avaliada pela capacidade de gerar FPM (CARREIRA *et al.*, 2010).

A FPM também é utilizada em avaliações de rotina visando a compreender o estado funcional e motor das mãos das crianças (CARREIRA *et al.*, 2010; CHEN *et al.*, 2017; OMAR *et al.*, 2018), atuando na abordagem terapêutica adotada e acompanhando a evolução do tratamento de possíveis afecções (SOUZA *et al.*, 2014).

Na literatura, foram encontrados estudos pediátricos que reportaram a existência de associação da capacidade de produzir FPM com importantes desfechos em saúde em um espectro que inclui síndrome nefrótica, insuficiência renal crônica (TENBROCK *et al.*, 2000), paralisia cerebral (TAYLOR *et al.*, 2004), doenças neuromusculares (BURNS *et al.*, 2008), desnutrição (KENJLE *et al.*, 2005), distrofia muscular de Duchenne (PIZZATO *et al.*, 2014), entre outros. Crianças acometidas por doenças metabólicas (BRAKELEY *et al.*, 2018; DONGARE-BHOR *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2014), neuromusculares (PIZZATO *et al.*, 2014), oncológicas (PIZZATO *et al.*, 2014); cardiopulmonares (WELL *et al.*, 2014; BUCHAN *et al.*, 2015), doenças terminais (BAKR *et al.*, 2017) entre outras, apresentam baixa capacidade de produção de FPM, o que pode até comprometer a capacidade de manipulação objetos.

Como visto anteriormente, evidências apontam a FPM como um importante biomarcador de saúde, que, devido a facilidade de uso e baixo custo, pode ser usado nas avaliações em saúde. Porém há desafios a serem transpostos para que se faça uso da dinamometria manual na prática clínica e no rastreamento de saúde de crianças e adolescentes, pois alguns fatores dificultam a utilização desse recurso. Dentre eles está a escassez de informações que esclareçam a relação entre a capacidade de gerar FPM e desfechos em saúde nessa população. Isto acontece porque os estudos existentes, na sua maioria, são realizados em adultos, com predomínio de idosos, e utilizam diferentes protocolos de mensuração da FPM,

pontos de corte e valores de referência, o que tende a estorvar a comparação entre os estudos e a sua adoção como medida de avaliação em saúde.

Outro aspecto a ser considerado quando abordado o tema geração de força e crianças e adolescentes é de natureza biomecânica, e diz respeito a associação entre o comportamento de variáveis antropométricas e o grau de capacidade de gerar a força de preensão. Neste sentido evidências sugerem que a configuração antropométrica da mão, notadamente no que tange as suas dimensões, está diretamente relacionada com a capacidade de gerar FPM tanto em adultos (FERNANDES *et al.*, 2011; MCDOWELL *et al.*, 2012; CHANG *et al.*, 2015; SHAHIDA *et al.*, 2015) quanto em adolescentes (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; IBEGBU *et al.*, 2014; ALKHOLY *et al.*, 2017).

Existe usualmente uma variação importante no nível de capacidade de gerar FPM em crianças saudáveis da mesma idade (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002) que pode ser explicada, além do sexo, por estados hormonal, neurológico e muscular de cada estágio de maturação (SCHNEIDER; RODRIGUES; MEYER, 2002) e pelas dimensões corporais. Diferentes estudos demonstraram que vários fatores (CLERK *et al.*, 2005; ESTEVES *et al.*, 2005; HILLMAN *et al.*, 2005; NICOLAY; WALKER, 2005; RUIZ-RUIZ *et al.*, 2006; CARREIRA *et al.*, 2010; GERODIMUS; KARATRANTOU, 2013), além dos já mencionados, interferem na capacidade de gerar FPM. Dentre eles estão a estatura, a massa corporal (CARREIRA *et al.*, 2010; CHANG *et al.*, 2015) e as medidas antropométricas das mãos (RUIZ-RUIZ *et al.*, 2002; ESPAÑA-ROMERO *et al.*, 2008; FERNANDES *et al.*, 2011), medidas estas que variam bastante ao longo do processo de desenvolvimento infantil e por esse motivo merecem ser monitoradas. Apesar dessa relação das medidas antropométricas das mãos com a FPM precisarem de investigação, poucos estudos se preocuparam em analisar o comportamento da FPM com foco na associação das dimensões corporais com a capacidade de gerar força na população infantil e adolescente (CARREIRA *et al.*, 2010; CHEN *et al.*, 2018; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021).

Quando abordada a temática função motora da mão, é necessário levar em consideração evidências de que as configurações antropométricas desse segmento corporal estão diretamente relacionadas à capacidade de gerar FPM tanto em adultos (NICOLAY; WALKER, 2005; FERNANDES *et al.*, 2011; MCDOWELL *et al.*,

2012; CHANG *et al.*, 2015; SHAHIDA *et al.*, 2015) quanto em adolescentes (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; IBEGBU *et al.*, 2014; ALKHOLY *et al.*, 2017).

Segundo Kong e Kim (2015), cada vez mais, a antropometria desempenha um papel importante na ergonomia, onde os dados sobre as dimensões corporais nas populações são usados para otimizar os produtos. Nessa perspectiva, as medidas que descrevem uma dimensão geral da mão, incluindo comprimento, largura e envergadura, podem ser consideradas as medidas antropométricas mais significativas no manuseio de produtos ou na projeção de ferramentas (OVIEDO-TRESPALACIOS *et al.*, 2016).

Infelizmente, no que se refere a crianças e adolescentes, as informações sobre essa relação ainda são escassas, embora estudos transversais realizados nos últimos anos tenham investigado o comportamento da FPM com foco na associação das dimensões corporais com a capacidade de gerar força nessa população (CARREIRA *et al.*, 2010; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; CHEN *et al.*, 2017; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a).



## 2 MATERIAIS E MÉTODO

Este trabalho foi realizado com a execução de dois estudos. O primeiro é um estudo transversal de caráter descritivo que visa a cumprir os quatro primeiros objetivos específicos. O segundo estudo, revisão sistemática com metanálise, visa a cumprir o quinto objetivo específico.

### 2.1 Materiais e método adotados na consecução do primeiro estudo

Nessa seção serão descritos os materiais e métodos utilizados para alcançar o 1º, 2º, 3º e 4º objetivos específicos relativos a consecução do primeiro estudo. Para atingir os objetivos propostos foi realizada a anamnese dos alunos e mensurados a estatura, a massa corporal total, as medidas antropométricas das mãos e a capacidade de produzir força de preensão manual das mãos dominante (FMD) e não dominante (FMND).

Os dados foram organizados com base em medidas de posição e os valores médios da capacidade de produzir FPM foram mapeados. Foi estabelecido grau de associação entre a capacidade de gerar FPM e medidas antropométricas utilizando os testes estatísticos Pearson e Spearman. A capacidade de gerar FPM foi comparada entre os sexos dentro das idades estudadas por meio dos test t de Student e U de Mann-Whitney para amostras independentes. Os dados foram tratados com o programa estatístico SPSS versão 22.

#### 2.1.1 Aspectos Éticos

Todas as crianças e os seus pais receberam informações sobre o objetivo e procedimentos do estudo em reunião prévia realizada com os responsáveis. Participaram dessa pesquisa as crianças que concordaram e assinaram o Termo de Assentimento para Menores (Apêndice B) e cujos responsáveis consentiram através

da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice C) previamente enviado para casa.

Os protocolos de intervenção utilizados foram submetidos ao Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Pedro Ernesto/UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil com parecer de aprovação número: 1.675.569 (Anexo) e acompanharam as normas e diretrizes regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

### 2.1.2 Seleção da amostra

A população de referência para o estudo foram 797 escolares (431 meninos e 366 meninas) de 11 a 17 anos regularmente matriculados na E.M. General João Mendonça Lima, uma escola do sistema público de ensino municipal localizada no bairro do Pechincha na cidade do Rio de Janeiro.

O cálculo amostral foi baseado na fórmula de Santos (2016), onde seriam necessários 392 alunos para representar essa população.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p) + e^2 \cdot (N - 1)}$$

Onde:

n: amostra calculada

N: população

Z: variável normal

p: real probabilidade do evento

e: erro amostral

Devido a conveniência, facilidade da coleta e grande adesão dos participantes, foram examinados 586 alunos que concordaram em participar do estudo.

Após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão a amostra se resumiu a 583 adolescente (278 indivíduos do sexo feminino e 305 do sexo masculino) conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1 – Amostra estratificada por idade e sexo.

Idade (anos)	Meninas	Meninos	Total
<b>11</b>	7	5	12
<b>12</b>	36	25	61
<b>13</b>	64	54	118
<b>14</b>	70	83	153
<b>15</b>	56	76	132
<b>16</b>	35	42	77
<b>17</b>	10	20	30
Total	278	305	583

Fonte: a autora, 2017.

### 2.1.3 Critérios de inclusão e exclusão

Foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: estar regularmente matriculado na E.M. General João Mendonça Lima; manifestar interesse em participar do estudo e assinar o Termo de Assentimento para Menores (Apêndice B); a concordância do responsável pelo aluno através de assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice C).

Para exclusão foram usados os critérios: diagnóstico médico ou outra limitação funcional que pudesse influenciar a capacidade de produzir FPM (RÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; CHANG *et al.*, 2015) e história de trauma ou anormalidade nos membros superiores (MOLENAAR *et al.*, 2010). A existência de história cirúrgica em membros superiores foi considerada como história de trauma, o uso de medicação controlada, confirmada por prescrição médica existente na escola, e a existência de deformidade em membro superior foram consideradas como limitação funcional.

As exclusões de dados foram feitas após o término das sessões de coleta para evitar constrangimento aos voluntários e todos os alunos mensurados receberam um relatório com suas medidas.

#### 2.1.4 Instrumentos e procedimentos da coleta de dados

Seguindo o pressuposto de que a capacidade de gerar força de preensão não é afetada pela hora do dia em que é aferida (INNES, 1999), as crianças foram avaliadas no período da manhã e da tarde, em local reservado, pelo mesmo avaliador.

Para prevenir possíveis efeitos da aprendizagem e conseqüente ameaça a validade interna, usamos nesse estudo o método sugerido por Svensson *et al.* (2008), que consiste em familiarizar a criança com o instrumento apenas no momento da execução do teste de FPM. Acessórios como pulseiras, relógios, anéis e braceletes foram removidos de ambos os membros superiores antes do início dos testes.

O protocolo de testes foi dividido em duas sessões. Cada sessão contou com dois dias de coleta e dois avaliadores. A primeira sessão iniciou com o preenchimento da ficha de anamnese. A dominância da mão foi definida com base na mão da escrita (GERODIMOS *et al.*, 2013; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; HOGREL, 2015; ROSTAMSADEH *et al.*, 2021a; ROSTAMSADEH *et al.*, 2021b). Foram anotados dados pessoais e colhidos os dados antropométricos de massa corporal total, estatura e medidas antropométricas das mãos dominante e não dominante que foram: comprimento total da mão (CTM), tamanho do palmo da mão (TPM), largura da palma da mão (LPM). A idade cronológica dos escolares foi determinada a partir da confrontação entre a data de coleta dos dados e a data de nascimento. Os dados antropométricos de massa corporal total e estatura foram coletados de acordo com o protocolo descrito no International Standards for Anthropometric Assessment (ISAK, 2001). Na segunda sessão foi realizado o teste de FPM com as mãos dominante e não dominante, totalizando 6 medidas, três mensurações para cada mão.

### 2.1.5 Medidas antropométricas

#### Estatura

Para a medida da estatura foi fixada uma fita métrica, graduada em centímetros e décimos de centímetro, na parede e um esquadro antropométrico foi utilizado para aferir a estatura em centímetros (cm).

Figura 12 – Aferição da estatura



Fonte: A autora, 2017.

O avaliado permaneceu na posição ortostática (em pé), pés unidos, procurando por em contato com a fita as superfícies posteriores do calcanhar, cintura pélvica, cintura escapular e região occipital (Figura 12). A cabeça permaneceu orientada no plano de Frankfurt, paralela ao solo. A medida foi realizada com o indivíduo em apneia respiratória no final da inspiração.

A mensuração da estatura foi realizada com o indivíduo descalço e vestindo roupas leves, bermuda e camiseta (COHEN *et al.*, 2010).

#### Massa corporal total

A massa corporal foi obtida utilizando-se uma balança digital da marca DLK Sports®, com sensibilidade de 0,1 kg (Figura 13). A aferição foi realizada com o indivíduo descalço e posicionado no centro da balança, ereto e com o olhar num ponto fixo a sua frente vestindo roupas leves, bermuda e camiseta (COHEN *et al.*, 2010).

Figura 13 – Medida da massa corporal total



Fonte: A autora, 2017.

### Comprimento total da mão

A mensuração do comprimento longitudinal ou total das mãos foi realizada de acordo com o *Anthropometric Standardization Reference Manual* (1998). Foi considerado como comprimento longitudinal do eixo da mão, a medida aferida desde a linha do processo estiloide da ulna (prega do punho) até a falange distal do 3º dedo (LOHMAN, 1998; HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; KONG; KIM, 2015; WEN *et al.*, 2020), sendo esta, realizada com fita antropométrica com escala em cm e décimos de cm.

Para a medida do comprimento longitudinal das mãos o avaliado apoiou os antebraços sobre uma mesa com as palmas das mãos voltadas para cima (supinadas) e dedos estendidos (CLERK *et al.*, 2005) conforme figura 14.

Figura 14 – Mensuração do comprimento total da mão



Fonte: A autora, 2017.

#### Largura da palma da mão

Na aferição da medida da largura da palma da mão foi utilizado o Segmômetro Palmar Escolar<sup>®</sup> com escala em cm e décimos de cm conforme figura 15.

Figura 15 – Mensuração da largura da palma da mão com o Segmômetro Palmar Escolar<sup>®</sup>



Fonte: A autora, 2017.

Considerou-se a medida da LPM a distância entre as extremidades da palma da mão no sentido transversal ao eixo da mão, ou seja, as extremidades das

cabeças do 2º e 5º osso metacarpo, considerando suas faces externas (NICOLAY; WALKER, 2005; GERODIMOS *et al.*, 2013, KONG; KIM, 2015; ALKHOLY *et al.*, 2017; WEN *et al.*, 2020). Para a aferição da largura da palma da mão, o avaliado apoiou o antebraço sobre uma mesa com a mão pronada sobre o Segmômetro Palmar Escolar® (Figura 15).

### Tamanho do palmo da mão

Na aferição da medida do tamanho do palmo da mão foi utilizado o Segmômetro Palmar Escolar® com escala em cm e décimos de cm. Considerou-se para o TPM a distância mensurada entre a extremidade do dedo polegar à ponta do dedo mínimo estando a mão com o máximo de abertura possível (ESPAÑA-ROMERO *et al.*, 2008; DIAS *et al.*, 2010; GERODIMOS *et al.*, 2013). Para a medida do TPM, o avaliado apoiou o antebraço sobre uma mesa e posicionou a mão pronada sobre o Segmômetro Palmar Escolar® (Figura 16).

Figura 16– Mensuração do tamanho do palmo da mão com o Segmômetro Palmar Escolar®



Fonte: A autora, 2017.

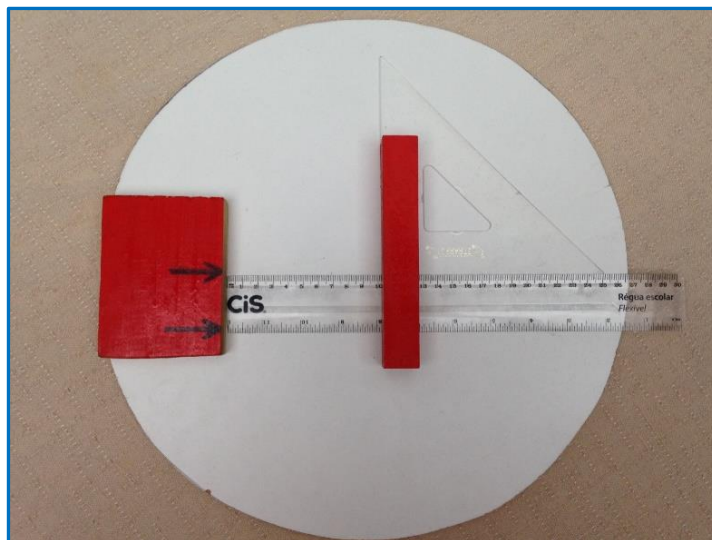
### Segmômetro Palmar Escolar®

O segmômetro utilizado para aferição da largura da palma da mão e do tamanho do palmo da mão foi desenvolvido e construído pela pesquisadora



especialmente para ser utilizado nesse trabalho. O equipamento foi fabricado com ajuda do prof. Dr. Luiz Alberto Batista e da equipe do LaBiCom da UERJ com materiais simples e baratos (Figura 17).

Figura 17 - Segmômetro Palmar Escolar ®



Fonte: A autora, 2017.

Na fabricação do instrumento foram utilizados uma tábua circular de mdf com diâmetro de 35 cm e 0,8 cm de espessura; uma régua escolar de acrílico transparente com 30 cm de comprimento; um esquadro de 45 graus de acrílico transparente; um taco de madeira 14,5 cm de comprimento, 2,2 cm de largura e 1,3 cm de altura; 1 taco de madeira com 10 cm de comprimento, 7,5 cm de largura e 1,5 cm de altura.

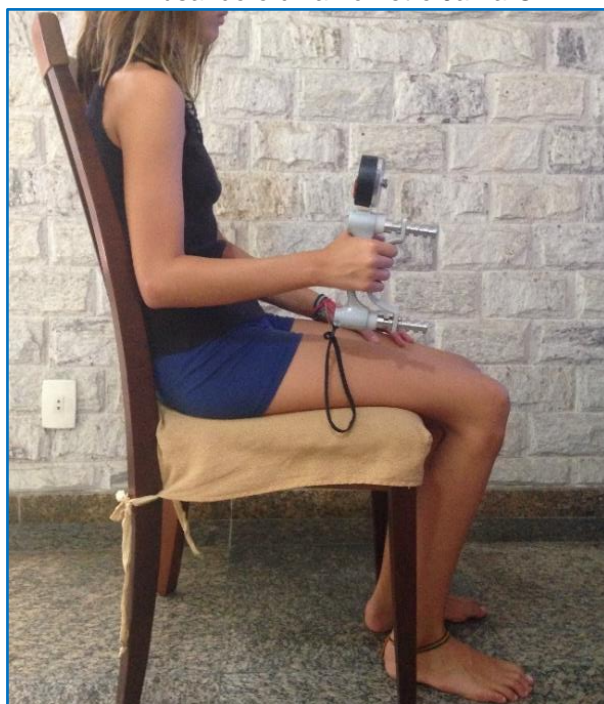
#### 2.1.6 Medida da capacidade de gerar força de preensão manual

A capacidade de produzir FPM da mão dominante e não dominante foi mensurada utilizando-se o dinamômetro manual hidráulico Jamar® (*Sammons Preston Rolyan, USA*), com regulagem da manopla na posição 2 (MOLENAAR *et al.*, 2010; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; GASIOR, 2017; ROSTAMSADEH *et al.*, 2021a; ROSTAMSADEH *et al.*, 2021b).

O dinamômetro Jamar® (Figura 4) apresenta bons índices de validade e confiabilidade para medir a capacidade de gerar força de preensão em adolescentes (GASIOR, 2017). É recomendado pela ASHT (1992) para medir essa capacidade nessa população, sendo reconhecido na literatura como instrumento padrão ouro, e por essa razão é largamente utilizado em pesquisas sobre força de preensão em crianças e adolescentes (FIGUEIREDO *et al.*, 2007; CARREIRA *et al.*, 2010; MOLENAAR, *et al.*, 2010; GERODIMUS; KARANTROU, 2013; SILVA *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2014; HOGREL, 2015; GASIOR, 2017).

Uma vez que instruções padronizadas consistentes para o uso de um equipamento podem minimizar os erros e promover a confiabilidade da mensuração (INNES, 1999; FERNANDES; MARINS, 2011), decidimos nesse estudo adotar o protocolo de posição sugerido pela ASHT (Fess, 1992) para o teste de força de preensão manual (Figura 18), que consiste em o indivíduo estar confortavelmente sentado em uma cadeira de encosto reto com a coluna ereta, mantendo o ângulo de flexão dos joelhos em 90° e pés apoiados no chão, o ombro aduzido, o cotovelo flexionado a 90° com antebraço alinhado com o punho em posição neutra (podendo variar o ângulo de 0 a 30° graus de flexão e entre 0° e 15° de desvio ulnar).

Figura 18 – Aferição da força de preensão manual usando o dinamômetro Jamar®



Fonte: A autora, 2017.

Os resultados foram medidos em quilograma-força e foi considerada como dominante a mão da escrita. Os adolescentes foram familiarizados e instruídos no uso do dinamômetro no momento da coleta (SVENSSON *et al.*, 2008). As crianças receberam encorajamento verbal, segundo a metodologia usada por Blackwell *et al.* (1999); Fraser *et al.* (1999); Chan *et al.* (2008); Molenaar *et al.* (2010); Carreira *et al.* (2010); Wind *et al.* (2010) e Cohen *et al.* (2010), para empregarem a sua força máxima em todas as tentativas.

Neste estudo foi utilizada para análise a média das três medidas aferidas seguindo o protocolo utilizado por Molenaar *et al.* (2010). Os participantes foram instruídos a fazer uma contração máxima (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; MOLENAAR, *et al.*, 2010; GERODIMOS *et al.*, 2013, SOUZA *et al.*, 2014; CHANG *et al.*, 2015; ALKHOLY *et al.*, 2017; GASIOR *et al.*, 2020; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021b) por 3 segundos (CHANG *et al.*, 2008; FERNANDES; MARINS, 2011; RAMÍREZ-VÉLEZ *et al.*, 2017; GASIOR *et al.*, 2020; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a) em cada tentativa. As medições foram alternadas começando com a mão direita. O período de descanso entre medições da mesma mão foi de 15 segundos com a finalidade de minimizar a fadiga muscular, conforme recomendação Trossman e Li (1989).

### 2.1.7 Tratamento estatístico dos dados

O tratamento estatístico dos dados foi realizado com o programa *Statistical Package for the Social Science* (SPSS), versão 22. Foram calculadas as médias dos resultados dos testes de FPM por idade e sexo das mãos dominante (FMD) e não dominante (FMND) e os respectivos desvios padrão (DP). Foram realizados os testes de aderência usando como referência o teste Shapiro-Wilk (GHASEMI; ZAHEDIASL, 2012; TORMAN; COSTER; RIBOLDI, 2012).

O teste paramétrico test-t de Student para amostras independentes e o teste não paramétrico para amostras independentes, teste U de Mann-Whitney (nos casos em que os dados não apresentaram normalidade) foram usados para comparar a capacidade de gerar FPM entre as idades, entre os sexos e entre a mão dominante e a mão não dominante.

Para avaliar a correlação entre a capacidade de gerar força de preensão manual e as medidas antropométricas (massa corporal total, estatura, largura da palma da mão, comprimento total da mão e tamanho do palmo da mão) foram estimados o coeficiente de correlação linear de Pearson (quando os dados se ajustaram a uma distribuição normal) e o coeficiente de correlação  $\rho$  de Spearman (quando os dados não se ajustaram a uma distribuição normal). Consideraram-se significativos os resultados para  $p < 0,05$ .

A interpretação qualitativa do coeficiente de correlação foi realizada segundo Munro (2005, p. 249) (Tabela 2).

Tabela 2 – Interpretação do coeficiente de correlação

Coeficiente de correlação Categorias	Interpretação
0,00 – 0,25	Muito Fraca
0,26 – 0,49	Fraca
0,50 – 0,69	Moderada
0,70 – 0,89	Forte
0,90 – 1,00	Muito Forte

Fonte: Munro, 2005, p. 249.

## 2.2 Materiais e método adotados na consecução do segundo estudo

Para garantir a consecução do quinto objetivo específico proposto, referente a identificar um padrão na capacidade de gerar força muscular de preensão em função do sexo e idade cronológica, foi realizada uma revisão sistemática de acordo com as recomendações do Relatório de Revisões Sistemáticas e Metanálise – PRISMA.

### 2.2.1 Estratégia de busca

Foram tomadas como fontes de material bibliográfico as seguintes bases de dados eletrônicas acessadas pelo Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Periódicos CAPES): Cinahl, Cochrane, Pubmed, Scopus, SPORTDiscus e Web of Science. Os termos em inglês utilizados na busca eletrônica foram (grip strength OR hand grip OR handgrip OR hand strength) AND (child\* OR adolescent\*) AND (norm\* or reference).

Dois pesquisadores (Ramos, M e Oliveira, T) foram responsáveis por examinar os títulos e resumos dos artigos encontrados selecionando os que atendiam aos critérios de inclusão. No caso de artigos para os quais os analistas primários não chegaram a um acordo foi solicitado o parecer de um terceiro revisor (Batista, L).

### 2.2.2 Crítérios de inclusão e exclusão

Compuseram o corpus de análise desta revisão os relatos de pesquisas nas quais foram examinados os seguintes critérios (1) artigos completos revisados por pares; (2) sem restrição de idioma; (3) sem restrição para desenho de estudo (4) sem restrição de ano de publicação; (5) estudos que mensuraram a FPM por meio de um dinamômetro manual; (6) estudos que incluíram indivíduos hígidos com desenvolvimento típico com idade compreendida entre 3 e 19 anos.

Foram excluídos desta revisão estudos que fizeram uso de dinamômetro não portátil e estudos que dispuseram os resultados de FPM para intervalos maiores que 1 ano de idade.

Para a metanálise foram utilizados, além dos critérios anteriormente descritos, (7) artigos que identificaram os resultados para a mão dominante e/ou mão não dominante; (8) artigos que disponibilizaram os resultados do teste de FPM na forma de média aritmética; (9) artigos que utilizaram o protocolo de posição recomendado pela ASHT. Foram excluídos os artigos que utilizaram o dinamômetro de bulbo.

### 2.2.3 Extração de dados

As informações dos artigos selecionados foram extraídas usando o método descritivo analítico. Os dados coletados foram: autor; ano de publicação; local; grupo etário; tempo de pausa, dominância da mão; dinamômetro; regulagem da empunhadura; sexo; FPM; posicionamento; medida/critério; incentivo.

“Autor e ano” de publicação dizem respeito aos autores e ao ano em que o artigo foi publicado. O “local” se refere ao país em que foi realizada a pesquisa. Tempo/pausa se refere ao tempo de descanso entre medidas. “Idade” diz respeito as idades que foram investigadas. A variável “n” diz respeito ao número de indivíduos testados por idade. “Mão” se refere aos resultados para a mão dominante e não dominante. “Dinamômetro/regulagem” se refere ao tipo e modelo de dinamômetro utilizado para o teste de FPM e as diferentes regulagens existentes na manopla do dinamômetro. “Mas/fem” diz respeito ao sexo biológico dos indivíduos testados. “FPM” se refere ao resultado final do teste após as mensurações. “Posicionamento” diz respeito a posição de corpo e membros adotada na execução do teste de força. A variável “medida/critério” se refere ao número de medidas realizadas durante a avaliação e qual valor obtido foi considerado como resultado final do teste. “Incentivo” diz respeito ao encorajamento verbal dado no momento da execução do teste de FPM.

#### 2.2.4 Análise estatística

Neste estudo, os valores de FPM foram quantificados em função da idade. Para realizar a metanálise, foi utilizado o inverso da variância das médias dos estudos incluídos nesta revisão. Foi calculado a média geral com intervalo de confiança de 95%. Neste sentido, a média obtida é o padrão ou valor normativo da FPM e o IC(95%) representa o limite superior e inferior do valor normativo.

O software Review Manager 5.4 (REVMAN) foi utilizado para o processamento dos dados.

### 3 RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

#### 3.1 Primeiro estudo

Nesta sessão serão apresentados os resultados relativos ao primeiro estudo. O artigo original, na íntegra, encontra-se disponível no apêndice A.

Como critérios de exclusão foram usados: diagnóstico médico ou outra limitação funcional que pudesse influenciar a capacidade de produzir FPM (RÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; CHANG *et al.*, 2015) e história de trauma ou anormalidade nos membros superiores (MOLENAAR *et al.*, 2010).

Dos 583 escolares incluídos nesse estudo, 87% apresentaram-se como destros e 13% como canhotos. Todos os indivíduos incluídos completaram as etapas de medições.

##### 3.1.1 Comparação entre as variáveis

Os resultados das medições dos dados antropométricos de estatura, massa corporal total, tamanho do palmo das mãos, comprimento total das mãos e largura da palma das mãos foram estratificados por sexo e idade e são exibidos nas tabelas 3 e 4.

Os resultados evidenciam que os meninos são significativamente mais altos que as meninas a partir dos 13 anos e uma diferença significativa na massa corporal total entre os sexos se apresentou apenas aos 16 anos (Tabela 3).

As dimensões das mãos dos meninos se mostraram significativamente maiores que as das meninas a partir dos 13 anos, com exceção da LPMND aos 13 anos (Tabela 4).

Tabela 3 – Caracterização da amostra (média  $\pm$  DP)

Idade (anos)		n	Estatura (cm)	Massa (kg)
11	meninos	5	152,6 $\pm$ 12,4	43,9 $\pm$ 7,3
	meninas	7	152,6 $\pm$ 4,6	44,5 $\pm$ 9,3
12	meninos	25	159,2 $\pm$ 8,6	49,9 $\pm$ 14,4
	meninas	36	156,9 $\pm$ 4,8	52,2 $\pm$ 11,9
13	meninos	54	163,0 $\pm$ 7,5 *	53,2 $\pm$ 13,7
	meninas	64	159,5 $\pm$ 6,1	54,7 $\pm$ 10,9
14	meninos	83	166,7 $\pm$ 8,3 *	55,2 $\pm$ 11,2
	meninas	70	159,5 $\pm$ 6,7	57,7 $\pm$ 12,4
15	meninos	76	170,3 $\pm$ 7,1 *	61,8 $\pm$ 12,8
	meninas	56	161,5 $\pm$ 7,1	58,9 $\pm$ 11,7
16	meninos	42	171,9 $\pm$ 6,5 *	65,9 $\pm$ 11,8*
	meninas	35	158,7 $\pm$ 6,2	57,1 $\pm$ 15,3
17	meninos	20	174,3 $\pm$ 6,6 *	61,1 $\pm$ 8,9
	meninas	10	160,3 $\pm$ 4,4	61,3 $\pm$ 11,5

Legenda: \* diferença significativa entre os sexos no nível 0,05; cm centímetro; Kg quilograma; DP desvio padrão.

Os dados confirmam a premissa de que a capacidade de gerar FPM das mãos dominante e não dominante aumenta com a idade cronológica em ambos os sexos sendo mais acentuada nos indivíduos do sexo masculino conforme apresentado na figura 19.

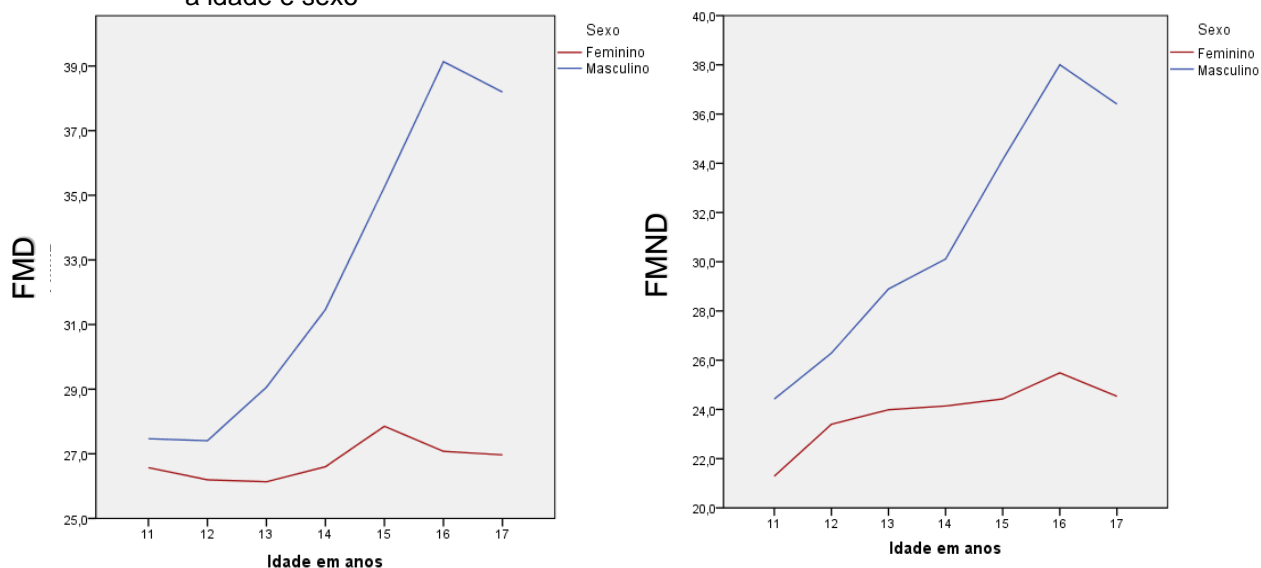


Tabela 4 – Dados antropométricos das mãos estratificados por idade e sexo (média ± DP)

Idade (anos)	n	MÃO DOMINANTE (cm)			MÃO NÃO DOMINANTE (cm)			
		LPMD	CTMD	TPMD	LPMND	CTMND	TPMND	
11	meninos	5	7,7 ± 0,9	17,3 ± 1,8	20,0 ± 1,0	7,5 ± 0,7	17,2 ± 1,3	20,2 ± 0,8
	meninas	7	7,4 ± 0,5	17,2 ± 0,5	18,9 ± 1,3	7,3 ± 0,3	17,4 ± 0,5	19,3 ± 1,1
12	meninos	25	7,9 ± 0,6 *	18,0 ± 1,1	20,5 ± 1,3 *	7,7 ± 0,5	18,0 ± 1,0	20,6 ± 5,7 *
	meninas	36	7,6 ± 0,4	17,7 ± 0,8	19,8 ± 1,0	7,4 ± 0,3	17,8 ± 0,9	23,4 ± 5,2
13	meninos	54	8,2 ± 0,5 *	18,6 ± 1,1 *	20,8 ± 1,4 *	8,0 ± 0,5	18,7 ± 1,2 *	21,0 ± 1,4 *
	meninas	64	7,7 ± 0,4	17,8 ± 0,8	19,9 ± 1,2	7,7 ± 0,5	17,9 ± 1,0	20,1 ± 1,3
14	meninos	83	8,3 ± 0,5 *	18,7 ± 1,2 *	21,2 ± 1,6 *	8,1 ± 0,5 *	18,8 ± 1,2 *	21,4 ± 1,6 *
	meninas	70	7,7 ± 0,5	17,7 ± 1,0	19,8 ± 1,3	7,6 ± 0,5	17,7 ± 1,0	20,0 ± 1,3
15	meninos	76	8,4 ± 0,4 *	19,1 ± 1,0 *	21,7 ± 1,1 *	8,2 ± 0,4 *	19,2 ± 1,0 *	22,0 ± 1,1 *
	meninas	56	7,7 ± 0,4	17,8 ± 1,2	20,2 ± 1,4	7,6 ± 0,4	17,9 ± 1,1	20,3 ± 1,4
16	meninos	42	8,5 ± 0,4 *	19,2 ± 1,0 *	22,2 ± 1,4 *	8,4 ± 0,5 *	19,3 ± 1,1 *	22,5 ± 1,3 *
	meninas	35	7,6 ± 0,5	17,6 ± 1,0	19,8 ± 1,1	7,5 ± 0,4	17,7 ± 0,9	19,9 ± 1,1
17	meninos	20	8,5 ± 0,4 *	19,0 ± 0,7 *	21,5 ± 1,0 *	8,3 ± 0,4 *	19,1 ± 0,9 *	21,7 ± 1,1 *
	meninas	10	7,7 ± 0,5	18,0 ± 1,2	19,8 ± 1,3	7,3 ± 0,5	17,9 ± 1,2	19,9 ± 1,5

Legenda: DP desvio padrão; cm centímetro; LPMD largura da palma da mão dominante; CTMD comprimento total da mão dominante; TPMD tamanho do palmo da mão dominante; LPMND largura da palma da mão não dominante; CTMND comprimento total da mão não dominante; TPMND tamanho do palmo da mão não dominante; \* diferença significativa entre os sexos no nível 0,05.

Figura 19 – Distribuição da força média das mãos dominante e não dominante em kgf de acordo com a idade e sexo



Legenda: FMD Força média da mão dominante; FMND Força média da mão não dominante.

De forma geral há uma diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) na capacidade de gerar FPM entre as mãos dominante e não dominante (Tabela 5) e entre os sexos (Tabela 7).

#### Dados estratificados por dominância da mão

No grupo como um todo (sem estratificação por idade e sexo), quando comparadas as médias da capacidade de produzir força de preensão entre as mãos, a mão dominante mostrou-se mais capaz de gerar força de preensão manual que a mão não dominante ( $p < 0,05$ ). Os resultados apresentaram uma diferença com magnitude de 6,7% (Tabela 5).

Tabela 5 – Capacidade de gerar força de preensão manual (kgf) nas mãos dominante e não dominante de toda a amostra

	n	Mão Dominante	p-valor	Mão Não dominante	Dif. %
Força (DP)	583	30,1 ( $\pm 7,8$ )	0,001*	28,2 ( $\pm 7,7$ )	6,7%

Legenda: \* diferença significativa entre as mãos dominante e não dominante no nível 0,05; Dif. % magnitude da diferença em percentual da capacidade de gerar força de preensão manual entre as mãos dominante e não dominante; DP desvio padrão; n número de indivíduos; kgf quilograma força.

### Dados estratificados por dominância da mão e idade

Quando estratificados por idade e dominância da mão (sem estratificação por sexo) os resultados mostraram não existir diferença na capacidade de gerar força entre as mãos dominante e não dominante aos 11, 13, 16 e 17 anos. Aos 12, 14 e 15 anos os testes apontaram a mão dominante como mais capaz de gerar FPM que a mão não dominante apresentando uma diferença com a magnitude de 8,5% na capacidade de gerar força entre as mãos aos 12 anos. Aos 14 anos a diferença na capacidade de gerar FPM entre as mãos cai para 6,6% e aos 15 anos essa diferença entre as mãos volta a subir para 7,0% (Tabela 6).

Tabela 6 – Capacidade de gerar força das mãos dominante e não dominante conforme a idade

Idade (anos)	Mão	n	Força		p-valor	Dif.%
			Média	DP		
11	Dominante	16	26,8	(±7,0)	0,190	-
	Não_dominante		21,8	(±5,6)		
12	Dominante	61	26,7	(±5,8)	0,028	*8,5%
	Não_dominante		24,6	(±5,5)		
13	Dominante	118	27,4	(±6,3)	0,083	-
	Não_dominante		26,2	(±6,5)		
14	Dominante	152	29,2	(±6,9)	0,017	*6,6%
	Não_dominante		27,4	(±6,7)		
15	Dominante	132	32,1	(±7,5)	0,019	*7,0%
	Não_dominante		30,0	(±7,9)		
16	Dominante	77	33,6	(±9,6)	0,335	-
	Não_dominante		32,3	(±9,3)		
17	Dominante	30	34,4	(±9,1)	0,433	-
	Não_dominante		32,4	(±8,4)		

Legenda: n número de indivíduos; Diferença% magnitude da diferença em percentual da capacidade de gerar força de preensão entre as mãos dominante e não dominante; DP desvio padrão; \* existência de diferença significativa entre as mãos dominante e não dominante; Dif. % magnitude da diferença em percentual da capacidade de gerar força de preensão manual entre as mãos dominante e não dominante.

### Dados estratificados por dominância da mão e sexo

Quando observamos os resultados da estratificação da amostra pela dominância e sexo, identificou-se que os indivíduos do sexo masculino se mostraram mais capazes de gerar FPM, em ambas as mãos, que os indivíduos do sexo feminino (Tabela 7). Os resultados apresentaram uma diferença percentual de 24% na mão dominante e 32,2% na mão não dominante.

Tabela 7 – Capacidade de gerar força das mãos dominante e não dominante conforme o sexo

Mão	n ♂	n ♀	Força (DP)			Dif. %
			Meninos	p-valor	Meninas	
<b>Dominante</b>	305	278	33,1 (±8,3)	0,001*	26,7 (±5,5)	24,0%
<b>Não_dominante</b>			32,0 (±7,9)	0,001*	24,2 (±5,1)	32,2%

Legenda: ♀ meninas; ♂ meninos; n número de indivíduos; \* diferença significativa entre os sexos conforme a dominância das mãos no nível 0,05; Dif. % magnitude da diferença em percentual da capacidade de gerar força de preensão entre os sexos conforme a dominância da mão; kgf quilograma força; DP desvio padrão.

### Dados estratificados por dominância da mão, sexo e idade

Quando os dados foram estratificados por sexo, idade e dominância (Tabela 8) e observados os resultados da comparação do comportamento da FPM levando-se em conta o mesmo sexo e a mesma mão, observamos que: aos 11 não houve diferença na capacidade de produzir FPM entre meninos e meninas.

Aos 12 anos, meninos e meninas mostraram a mesma capacidade de gerar FPM na mão dominante, mas na mão não dominante, os meninos apresentaram maior capacidade (12,0%) de gerar FPM que as meninas.

A partir dos 13 anos os meninos superaram as meninas na capacidade de gerar FPM de ambas as mãos começando com a diferença, aos 13 anos, na ordem de 11,2% na mão dominante e 20,4% na mão não dominante.

Aos 14 anos essa diferença na capacidade de gerar FPM entre os sexos aumenta para 18,4% na mão dominante e 24,9% na mão não dominante (Tabela 8).

Tabela 8 - Capacidade de gerar força das mãos dominante e não dominante conforme a idade e sexo

Idade	Mão	♂	♀	Meninos	Meninas	Entre sexos		Entre ♀		Entre ♂
						p-valor	*Dif. %	p-valor	†Dif. %	p-valor
11	<b>Dominante</b>	5	7	27,2 (±4,7)	26,6 (±8,6)	0,639	-	0,128	-	0,222
	<b>Não_dominante</b>			22,6 (±7,2)	21,3 (±4,8)	0,876	-			
12	<b>Dominante</b>	25	35	27,4 (±5,6)	26,2 (±5,9)	0,202	-	0,014 <sup>†</sup>	11,9%	0,490
	<b>Não_dominante</b>			26,2 (±5,9)	23,4 (±5,2)	0,026*	12,0%			
13	<b>Dominante</b>	54	64	29,0 (±7,0)	26,1 (±5,3)	0,023*	11,2%	0,011 <sup>†</sup>	8,7%	0,946
	<b>Não_dominante</b>			28,9 (±6,6)	24,0 (±5,4)	0,000*	20,4%			
14	<b>Dominante</b>	86	71	31,5 (±7,5)	26,6 (±5,3)	0,000*	18,4%	0,002 <sup>†</sup>	10,4%	0,220
	<b>Não_dominante</b>			30,1 (±6,6)	24,1 (±5,4)	0,000*	24,9%			
15	<b>Dominante</b>	76	58	35,2 (±7,2)	27,8 (±5,5)	0,000*	26,6%	0,001 <sup>†</sup>	14,3%	0,350
	<b>Não_dominante</b>			34,1 (±7,3)	24,4 (±4,8)	0,000*	39,8%			
16	<b>Dominante</b>	41	36	39,1 (±8,5)	27,1 (±6,1)	0,000*	44,3%	0,230	-	0,538
	<b>Não_dominante</b>			38,0 (±8,2)	25,5 (±4,8)	0,000*	49,0%			
17	<b>Dominante</b>	20	10	38,2 (±8,8)	27,0 (±3,5)	0,000*	41,5%	0,190	-	0,336
	<b>Não_dominante</b>			36,4 (±7,4)	24,5 (±3,1)	0,000*	48,6%			

Legenda: ♀ meninas; ♂ meninos; \* diferença significativa entre os sexos conforme a dominância das mãos no nível 0,05; † diferença significativa entre as mãos dominante e não dominante no nível 0,05 no sexo feminino; DP desvio padrão; n número de indivíduos; Kgf quilograma força; \*Dif. % magnitude da diferença em percentual da capacidade de gerar força de preensão entre os sexos conforme a dominância da mão; † Dif. % magnitude da diferença em percentual da capacidade de gerar força de preensão entre as mãos no sexo feminino.

Aos 15 anos, a diferença na capacidade de gerar FPM entre os sexos aumenta para 26,6% na mão dominante e 39,8% na mão não dominante. A diferença entre os sexos continua a subir atingindo, aos 16 anos, seu maior valor, 44,3% na mão dominante e 49% na mão não dominante (Tabela 8).

Aos 17 anos as diferenças na capacidade de produzir FPM entre os sexos diminuem para 41,5% na mão dominante e 48,6% na mão não dominante. Os indivíduos do sexo masculino obtiveram maiores resultados nos testes de FPM em todas as idades estudadas (Tabela 8).

Quando comparamos as mãos dominante e não dominante de cada sexo separadamente, dentro de uma idade específica, observamos que no sexo masculino os resultados mostraram **não** existir diferença na capacidade de gerar FPM entre as mãos em nenhuma das idades estudadas (Tabela 8).

Nas meninas, os dados também mostraram não existir diferença na capacidade de gerar força entre as mãos dominante e não dominante nas idades de 11, 16 e 17 anos, mas aos 12 anos essa diferença mostrou-se presente (11,9%) prevalecendo a mão dominante com maior capacidade de produzir FPM. Aos 13 anos, a capacidade de gerar FPM da mão dominante superou a da mão não dominante apresentando uma diferença com a magnitude de 8,7%. Aos 14 anos essa diferença na capacidade de gerar FPM entre as mãos sobe para 10,4%, mantendo-se estável aos 15 anos, com 14,3% de diferença entre as mãos dominante e não dominante (Tabela 8).

### 3.1.2 Correlação entre as variáveis

Foram avaliadas as correlações entre a capacidade de produzir força de preensão das mãos e as variáveis: idade, massa corporal total, estatura, largura da palma da mão dominante (LPMD), largura da palma da mão não dominante (LPMND), comprimento total da mão dominante (CTMD), comprimento total da mão não dominante (CTMND), tamanho do palmo da mão dominante (TPMD) e tamanho do palmo da mão não dominante (TPMND).

A análise de correlação foi realizada no grupo como um todo e também no grupo estratificado por idade, por sexo e por idade e sexo. Para interpretar e

classificar a intensidade das correlações usamos os parâmetros sugeridos por Munro (2005, p. 249) (Tabela 2).

### Correlações com a FMD e FMND

No grupo como um todo (sem estratificação) foram encontradas correlações significativas entre a capacidade de gerar FMD e as variáveis idade, massa, estatura, LPMD, CTMD e TPMD e entre a capacidade de gerar FMND e as variáveis idade, massa corporal total, estatura, LPMND, CTMND e TPMND (Tabela 13).

### Correlações com a FMD e FMND estratificadas por idade

Aos 11 anos foram encontradas correlações significativas entre a variável FMD e a variável massa (Tabela 9) e entre a variável FMND e LPMND (Tabela 10).

Aos 12 anos não foram encontradas correlações significativas entre as variáveis dinamométricas FMD e FMND e a idade, mas foram encontradas correlações significativas entre a FMD e FMND e as variáveis massa, estatura, LPMD, CTMD, TPMD, LPMND, CTMND e TPMND no nível 0,05 (Tabelas 9 e 10).

Aos 13 anos não foram encontradas correlações significativas entre a capacidade de gerar FMD e FMND com a idade, mas foram encontradas correlações significativas com as variáveis massa, estatura, LPMD, CTMD, TPMD, LPMND, CTMND e TPMND (Tabelas 9 e 10).

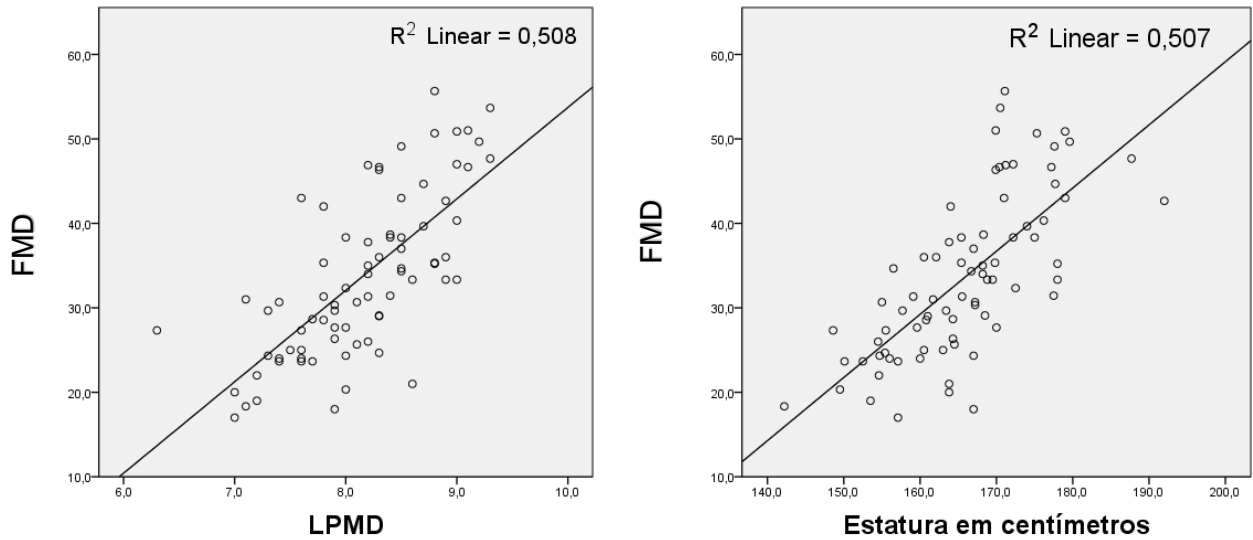
Aos 14 anos foram encontradas correlações significativas entre a capacidade de produzir FMD e FMND com as variáveis massa, estatura, LPMD, CTMD, TPMD, LPMND, CTMND e TPMND, mas não foram encontradas correlações significativas com a idade (Tabelas 9 e 10).

Aos 15 anos foram encontradas correlações significativas entre a capacidade de gerar força de ambas as mãos e as variáveis massa, estatura, LPMD, CTMD, TPMD, LPMND, CTMND e TPMND e não foram encontradas correlações significativas com a variável idade (Tabelas 9 e 10).

Aos 16 anos foram encontradas correlações significativas entre a capacidade de gerar FMD e FMND com as variáveis massa, estatura, LPMD, CTMD, TPMD, LPMND, CTMND e TPMND e não foram encontradas correlações significativas com a idade (Tabelas 9 e 10). Segundo a classificação de Munro (2005), são fortes as

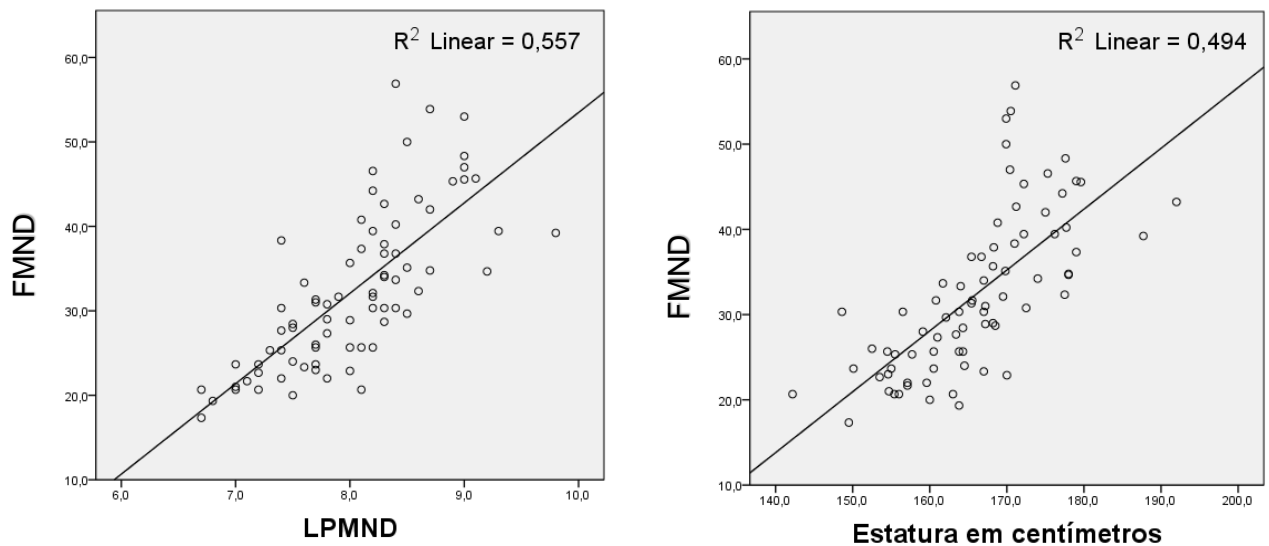
correlações entre FMD e as variáveis LPMD e estatura (Tabela 9; Figura 20) e também são consideradas fortes as correlações entre FMND e as variáveis estatura, LPMND (Tabela 10; Figura 21).

Figura 20 - Gráficos de dispersão da mão dominante aos 16 anos



Legenda: FMD força média da mão dominante; LPMD largura da palma da mão dominante.

Figura 21 - Gráficos de dispersão da mão não dominante aos 16 anos



Legenda: FMND força média da mão não dominante; LPMND largura da palma da mão não dominante

Aos 17 anos foram encontradas correlações significativas entre a capacidade de gerar FMD e FMND as variáveis idade, massa, estatura, LPMD, LPMND, CTMD,



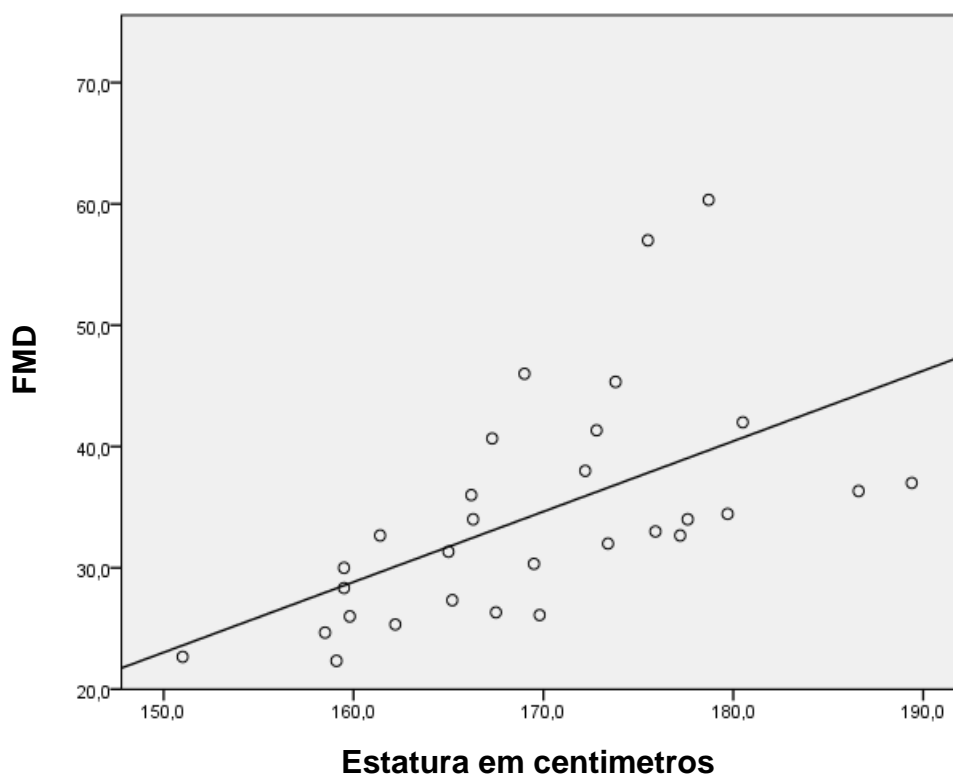
CTMND, TPMD e TPMND (Tabelas 9 e 10), sendo que a variável estatura apresentou forte correlação com a FMD (Tabela 9; Figura 22).

Tabela 9 - Correlação entre a capacidade de gerar FMD e as variáveis antropométricas estratificadas por idade

IDADES	n	idade	massa	estatura	Mão Dominante		
					LPMD	CTMD	TPMD
11	12	-0,266	0,601*	0,308	0,340	0,449	0,462
12	61	-0,045	0,382*	0,321*	0,468*	0,276*	0,284*
13	118	0,068	0,381*	0,416*	0,587*	0,360*	0,399*
14	153	-0,110	0,386*	0,442*	0,556*	0,450*	0,424*
15	136	0,152	0,397*	0,489*	0,573*	0,453*	0,565*
16	77	0,104	0,552*	0,712*	0,735*	0,666*	0,641*
17	30	-0,509**	0,524*	0,701*	0,617*	0,477*	0,494*

Legenda: \* significativo para  $p < 0,05$ ; LPMD largura da palma da mão dominante; CTMD comprimento total da mão dominante; TPMD tamanho do palmo da mão dominante; n número de indivíduos.

Figura 22 - Gráfico de dispersão da mão dominante aos 17 anos



Legenda: FMD força média da mão dominante.

Tabela 10 - Correlação entre a capacidade de gerar FMND e as variáveis antropométricas estratificadas por idade

IDADES	n	idade	massa	estatura	Mão Não Dominante		
					LPMND	CTMND	TPMND
11	12	0,137	0,400	0,537	0,627*	0,553	0,363
12	61	0,052	0,444*	0,278*	0,544*	0,323*	0,349*
13	118	0,102	0,261*	0,435*	0,476	0,354	0,381*
14	153	-0,094	0,378*	0,475*	0,600*	0,527*	0,525*
15	136	0,146	0,395*	0,458*	0,642*	0,500*	0,619*
16	77	0,111	0,557*	0,797*	0,797*	0,677*	0,731*
17	30	-0,446*	0,369*	0,633*	0,569*	0,530*	0,435*

Legenda: \* significativo para  $p < 0,05$ ; LPMND largura da palma da mão não dominante; CTMND comprimento total da mão não dominante; TPMND tamanho do palmo da mão não dominante; n número de indivíduos.

#### Correlações com a FMD e FMND estratificadas por sexo

Quando os dados foram estratificados somente por sexo, no grupo feminino foram encontradas correlações significativas entre a FMD e FMND com todas as variáveis com exceção FMD com a idade (Tabela 11).

No grupo masculino foram encontradas correlações significativas entre as FMMD e FMMND e a idade, massa, estatura, LPMD, CTMD, TPMD, LPMND, CTMND e TPMND (Tabela 12).

#### Correlações com a FMD e FMND estratificadas por sexo e idade

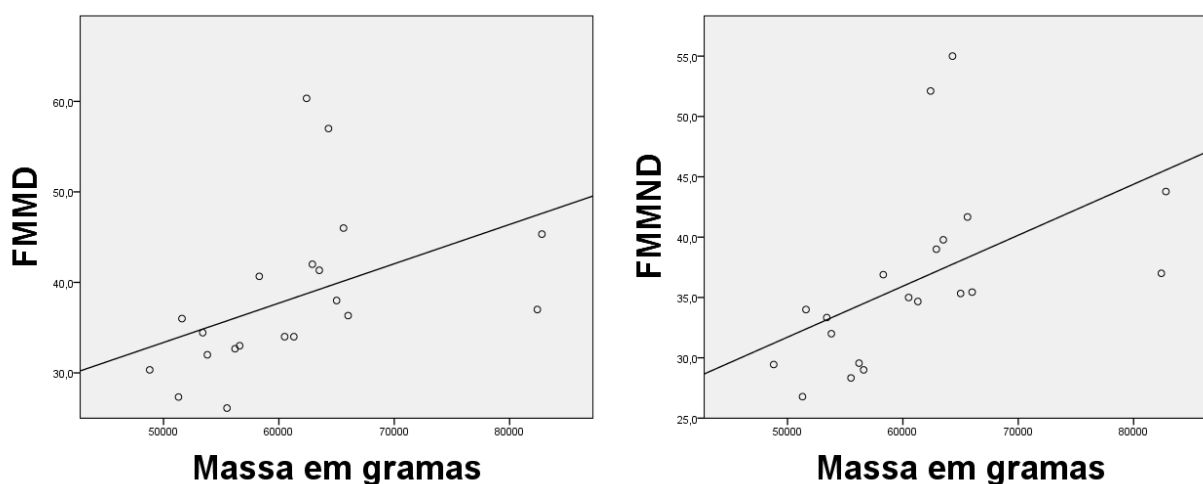
Quando observamos a estratificação por sexo e idade, no grupo masculino, foram encontradas correlações significativas da FMD (Tabela 11) com as variáveis massa, estatura, LPMD, CTMD e TPMD e dos 12 aos 16 anos e com a variável estatura aos 17 anos. Também foram encontradas correlações significativas da FMND (Tabela 12) com as variáveis massa, estatura, LPMND, CTMND aos 12; com as variáveis massa, LPMND, CTMND e TPMND aos 13 anos; com as variáveis massa, estatura, LPMND, CTMND e TPMND dos 14 aos 16 anos e com a variável massa corporal total aos 17 anos. Aos 17 anos, foram consideradas fortes as correlações da FMD e FMND com a massa corporal total (Figura 23).

Tabela 11 - Correlação entre a capacidade de gerar FPM e as variáveis antropométricas

	n	idade	massa	estatura	Mão Dominante		
					LPMD	CTMD	TPMD
Todos	583	0,315*	0,447*	0,547*	0,595*	0,486*	0,518*
Sexo							
Meninos	305	0,434*	0,567*	0,508*	0,552*	0,459*	0,504*
idade							
11	5	-0,105	0,700	0,400	0,600	0,700	0,800
12	25	0,200	0,667*	0,572*	0,664*	0,439**	0,468**
13	54	-0,193	0,440*	0,365*	0,538*	0,421*	0,450*
14	83	-0,202	0,484*	0,355*	0,479*	0,398*	0,362*
15	76	0,236*	0,497*	0,373*	0,466*	0,354*	0,565*
16	42	0,119	0,465*	0,465*	0,646*	0,493*	0,495*
17	20	-0,072	0,727*	0,263	0,299	0,211	-0,030
Meninas	278	0,083	0,303**	0,302**	0,392**	0,226**	0,229**
idade							
11	7	0,018	0,321	-0,071	-0,018	0,396	0,144
12	36	-0,313	0,148	-0,100	0,302	0,125	0,111
13	64	0,226	0,363*	0,401*	0,578*	0,123	0,222
14	70	0,026	0,431*	0,329*	0,473*	0,303**	0,248**
15	56	0,013	0,197	0,217	0,294**	0,183	0,231
16	35	-0,187	0,180	0,518*	0,284	0,397**	0,138
17	10	-0,543	0,804*	0,475	0,481	0,449	0,664*

Legenda: \* significativo para  $p < 0,05$ ; \*\* significativo para  $p < 0,01$ ; LPMD largura da palma da mão; CTMD comprimento total da mão; TPMD tamanho do palmo da mão.

Figura 23 - Gráficos de dispersão das mãos dominante e não dominante no sexo masculino aos 17 anos



Legenda: FMD força média da mão dominante; FMND força média da mão não dominante.

No grupo feminino foram encontradas correlações significativas da FMD com as variáveis massa, estatura, LPMD aos 13 e 14 anos. Aos 14 anos também foram encontradas correlações significativas com o CTMD e TPMD. Aos 15 foi encontrada correlação significativa com a LPMD; aos 16 com a estatura e CTMD (Tabela 11). Aos 17 anos com a massa e TPMD, sendo que a correlação com a massa foi considerada forte (Tabela 11).

Tabela 12 - Correlação entre a capacidade de gerar FMND e as variáveis antropométricas

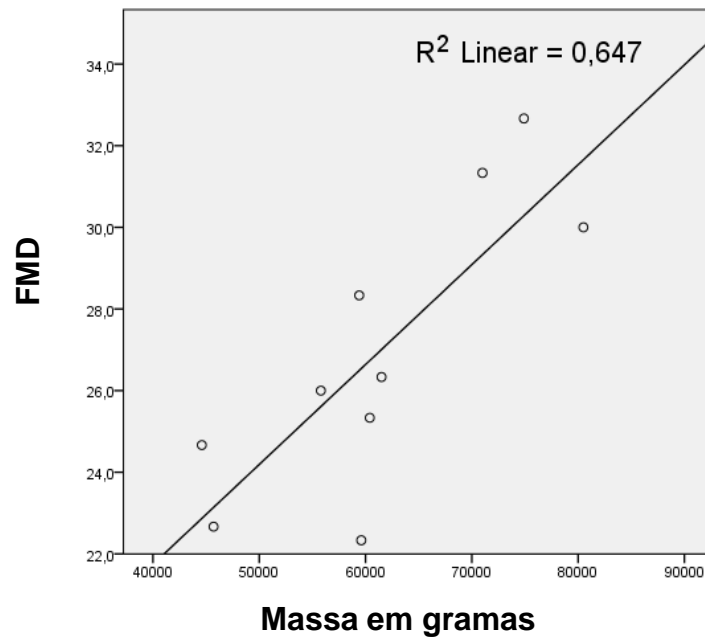
	n	idade	massa	estatura	Mão Não Dominante		
					LPMND	CTMND	TPMND
Todos	583	0,333*	0,432*	0,560*	0,628*	0,519*	0,571*
Sexo							
Meninos	305	0,440*	0,551*	0,494*	0,565*	0,451*	0,518*
idade							
11	5	0,649	0,872	0,718	0,872	0,718	0,872
12	25	0,247	0,487*	0,494*	0,675*	0,406*	0,376
13	54	-0,102	0,352*	0,243	0,471*	0,329*	0,367*
14	83	-0,177	0,533*	0,443*	0,553*	0,436*	0,432*
15	76	0,157	0,503*	0,279*	0,469*	0,333*	0,483*
16	42	0,102	0,365*	0,390*	0,541*	0,415*	0,519*
17	20	0,015	0,788*	0,289	0,157	0,245	0,014
Meninas	278	0,136**	0,336**	0,283**	0,359**	0,266**	0,280**
idade							
11	7	-0,073	-0,036	-0,214	-0,216	0,218	0,134
12	36	0,051	0,374*	0,076	0,368*	0,236	0,163
13	64	0,231	0,250*	0,550*	0,256*	0,147	0,222
14	70	0,026	0,423*	0,148	0,418*	0,464*	0,432*
15	56	0,162	0,254	0,566	0,348*	0,244	0,378*
16	35	-0,156	0,417*	0,524*	0,539*	0,363*	0,150
17	10	-0,720*	0,763*	0,579	0,708*	0,522	0,465

Legenda: \* significativo para  $p < 0,05$ ; LPMND largura da palma da mão não dominante; CTMND comprimento total da mão não dominante; TPMND tamanho do palmo da mão não dominante.

Ainda no grupo feminino, foram encontradas correlações significativas da FMND com as variáveis massa e LPMND aos 12 anos; com as variáveis massa, estatura e LPMND aos 13 anos; com as variáveis massa, LPMND, CTMND e TPMND aos 14 anos; com as variáveis LPMND e TPMND aos 15 anos; com as

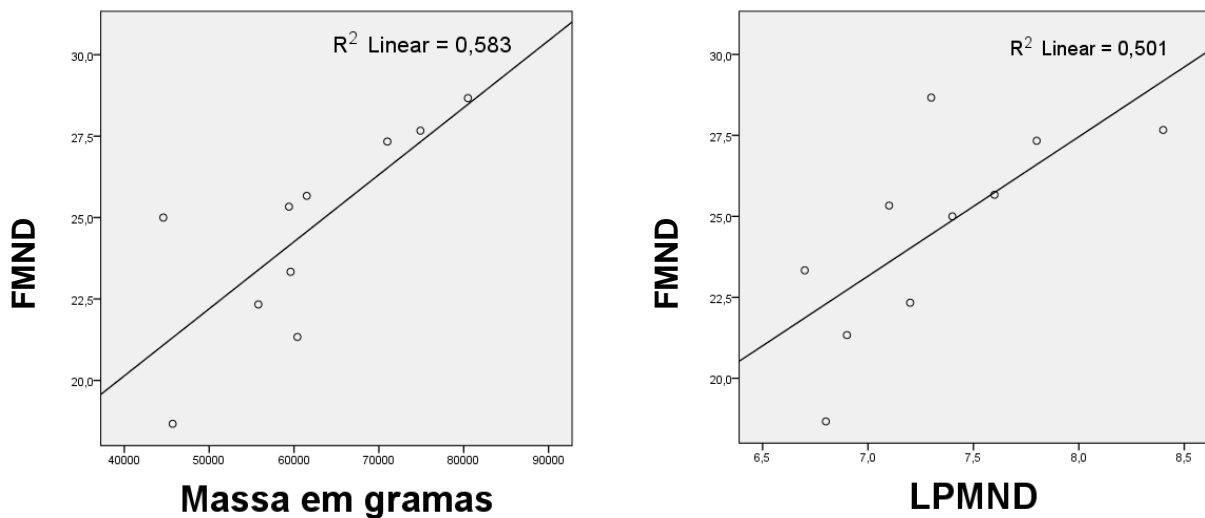
variáveis massa, estatura, LPMND e CTMND aos 16 anos (Tabela 11). Aos 17 anos foram encontradas correlações significativas e fortes e com as variáveis massa (Figura 24), idade e LPMND (Figura 25).

Figura 24 - Gráfico de dispersão da mão dominante no sexo feminino aos 17 anos



Legenda: FMD força média da mão dominante.

Figura 25 - Gráficos de dispersão da mão não dominante no sexo feminino aos 17 anos



Legenda: FMND força média da mão não dominante; LPMND largura da palma da mão não dominante.

Destarte, é importante considerar que neste primeiro estudo objetivamos produzir informações a respeito do grau de relação entre variáveis antropométricas e a capacidade de gerar FPM em adolescentes. Espera-se que os resultados sejam usados no monitoramento do desenvolvimento adolescente, assim como na triagem de doenças, tanto na prática clínica quanto em ambiente escolar. Também é esperado que os resultados contribuam com a indústria manufatureira de bens de consumo, auxiliando no projeto e desenvolvimento de produtos ergonômicos adequados as características do mercado consumidor adolescente, assim como com pesquisas futuras acerca de outras temáticas envolvendo FPM adolescentes.

A amostra foi estratificada por sexo e idade e foram detectadas correlações positivas entre a capacidade de gerar FPM e a variável idade cronológica em ambos os sexos. Os resultados do teste de FPM obtidos neste estudo sugerem que, de fato, a capacidade de gerar FPM acompanha a progressão da idade cronológica em ambos os sexos, o que está de acordo com estudos anteriores (MATHIOWETZ *et al.*, 1986; HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; COHEN *et al.*, 2010; MOLENAAR *et al.*, 2010; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; IBEGBU *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2014; MCQUIDDY *et al.*, 2015; ALKHOLY *et al.*, 2017; RAMÍREZ-VÉLEZ *et al.*, 2017; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021b).

Nas investigações relatadas, quando foi detectada diferença significativa entre os sexos, viu-se que os meninos mostraram ser mais capazes de gerar FPM do que as meninas da mesma idade. Alguns estudos realizados com crianças e adolescentes de diferentes nacionalidades apontaram maior capacidade de gerar FPM nos meninos em todas as idades investigadas (ESTEVES *et al.*, 2005; CARREIRA *et al.*, 2010; COHEN *et al.*, 2010; MCQUIDDY *et al.*, 2015; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a). Em contrapartida, Chen *et al.* (2018) não encontraram diferença significativa entre os sexos em nenhuma das idades examinadas.

No presente estudo, não foi encontrada diferença significativa entre os sexos aos 11 e 12 anos, resultado que difere dos achados de Esteves *et al.* (2005) e Häger-Ross e Rösblad (2002) e Rostamzadeh *et al.* (2021b) que observaram diferença significativa a partir dos 11 anos. Moura *et al.* (2008) relataram diferença significativa a partir dos 12 anos. Embora os dados obtidos na presente investigação apontem uma superioridade na capacidade de gerar FPM em favor dos meninos apenas a partir dos 13 anos, o que está de acordo com os resultados de Ramírez-

Vélez *et al.* (2017), aos 14 anos, o ganho na capacidade de gerar FPM acelera e atinge valores máximos aos 16 anos (Figura 19) (Tabela 8). Resultados semelhantes foram registrados por Cohen *et al.* (2010) em crianças de 10 a 16 anos e por Visnapuu e Jürimäe (2007) em jovens jogadores de handebol e basquete de 10 a 17 anos. Esses resultados podem ser consequência do aumento do hormônio testosterona em meninos nessa faixa etária. Aumento este que induz maturação sexual e ganho de massa muscular (MALINA *et al.*, 2009). Tais fatos podem contribuir para o aumento da capacidade de gerar força muscular e, conseqüentemente, FPM.

Nas meninas, o aumento da capacidade de gerar FPM é modesto e ocorre por volta dos 12 anos de idade, quando se inicia o estirão de crescimento e, posteriormente, a menarca (BEUNEN; THOMIS, 2000). Carreira *et al.* (2010), Molenaar *et al.* (2010), Cohen *et al.* (2010) e McQuiddy *et al.* (2015) relataram resultados semelhantes.

Quando os resultados foram analisados considerando indivíduos do mesmo sexo, observou-se que os valores de FPM encontrados no presente estudo são superiores aos descritos nos estudos citados anteriormente (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; CARREIRA *et al.*, 2010; COHEN *et al.*, 2010; MOLENAAR *et al.*, 2010; MCQUIDDY *et al.*, 2015; CHEN *et al.*, 2018) em 12 e 13 anos em ambos. No entanto, a partir dos 14 anos, esse comportamento parece mudar, como sugerido por Häger-Ross e Rösblad (2002).

Os autores encontraram resultados mais elevados, do que aqueles obtidos no presente estudo, em ambos os sexos de 14 a 17 anos. Cohen *et al.* (2010) também obtiveram resultados superiores em meninos aos 15 anos de idade, Carreira *et al.* (2010) em ambos os sexos aos 14 anos e McQuiddy *et al.* (2015) em meninas de 16 anos (Tabela 13).

Essa divergência de resultados pode ser explicada por diferenças étnicas, regionais e culturais entre as populações e corrobora a proposição de que a indústria necessita de dados que caracterizem os adolescentes em foco, no nosso caso, brasileiros, porque essa população constitui uma importante participação no atual mercado consumidor globalizado.

Tabela 13 – Valores da largura da palma da mão (cm) para ambos os sexos e desvios padrão

Idade		Presente estudo (2017)	Clerke et al (2005)	Esteves et al (2005)	Wen et al (2020)
	sexo	Mão dominante	Mão dominante	Mão dominante	Mão direita
11	♂	7,7 ± 0,9	-	7,5 ± 0,4	8,0 ± 0,8
	♀	7,4 ± 0,5	-	7,4 ± 0,5	7,7 ± 0,8
12	♂	7,9 ± 0,5	-	7,7 ± 0,6	8,2 ± 0,8
	♀	7,6 ± 0,4	-	7,5 ± 0,5	8,0 ± 0,8
13	♂	8,2 ± 0,5	9,8 ± 0,7	8,0 ± 0,6	--
	♀	7,7 ± 0,4	9,3 ± 0,5	7,6 ± 0,5	-
14	♂	8,3 ± 0,5	-	8,3 ± 0,6	-
	♀	7,7 ± 0,5	-	7,6 ± 0,4	-
15	♂	8,4 ± 0,4	-	-	-
	♀	7,7 ± 0,4	-	-	-
16	♂	8,5 ± 0,4	-	-	-
	♀	7,6 ± 0,5	-	-	-
17	♂	8,5 ± 0,4	10,5 ± 0,5	-	-
	♀	7,7 ± 0,5	9,2 ± 0,4	-	-

Legenda: ♂ meninos, ♀ meninas.



Os achados do presente estudo mostram que os valores obtidos no teste FPM, para ambos os sexos, aos 12, 13 e 14 anos (Tabela 8) são superiores aos obtidos por Esteves *et al.* (2005) em adolescentes da mesma idade (Tabela 14). Essa diferença na magnitude da força gerada pode ser devido à diferença na medida da largura da palma mão e do comprimento da mão entre os adolescentes examinados, uma vez que foram obtidos maiores valores de comprimento total da mão e para a largura da mão dos sujeitos de 12, 13 e 14 anos, em ambos os sexos, do que os obtidos por Esteves *et al.* (2005) (Tabelas 13 e 14). Quando comparados com os resultados de Wen *et al.* (2020) observamos que os valores de FPM aos 11 anos são superiores e aos 12 anos são inferiores em ambos os sexos apesar das medidas do CTM serem muito semelhantes. Entretanto os valores da LPM da amostra de Wen *et al.* (2020) são superiores nas duas idades e em ambos os sexos (Tabela 13).

Os resultados dos testes de FPM de Häger-Ross e Rösblad (2002) foram inferiores aos obtidos no presente estudo para ambos os sexos aos 11, 12 e 13 anos (Tabela 15). Essa discrepância nos valores de força produzida entre as crianças dos dois estudos pode ser justificada pela diferença no comprimento total de suas mãos e corroboram a hipótese de Häger-Ross e Rösblad (2002) de que o CTM influencia diretamente a capacidade de gerar FPM (Tabela 14).

Cohen *et al.* (2010) obtiveram resultados superiores de força em meninos aos 15 anos, Carreira *et al.* (2010) em ambos os sexos aos 14 anos e McQuiddy *et al.* (2015) em meninos e meninas de 16 e 17 anos (Tabela 15).

Dentre os autores previamente mencionados somente Clerke *et al.* (2005), Esteves *et al.* (2005) e Wen *et al.* (2020) apresentaram valores para a medida da LPM (largura da palma da mão) (Tabela 13), entretanto Clerke *et al.* (2005) não investigaram a sua correlação com a capacidade de gerar FPM. Os autores estudaram o formato da mão (Figura 11) e sua associação com a capacidade de gerar FPM em adolescentes de 13 e 17 anos, mas não encontraram significância na correlação entre as variáveis estudadas.









Como podemos observar na tabela 14, os adolescentes estudados por Esteves *et al.* (2005) apresentaram medidas da LPM muito próximas das medidas do presente estudo e seus resultados no teste de FPM foram inferiores em todas as idades (Tabela 14).

Tabela 14 – Valores do comprimento total das mãos (cm) dominante e não dominante, direita e esquerda para ambos os sexos e desvios padrão

Idade	Presente estudo (2017)		Häger-Ross; Hösblad (2002)	Esteves et al (2005)		Wen et al (2020)		
	D	ND	D	Dir	Esq	Dir	Esq	
11	♂	17,3 ± 1,8	17,2 ± 1,3	15,6 ± 0,9	16,0 ± 0,7	16,0 ± 0,8	17,3 ± 1,2	17,3 ± 1,2
	♀	17,2 ± 0,6	17,4 ± 0,5	16,0 ± 1,0	16,2 ± 1,0	16,2 ± 1,1	17,2 ± 1,0	17,2 ± 1,0
12	♂	18,0 ± 1,1	18,0 ± 1,0	16,6 ± 1,0	16,6 ± 1,0	16,6 ± 1,0	17,8 ± 1,2	17,8 ± 1,2
	♀	17,7 ± 0,8	17,8 ± 0,9	16,3 ± 1,1	16,7 ± 1,1	16,7 ± 1,1	17,7 ± 0,7	17,7 ± 0,7
13	♂	18,6 ± 1,1	18,7 ± 1,2	17,0 ± 1,2	17,2 ± 1,3	17,3 ± 1,3		
	♀	17,8 ± 0,8	17,9 ± 1,0	17,1 ± 1,2	17,1 ± 0,9	17,1 ± 0,9		
14	♂	18,7 ± 1,2	18,8 ± 1,2	18,4 ± 1,2	18,3 ± 1,2	18,3 ± 1,3		
	♀	17,7 ± 1,0	17,7 ± 1,0	17,5 ± 1,0	17,1 ± 0,8	17,2 ± 0,8		
15	♂	19,1 ± 1,0	19,2 ± 1,0	19,1 ± 1,1	-	-		
	♀	17,8 ± 1,2	17,9 ± 1,1	17,6 ± 0,9	-	-		
16	♂	19,2 ± 1,0	19,3 ± 1,1	19,6 ± 1,0	-	-		
	♀	17,6 ± 1,0	17,7 ± 0,9	17,6 ± 0,8	-	-		
17	♂	19,1 ± 0,7	19,1 ± 0,9	-	-	-		
	♀	18,0 ± 1,2	17,9 ± 1,2	-	-	-		

Legenda: ♂ meninos, ♀ meninas, Dom.: dominante, Não Dom.: não dominante.

Tabela 15- Valores médios da capacidade de gerar FPM da mão dominante e desvios padrão em quilograma força (kgf)

Idade		Presente estudo (2017) 	Esteves et al (2005) 	Häger-Ross; Hösblad (2002) 	McQuiddy et al (2010) 	Carrera et al (2010) 	Cohen et al (2010) 	Molenaar et al (2010) 	Wen et al (2020) 
11	♂	27,5 ± 4,7	18,4 ± 3,6	19,1 ± 4,0	20,9 ± 4,4	21,4 ± 3,6	19,6 ± 4,7	19,9 ± 3,7	24,4
	♀	26,6 ± 8,6	16,6 ± 3,6	16,9 ± 4,0	20,5 ± 4,4	20,2 ± 4,1	18,7 ± 4,3	19,4 ± 3,3	24,1
12	♂	27,4 ± 5,6	20,5 ± 4,3	22,4 ± 3,9	23,5 ± 4,4	23,7 ± 3,8	22,6 ± 5,7	22,4 ± 3,3	29,4
	♀	26,2 ± 5,9	19,4 ± 3,8	18,1 ± 4,7	22,0 ± 5,0	23,7 ± 4,7	21,2 ± 4,8	20,1 ± 4,3	27,8
13	♂	29,0 ± 7,0	22,5 ± 4,6	28,0 ± 6,7	27,1 ± 7,0	28,9 ± 7,9	27,2 ± 6,6	-	-
	♀	26,1 ± 5,3	21,0 ± 4,1	23,7 ± 6,4	23,5 ± 4,9	25,5 ± 3,5	23,5 ± 5,0	-	-
14	♂	31,5 ± 7,5	30,4 ± 8,5	35,0 ± 7,6	34,2 ± 8,1	32,8 ± 4,6	32,5 ± 7,6	-	-
	♀	26,6 ± 5,3	24,5 ± 5,1	28,8 ± 5,3	26,4 ± 5,6	30,3 ± 4,7	25,8 ± 4,9	-	-
15	♂	35,2 ± 7,2	-	42,3 ± 8,6	33,5 ± 9,3	-	39,0 ± 7,9	-	-
	♀	27,8 ± 5,5	-	29,4 ± 3,5	27,2 ± 5,7	-	27,4 ± 5,8	-	-
16	♂	39,1 ± 8,5	-	50,0 ± 7,6	39,8 ± 8,6	-	-	-	-
	♀	27,1 ± 6,1	-	32,8 ± 5,5	29,8 ± 5,7	-	-	-	-
17	♂	38,2 ± 8,8	-	-	42,9 ± 8,3	-	-	-	-
	♀	27,0 ± 3,5	-	-	27,8 ± 5,7	-	-	-	-

Legenda: ♂ meninos, ♀ meninas, DP: desvio padrão.

Nota1: Os dados dos trabalhos de Häger-Ross; Hösblad (2002), Carrera *et al.* (2010) e Molenaar *et al.* (2010) foram originalmente apresentados em Newton e convertidos para kgf.

Nota 2: Os valores de FPM de Wen *et al.* (2020) e Esteves *et al.* (2005) são referentes a mão direita.

As crianças estudadas por Clerke et al (2005) tem as mãos consideravelmente mais largas (1,6 cm aos 13 anos e 1,5 a 2,0 cm aos 17 anos) que as mãos dos adolescentes da mesma idade e sexo estudados pelo presente trabalho e por Esteves et al (2005) (Tabela 13). O que, talvez, possa ser justificado pela origem étnica das amostras.

A amostra do estudo de Clerk et al (2005) em crianças australianas foi composta em sua maioria por indivíduos de origem anglo-saxã, enquanto Esteves et al (2005) tem sua amostra composta por crianças brasileiras tal como o presente estudo. Clerk et al (2005) não apresentaram os resultados da aferição da capacidade de gerar FPM, o que impossibilitou uma comparação de resultados.

Quanto a dominância da mão, o estudo de Häger-Rosss e Rösblad (2002) mostrou a mão direita com uma maior capacidade de gerar FPM que a mão esquerda nas crianças destros, aproximadamente 10 %, em contrapartida, não encontraram diferença significativa entre as mãos nas crianças canhotas. A mão dominante, no estudo de Sartorio et al (2002), apresentou maior capacidade de gerar força que a não dominante em ambos os sexos em todas as idades por eles estudadas e Molenaar *et al* (2010) e Clerk *et al* (2005) obtiveram resultados semelhantes ao de Sartorio *et al* (2002), mas não relataram a magnitude da diferença.

O presente estudo, em dissonância com o estudo de Sartorio *et al* (2002) e Molenaar *et al* (2010), não encontrou diferença significativa na capacidade de gerar FPM entre as mãos dominante e não dominante nos meninos, em nenhuma das idades estudadas, mas encontrou diferença estatística significativa na capacidade de produzir força, aproximadamente 10 %, entre as mãos nas meninas dos 12 aos 17 anos, prevalecendo a mão dominante como mais capaz de gerar força.

McQuiddy et al. (2015) e Mathiowetz *et al.* (1998) relatam que não encontraram diferença estatística significante na capacidade de gerar FPM entre as mãos dominante e não dominante em ambos os sexos em nenhuma das idades estudadas.

As divergências nos resultados dos estudos previamente referidos talvez sejam decorrentes dos diferentes protocolos e instrumentos utilizados nos testes e pelas diferenças raciais, sociodemográficas e culturais entre as populações estudadas (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; CARREIRA *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2014; OVIEDO-TRESPALACIUS *et al.*, 2017; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a).

Evidências indicam que o tamanho da mão é uma variável determinante da configuração biomecânica relacionada à ação motora que gera a preensão manual e, como consequência, da capacidade de gerar FPM (RICHARDS; PALMITER; THOMAS, 1996).

Os resultados do presente estudo mostraram correlações importantes entre a capacidade de gerar FPM com a largura da palma da mão ( $r = 0,603$ ,  $p < 0,05$ ) e com o comprimento total da mão ( $r = 0,484$ ,  $p < 0,05$ ), porém a massa corporal total ( $r = 0,447$ ,  $p < 0,05$ ) destacou-se como o segundo item de maior significância no grupo masculino quando a amostra foi estratificada por sexo.

Nicolay e Walker (2005) encontraram resultados semelhantes em adultos jovens norte-americanos de 18 a 33 anos. A forte correlação entre FPM e largura da palma da mão ( $r = 0,82$ ,  $p < 0,05$ ) e comprimento total da mão ( $r = 0,74$ ,  $p < 0,05$ ) encontrada por esses autores sugere que, dentre as medidas antropométricas estudadas pelos mesmos, a largura da mão pode ser considerada o melhor preditor da capacidade de gerar FPM em adultos jovens. A semelhança desses resultados com o do presente estudo sugere que o comportamento da largura da palma da mão tende a se manter com a passagem para a vida adulta, possivelmente indicando a importância do uso dessa variável na elaboração de equipamentos ergonomicamente projetados tanto para adolescentes quanto para adultos jovens.

Destaca-se, no grupo de meninas aqui investigado, também houve destaque para a existência de correlação entre FPM e a largura da palma da mão, indicando a importância dessa variável na capacidade de gerar força entre as meninas. Esses resultados são apoiados por achados de estudos pediátricos anteriores, os quais mostram que as variáveis antropométricas, largura da palma da mão (NICOLAY; WALKER, 2005; GERODIMUS *et al.*, 2013; IBEGBU *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014), comprimento total da mão (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; GERODIMUS *et al.*, 2013; IBEGBU *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a), massa corporal total e estatura (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; VINASPUU; JÜRIMÄE, 2007; GERODIMUS *et al.*, 2013; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; IBEGBU *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014; ALKHOLY *et al.*, 2017; CHEN *et al.*, 2018; OMAR *et al.*, 2018; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a) estão diretamente associados a FPM.

As informações supracitadas podem colaborar com a indústria manufatureira de bens de consumo, uma vez que contém dados importantes a serem considerados na concepção e dimensionamento de produtos de melhor qualidade que atendam às

necessidades dos consumidores adolescentes (HSIAO, 2002). Nessa perspectiva, Rostamzadeh *et al.* (2021a) e Oviedo-Trespalácios *et al.* (2017) comentam que as medidas antropométricas da mão podem ser utilizadas como critério na confecção de ferramentas ou equipamentos de uso manual ergonomicamente projetados de acordo com as dimensões do usuário. Os equipamentos ergonomicamente projetados podem maximizar a eficiência de uso, minimizando o gasto energético dos complexos da mão e do membro superior, reduzindo assim os níveis de fadiga e possíveis riscos de lesões na região (DAWAL *et al.*, 2012).

Na perspectiva da saúde, o resultado do teste de FPM pode ser usado como uma referência importante na avaliação dos níveis de comprometimento em adolescentes com diferentes tipos de disfunção da mão, para monitorar a evolução e a resposta às intervenções ao longo do tempo e para comparar os escores de adolescentes em diferentes contextos clínicos (OMAR *et al.*, 2018).

Portanto, o exame do estado funcional da mão é uma parte importante da avaliação de crianças e adolescentes com uma variedade de distúrbios, tais como traumas, distúrbios congênitos e neurológicos. Investigar o estado da capacidade de gerar força da mão em triagens regulares, seja em ambiente escolar ou clínico, ajudará a reconhecer o nível de desenvolvimento e o grau de incapacidade; quantificar a eficácia de uma intervenção voltada a reabilitação funcional; avaliar a integridade funcional dos membros superiores; e comparar os escores de crianças típicas e atípicas com base em parâmetros como idade, sexo, raça/etnia e medidas corporais (OMAR *et al.*, 2018).

No presente estudo examinamos o nível de associação da LPM e a FPM, com correlação positiva significativa entre essas variáveis. No entanto, na literatura analisada, são escassos os relatos de estudos que trataram do tema. Alguns autores investigaram a relação entre a LPM e a regulagem da empunhadura do dinamômetro para gerar a FPM máxima em adultos (RUIZ-RUIZ *et al.*, 2002), crianças e adolescentes (RUIZ-RUIZ *et al.*, 2002; ESPAÑA-ROMERO *et al.*, 2008). Entretanto, essas investigações não examinaram diretamente a associação entre o tamanho do palmo da mão e a FPM, nem forneceram dados que permitissem comparar seus resultados com os do presente estudo.

Foi considerado como limitação deste estudo, o fato da amostra ser pequena e composta por adolescentes de um único ambiente, com características urbanas, o que diminui o grau de sua validade externa e, portanto, sua transposição para a

população brasileira. Por se tratar de um estudo transversal, os dados foram coletados pontualmente, enquanto que o ideal é que fosse mensurado o mesmo grupo de crianças várias vezes ao longo do tempo, monitorando assim o seu desenvolvimento de forma longitudinal. Outra limitação a ser considerada é que não foram coletadas informações sobre atividades esportivas realizadas fora do ambiente escolar, impossibilitando a comparação dos resultados entre praticantes e não praticantes de esportes.

Por fim, ao final da consecução dos quatro primeiros objetivos específicos foi elaborado um artigo que foi aceito em dezembro de 2021 e publicado online no jornal *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* (Apêndice A) em maio de 2022 com DOI: [10.1080/10803548.2021.2021713](https://doi.org/10.1080/10803548.2021.2021713) sob a citação:

Marcia Ramos, Liszt Palmeira, Tainá Oliveira, Rogério Melo, Camila Lopes, Igor Carvalho, Daniel Chagas & Luiz Alberto Batista (2022): Association of handgrip strength with anthropometry of a Brazilian healthy adolescent sample, *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, DOI: [10.1080/10803548.2021.2021713](https://doi.org/10.1080/10803548.2021.2021713).

### 3.2 Segundo estudo

Com base nos resultados anteriormente descritos, constatamos no primeiro estudo, que numerosas investigações sobre FPM em crianças e adolescentes tiveram seus resultados publicados. Entretanto também verificamos que os trabalhos foram realizados utilizando-se de procedimentos, instrumentos e medidas diversos daqueles recomendados pela ASHT. A ausência de padronização de algumas variáveis envolvidas no teste de FPM compromete a comparação entre resultados, o que sugere a necessidade de complementação das recomendações já existentes. Estes achados nos motivaram a analisar, no segundo estudo, os procedimentos e métodos adotados em investigações da FPM em crianças e adolescentes. Perspectivávamos com isto nortear a proposição de futuras recomendações a serem consideradas em estudos clínicos sobre a temática ora abordada. Assim sendo, levamos adiante uma revisão sistemática a qual nos possibilitou identificar e

sintetizar resultados de 32 artigos nos quais foram relatados dados acerca da FPM de crianças e adolescentes.

Este estudo identificou um total de 133 artigos. Sendo 31 obtidos no Web of Science, 35 no SPORTDiscus, 14 no Scopus, 29 no Pubmed, 1 no Cochrane e 23 no Cinahl. Dos 133 artigos identificados, foram excluídos 46 artigos duplicados, 52 artigos pela leitura do título e 10 pela leitura dos resumos, critérios de inclusão e exclusão totalizando 25 artigos. Foram incluídos 10 artigos encontrados nas referências dos estudos e excluídos 3 artigos após leitura completa dos textos, totalizando 32 artigos, publicados entre 1984 e 2022, para extração dos dados das variáveis de interesse (Figura 26).

Foram considerados elegíveis para a metanálise, 10 artigos que apresentaram resultados para as mãos dominante e/ou não dominante, seguiram o protocolo de posição recomendado pela ASHT e utilizaram o dinamômetro Jamar ou equipamento equivalente com bons índices de validade e confiabilidade. Os artigos que utilizaram o dinamômetro pneumático de bulbo foram excluídos da metanálise por não apresentarem concordância de resultados com o dinamômetro hidráulico JAMAR, considerado padrão ouro e recomendado pela ASHT (LUSTOSA *et al.*, 2020).

### 3.2.1 Características dos estudos incluídos

Os 32 artigos selecionados foram revisados para determinar a presença de dados normativos, obtidos com dinamômetro manual, de crianças e adolescentes hígidos com desenvolvimento típico. Os dados extraídos dos artigos selecionados são apresentados de acordo com a forma com que os respectivos resultados de FPM foram disponibilizados. As tabelas 13, 14, 15 e 16 16, 17, 18 e 19 resumem as características dos estudos incluídos nesta revisão, tais como: autor, ano de publicação, tamanho da amostra, faixa etária, dominância da mão, tempo de descanso entre as medidas de força, o número de medidas realizadas durante a avaliação e qual valor foi considerado, qual posicionamento adotado, o dinamômetro utilizado em cada estudo, a regulagem do equipamento e o valor resultante do teste de FPM estratificado por idade e sexo.



Figura 26 – Fluxograma das etapas de seleção dos artigos

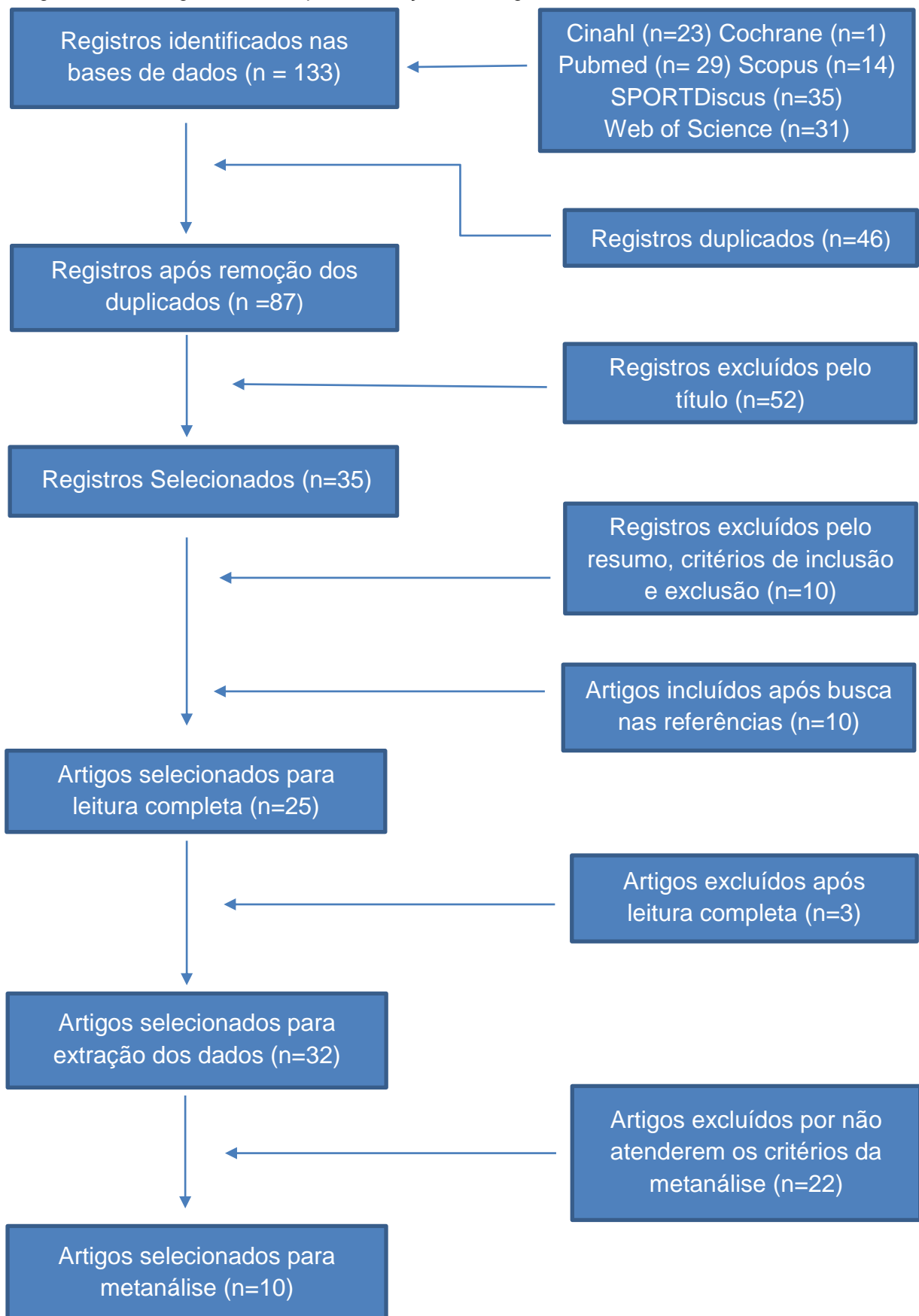


Tabela 16– Síntese de estudos com normas e valores de referência da capacidade de gerar FPM (kgf) com resultados para as mãos dominante e não dominante (continua)

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
Ager 1984 USA	NI	Jamar® hidráulico regulado de acordo com o tamanho da mão da criança	1 medida	Posição recomendada pela ASHT.	Não	5 (25/32)	D	7,6	7,5
							ND	7,7	7,3
						6 (34/31)	D	8,4	6,9
							ND	7,8	6,8
						7(35/33)	D	10,7	8,6
							ND	10,4	8,8
						8 (28/23)	D	12,0	10,4
							ND	12,2	10,4
						9 (29/29)	D	13,2	12,4
							ND	14,7	11,9
						10 (37/24)	D	15,9	13,1
							ND	15,5	14,4
						11(35/30)	D	21,0	16,5
							ND	21,4	16,8
12 (24/25)	D	25,8	21,6						
	ND	25,3	22,1						
						Total 474			
Häger- Ross	2 minutos de pausa	Grippit strain gauge Empunhadura infantil	A maior de 3	Posição recomendada pela ASHT.	Sim	4 (11/10)	D	5,9	6,7
						5 (20/23)	D	7,0	6,5

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
2002 Suécia	entre medidas da mesma mão	adequada ao tamanho da mão da criança	medidas			6 (15/22)	D	8,5	8,4
						7 (21/24)	D	10,5	9,4
						8 (18/17)	D	12,8	10,8
						9 (27/20)	D	13,9	13,0
						10 (25/20)	D	17,0	16,9
						11 (20/21)	D	19,1	16,9
						12 (20/23)	D	22,4	18,1
						13 (20/22)	D	28,0	23,7
						14 (27/24)	D	35,0	28,8
						15 (21/21)	D	42,3	29,4
						16 (22/16)	D	50,0	32,8
Total 530									
Butterfield, 2009 USA	NI	Jamar® hidráulico modelo 68840 regulado na posição 2 conforme recomendação da ASHT	A média de 3 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	Sim	7 (15/9)	D	14,2	12,3
						8 (19/13)	D	16,1	13,9
						9 (11/15)	D	17,1	17,4
						10 (34/22)	D	20,7	19,8
						11 (37/37)	D	22,6	21,4
						12 (32/38)	D	27,9	24,7
						13 (38/39)	D	33,2	28,5
						14 (49/44)	D	38,9	28,3

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
						15 (57/47)	D	44,0	31,0
						16 (39/40)	D	45,6	30,6
						17 (13/23)	D	52,3	32,0
						Total 671			
Carreira 2010 Portugal	NI	Jamar® hidráulico regulado de acordo com o tamanho da mão da criança	A maior de 3 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	Sim	11 (35/29)	D	21,4	20,2
						12 (29/32)	D	23,7	23,7
						13 (16/13)	D	28,9	25,5
						14 (24/17)	D	32,8	30,3
						Toal195			
Molenaar 2010 Holanda	NI	Lode® eletrônico regulado na posição 2 conforme recomendação da ASHT	A média de 3 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	Sim	4 (23)	D	6,7	4,9
							ND	6,3	4,7
						5 (26)	D	8,6	6,5
							ND	7,5	6,0
						6 (23)	D	9,9	8,4
							ND	9,4	7,2
						7 (27)	D	11,8	10,9
							ND	10,8	9,9
						8 (27)	D	11,8	11,8
							ND	11,3	10,9
						9 (26)	D	14,2	13,6

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
							ND	14,0	12,9
						10 (25)	D	16,3	15,5
							ND	15,5	14,1
						11 (24)	D	19,9	19,4
							ND	18,3	17,5
						12 (24)	D	22,4	20,1
							ND	20,7	18,5
						Total 225			
Ploegma- kers 2013 Holanda	10 segundos de pausa entre medidas	Jamar® hidráulico regulado na posição 1 para crianças de 4 e 5 anos e na posição 2 para os demais conforme recomendação da ASHT.	A média de 2 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	Sim	4 (124/109)	D	5,7	5,1
							ND	5,3	4,7
						5 (102/105)	D	7,5	6,7
							ND	6,8	6,0
						6 (123/108)	D	10,2	9,0
							ND	9,4	8,3
						7 (104/98)	D	13,0	12,9
							ND	12,0	11,9
						8 (113/118)	D	15,9	14,4
							ND	14,6	13,1
						9 (116/119)	D	18,2	16,7
							ND	16,8	15,1

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
						10 (109/103)	D	19,6	19,1
							ND	18,1	17,2
						11 (113/113)	D	22,0	20,6
							ND	20,6	19,1
						12 (96/106)	D	24,7	24,2
							ND	22,9	22,3
						13 (66/97)	D	28,2	26,4
							ND	25,8	24,5
						14 (46/53)	D	36,0	29,1
							ND	33,5	26,6
						Total 2241			
Souza 2014 Brasil	NI	Dinamômetro de bulbo North Coast bulb modelo NC 70154 Bulbo com diâmetro de 13 cm	A média de 3 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	sim	6 (15/11)	D	1,9	2,1
							ND	1,8	1,8
						7 (21/16)	D	2,4	2,2
							ND	2,3	1,9
						8 (15/21)	D	2,8	2,5
							ND	2,7	2,3
						9 (21/28)	D	2,8	3,0
							ND	2,6	2,7
						10 (17/23)	D	3,1	3,2

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
							ND	2,9	2,8
						11 (17/23)	D	3,6	3,7
							ND	3,3	3,3
						12 (18/19)	D	4,1	3,8
							ND	3,9	3,5
						13 (12/18)	D	4,8	4,5
							ND	4,5	4,3
						Total 295			
Bohannon 2017 EUA	30 segundos	Jamar® hidráulico regulado na posição 2 conforme recomendação da ASHT.	1 medida	Posição recomendada pela ASHT.	não	3 (68/62)	D	4,0	3,6
							ND	3,8	3,6
						4 (79/91)	D	5,7	4,9
							ND	5,4	4,8
						5 (74/81)	D	7,4	7,0
							ND	7,3	6,7
						6 (73/86)	D	9,9	9,0
							ND	9,7	8,7
						7 (101/90)	D	11,2	11,4
							ND	10,9	11,0
						8 (82/83)	D	13,3	12,7
							ND	13,2	12,1

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )							
								mas	fem						
						9 (82/78)	D	16,2	14,6						
							ND	15,5	14,1						
						10 (91/98)	D	17,8	17,5						
							ND	17,0	16,5						
						11 (95/94)	D	20,9	20,3						
							ND	19,9	19,3						
						12 (87/103)	D	24,2	23,5						
							ND	23,1	22,0						
						13 (105/92)	D	29,5	25,0						
							ND	28,8	23,9						
						14 (102/111)	D	34,2	26,9						
							ND	31,6	24,9						
						15 (94/102)	D	37,7	28,1						
							ND	35,8	25,8						
						16 (97/99)	D	41,0	28,2						
							ND	38,6	26,4						
						17 (102/105)	D	44,5	28,4						
							ND	41,9	26,9						
						Total 2706									
						Al-Jawadi	1 minuto	DHD-1 digital Saehan	A maior	Posição recomendada	sim	5 (449/431)	D	8,8	8,1



1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
2018 Dinamarca	de pausa entre medidas	regulado na posição 1.	de 6 medidas sendo 3 medidas cada mão	pela ASHT.		Total 881			
Toong 2018 Canadá	10 segundos de pausa entre medidas	Jamar® hidráulico regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	A maior de 3 medidas	Voluntário em pé com os membros superiores estendidos e paralelos ao corpo com o punho em posição neutra.	sim	10 (34/24)  11 (51/41)  12 (59/66)  13 (68/75)  14 (55/63)  15 (36/51)  16 (20/47)	D ND D ND D ND D ND D ND	18,3 17,9 20,6 20,5 25,0 24,4 28,0 27,2 34,1 32,6 36,6 35,3 42,0 40,4	18,5 17,9 19,6 19,3 22,0 21,0 25,5 24,5 28,4 26,7 28,9 26,7 30,8 29,3

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
						Total 690			
Trajkovic 2020 Sérvia	15 segundos de pausa entre medidas	Dinamômetro pneumático de bulbo Basiline regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	A maior de 2 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	sim	4 (72/48)	D	1,3	1,1
							ND	1,2	1,0
						5 (220/165)	D	1,35	1,1
							ND	1,2	1,0
						6 (274/199)	D	1,7	1,6
							ND	1,6	1,4
						7 (109/89)	D	2,3	2,2
							ND	2,0	2,0
						8 (90/64)	D	2,8	2,6
							ND	2,5	2,3
						9 (81/80)	D	3,0	2,8
							ND	2,3	2,5
						10 (57/54)	D	3,5	3,4
							ND	3,1	3,1
						Total 1602			
Rostamza- deh 2021 Irã	1 minuto de pausa entre medidas	Jamar® hidráulico modelo 5030 J1 regulado na posição 2 conforme	A média de 3 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	sim	7 (126/104)	D	9,9	8,4
							ND	9,1	7,5
						8 (110/103)	D	11,6	9,8
							ND	10,8	8,9

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )		
								mas	fem	
		recomendação da ASHT.				9 (125/110)	D	13,7	11,6	
								ND	12,4	10,5
						10 (116/107)	D	15,9	13,4	
								ND	14,4	12,2
						11 (108/100)	D	18,4	16,1	
								ND	16,8	14,6
						12 (116/96)	D	21,5	18,0	
								ND	19,7	16,4
						13 (114/104)	D	25,8	20,0	
								ND	24,1	19,2
						14 (107/111)	D	30,6	21,5	
								ND	28,8	21,1
						15 (109/99)	D	35,1	22,8	
								ND	33,1	21,7
						16 (118/108)	D	38,4	23,7	
								ND	35,7	22,6
						17 (120/104)	D	41,6	24,0	
								ND	38,6	22,5
						18 (122/100)	D	42,8	24,3	
								ND	39,6	22,7

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
						Total 2637			
Ramos 2022 Brasil	15 segundos de pausa entre medidas	Jamar® hidráulico regulado na posição 2 conforme recomendação da ASHT.	A média de 3 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	sim	12 (61)	D	27,4	26,2
							ND	26,2	23,4
						13 (108)	D	29,0	26,1
							ND	28,9	24,0
						14 (153)	D	31,5	26,6
							ND	30,1	24,1
						15 (132)	D	35,2	27,8
							ND	34,1	24,4
						16 (77)	D	39,1	27,1
							ND	38,0	25,5
						Total 541			

Legenda: D mão dominante; ND mão não dominante; DNI dominância não informada; kgf quilograma força; FPM força de prensão manual; NI não informado;  $\chi$  média aritmética.

OBS<sup>1</sup>: Posição recomendada pela ASHT: indivíduo sentado em uma cadeira de encosto reto com a coluna ereta e pés apoiados no chão, ombro aduzido contra o corpo em rotação neutra, o cotovelo flexionado a 90° com antebraço alinhado com o punho em posição neutra (podendo variar o ângulo de 0 a 30° graus de flexão e entre 0° e 15° de desvio ulnar).

OBS<sup>2</sup>: Os valores de FPM apresentados, originalmente em lbf, por Ager; Butterfield e Souza foram convertidos para kgf.

OBS<sup>3</sup>: Os valores de FPM apresentados, originalmente em newton, por Häger Röss; Carreira e Molenaar foram convertidos para kgf.

Tabela 17– Síntese de estudos com normas e valores de referência da capacidade de gerar FPM (kgf) com resultados para as mãos direita e esquerda (continua)

1º autor ano/ local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
Fullwood 1986 Austrália	NI	Jamar® hidráulico regulado na posição 1 para crianças de 5 a 8 anos e na posição 2 para os demais conforme recomendação da ASHT.	1 medida	Voluntário sentado em uma cadeira com os pés apoiados no chão. Cotovelo apoiado em uma mesa, mas com o punho e o equipamento fora da mesa. Punho em posição semipronada	Sim	5 (12/11)	Dir	7,8	5,4
							Esq	6,4	6,2
						6 (12/14)	Dir	9,2	7,3
							Esq	9,6	7,0
						7 (16/14)	Dir	11,7	10,7
							Esq	11,3	10,0
						8 (11/17)	Dir	13,2	12,6
							Esq	12,5	12,3
						9 (13/13)	Dir	14,4	11,4
							Esq	13,0	11,2
						10 (17/14)	Dir	16,9	13,5
							Esq	16,0	14,3
						11 (12/16)	Dir	18,7	16,1
	Esq	19,6	14,3						
12 (10/12)	Dir	22,1	20,8						
	Esq	20,5	18,9						
		Total 204							
Bear- Lehman	20 segundos	Jamar® hidráulico regulado na posição 2	A média de 2	Posição recomendada pela ASHT.	não	3 (9/14)	Dir	3,4	3,8
							Esq	3,0	3,8

1º autor ano/ local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
2002 EUA	de pausa entre medidas	conforme recomendação da ASHT.	medidas			4 (14/21)	Dir	5,0	4,1
							Esq	4,5	3,6
						5 (9/14)	Dir	7,8	6,2
							Esq	7,1	6,0
						Total 81			
Yim 2003 Coreia do Sul	NI	Jamar® hidráulico regulado na posição 2 conforme recomendação da ASHT.	A média de 2 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	não	7 (95/71)	Dir	9,9	8,6
							Esq	9,4	8,1
						8 (71/64)	Dir	12,8	11,1
							Esq	12,2	10,2
						9 (57/67)	Dir	15,2	13,0
							Esq	14,6	12,3
						10 (58/53)	Dir	16,9	14,6
							Esq	16,1	13,2
						11 (51/46)	Dir	18,5	16,0
							Esq	17,1	14,8
						12 (38/41)	Dir	20,8	19,2
							Esq	19,6	17,5
						Toal 712			
Esteves 2005	NI	Protótipo Strain gauges regulado de acordo com	A maior de 3	Voluntário sentado em uma cadeira com os	Não	7 (73/86)	Dir	12,2	10,7
							Esq	11,2	10,2

1º autor ano/ local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
Brasil		o tamanho da mão da criança.	medidas	pés apoiados no chão, mão e antebraço supinados e apoiados em uma mesa mantendo um ângulo de 90°.		8 (76/72)	Dir	13,8	12,2
							Esq	12,2	11,3
						9 (85/74)	Dir	15,0	13,2
							Esq	13,6	12,4
						10 (78/85)	Dir	16,7	14,8
							Esq	15,5	13,8
						11 (81/71)	Dir	18,4	16,6
							Esq	16,6	15,8
						12 (79/73)	Dir	20,5	19,4
							Esq	19,0	18,4
						13 (74/78)	Dir	22,5	21,0
							Esq	21,3	19,9
						14 (73/89)	Dir	30,4	24,5
							Esq	28,5	22,6
		Total 1247							
Serrano 2009 Espanha	1 minuto de pausa medidas da mesma	Takei digital regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	A maior de 2 medidas	Voluntário em pé com os membros superiores estendidos e paralelos ao corpo com o punho em	NI	6 (91/66)	Dir	9,0	8,0
							Esq	8,6	7,5
						7 (103/77)	Dir	9,1	8,9
							Esq	8,8	8,8
						8 (104/54)	Dir	10,6	10,1

1º autor ano/ local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
	mão.			posição neutra.			Esq	10,1	9,6
						9 (93/74)	Dir	12,0	11,4
							Esq	11,7	11,2
						10 (94/ 83)	Dir	15,0	13,9
							Esq	14,0	13,0
						11 (99/110)	Dir	17,9	16,9
							Esq	17,3	16,1
						12 (111/88)	Dir	21,7	19,3
							Esq	20,3	18,4
						13 (117/103)	Dir	24,9	21,8
							Esq	23,4	20,5
						14 (80/75)	Dir	31,3	23,2
							Esq	30,0	21,5
						15 (88/71)	Dir	35,1	23,6
							Esq	33,4	23,0
						16 (90/69)	Dir	37,6	24,4
							Esq	36,4	22,7
						17 (67/47)	Dir	40,2	26,0
							Esq	38,1	23,7
						18 (39/32)	Dir	42,1	25,5



1º autor ano/ local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
						Total 2125	Esq	40,0	23,4
Cohen 2010 Inglaterra	NI	Takei Modelo TKK5001 GRIP A analógico regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	A maior de 2 medidas	Voluntário em pé com os membros superiores estendidos e paralelos ao corpo com o punho em posição neutra.	sim	10 (282/278) 11 (690/641) 12 (684/918) 13 (797/705) 14 (608/495) 15 (365/220) Total 7147	Dir Dir Dir Dir Dir	16,6 19,6 22,6 27,2 32,5 39,0	15,5 18,7 21,2 23,5 25,8 27,4
Omar 2014 Arábia Saudita	1 minuto de pausa entre medidas	Grip Track Modelo J- Tech 12-0259 Commander regulado na posição 2 conforme recomendação da ASHT.	A média de 3 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	sim	6 (29/22) 7 (34/49) 8 (30/56) 9 (20/51) 10 (37/33) 11 (41/56)	Dir Esq Dir Esq Dir Esq Dir	8,6 8,4 9,9 9,6 11,9 11,9 14,6 14,1 15,3 14,9 17,7	8,1 7,9 8,6 8,2 10,5 10,3 12,5 12,3 13,5 12,8 16,4

1º autor ano/ local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
						12 (31/36)	Esq	17,5	15,6
							Dir	21,2	19,0
							Esq	20,9	18,8
						Total 525			
McQuiddy 2015 EUA	NI	Jamar® hidráulico regulado na posição 2 conforme recomendação da ASHT.	A média de 3 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	Sim	6 (55/53)	Dir	9,6	8,0
							Esq	8,8	7,3
						7 (48/51)	Dir	11,7	10,8
							Esq	10,8	9,8
						8 (43/67)	Dir	13,9	12,7
							Esq	12,9	11,4
						9 (49/62)	Dir	15,2	17,0
							Esq	14,0	13,5
						10 (52/57)	Dir	17,4	16,7
							Esq	15,8	15,2
						11 (54/57)	Dir	20,9	20,5
							Esq	19,3	18,9
						12 (47/53)	Dir	23,5	22,0
							Esq	21,2	19,6
						13 (50/60)	Dir	27,1	23,5
							Esq	24,4	20,8

1º autor ano/ local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
						14 (54/59)	Dir	34,2	26,4
							Esq	31,7	24,2
						15 (55/51)	Dir	33,5	27,2
							Esq	30,9	24,9
						16 (69/38)	Dir	39,8	29,8
							Esq	37,5	27,2
						17 (51/54)	Dir	42,9	27,8
							Esq	42,9	24,6
						18 (63/55)	Dir	43,1	28,2
							Esq	39,9	26,4
		19 (51/50)	Dir	45,5	29,3				
			Esq	41,9	26,5				
					Total 1508				
Kocher 2017 EUA	30 segundos de pausa entre medidas	Jamar® hidráulico modelo 5030J1 regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	3 medidas para cada mão. Média das 2	Voluntário em pé com os membros superiores estendidos e paralelos ao corpo com o punho em posição neutra.	NI	6 (60/54)	Dir	11,4	10,4
							Esq	11,0	9,6
						7 (70/79)	Dir	13,9	12,2
							Esq	13,4	11,5
						8 (112/104)	Dir	16,7	14,4
	Esq	15,3	13,2						
		9 (144/141)	Dir	19,4	17,4				

1º autor ano/ local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
			maiores				Esq	17,9	15,9
			.			10 (195/208)	Dir	21,9	19,8
						11 (194/192)	Esq	20,3	18,2
						11 (194/192)	Dir	25,1	24,4
						12 (212/206)	Esq	23,1	22,7
						12 (212/206)	Dir	29,7	27,3
						13 (164/144)	Esq	27,6	25,4
						13 (164/144)	Dir	35,9	30,2
						14 (150/138)	Esq	33,6	27,9
						14 (150/138)	Dir	42,5	31,5
							Esq	39,8	29,3
						Total 1437			
Fredriksen 2018 Noruega	NI	Jamar® regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	1 medida	Voluntário em pé com os membros superiores estendidos e paralelos ao corpo.	não	6 (124/113)	Dir	6,8	6,0
							Esq	6,6	5,5
						7 (182/167)	Dir	9,3	8,4
							Esq	8,5	7,7
						8 (169/177)	Dir	11,3	9,7
							Esq	10,2	8,8
						9 (210/184)	Dir	12,9	11,5
							Esq	11,8	10,2

1º autor ano/ local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
						10 (175/197)	Dir	15,8	14,2
							Esq	14,4	13,2
						11 (214/211)	Dir	18,4	16,9
							Esq	16,9	15,6
						12 (76/73)	Dir	19,9	19,9
							Esq	19,0	17,6
						Total 2272			
Wen 2020 China	NI	Jamar® hidráulico	A média de 3 medidas	Posição recomendada pela ASHT.	não	5 (128/127)	Dir	15,0	14,2
							Esq	14,9	13,5
						6 (114/117)	Dir	17,1	16,1
							Esq	16,8	15,6
						7 (58/57)	Dir	19,6	18,1
							Esq	19,5	18,1
						8 (59/60)	Dir	22,1	20,2
							Esq	22,0	19,4
						9 (58/62)	Dir	24,4	22,6
							Esq	23,5	21,5
						10 (66/61)	Dir	22,4	21,9
							Esq	21,9	21,2
						11 (69/75)	Dir	24,4	24,1

1º autor ano/ local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
						12 (73/71)	Esq	23,2	23,3
							Dir	29,4	27,8
							Esq	29,1	26,2
						Total 1255			
Bim 2021 Brasil	1 minuto de descanso entre medidas	Jamar® hidráulico	A maior de 3 medidas	Voluntário em pé com o membro superior estendido ao longo do corpo.	não	14 (48/57)	Dir	34,5	24,8
							Esq	32,9	24,0
						15 (245/335)	Dir	38,5	26,0
							Esq	36,5	25,0
						16 (344/450)	Dir	39,9	26,0
							Esq	38,5	25,0
						17 (377/443)	Dir	40,5	26,5
							Esq	39,1	25,2
						18 (157/106)	Dir	41,4	27,1
							Esq	40,6	25,3
						19 (38/37)	Dir	43,8	28,6
							Esq	43,1	27,8
						Total 2637			

Legenda: Dir mão direita; Esq mão esquerda; kgf quilograma força; FPM força de preensão manual;  $\chi$  média aritmética.

OBS<sup>1</sup>: Posição recomendada pela ASHT: indivíduo sentado em uma cadeira de encosto reto com a coluna ereta e pés apoiados no chão, ombro aduzido contra o corpo em rotação neutra, o cotovelo flexionado a 90° com antebraço alinhado com o punho em posição neutra (podendo variar o ângulo de 0 a 30° graus de flexão e entre 0° e 15° de desvio ulnar).

OBS<sup>2</sup>: Os valores de FPM apresentados, originalmente em lbf, por Fullwood; Bear-Lehman; Yim; Omar; Wen foram convertidos para kgf.

OBS<sup>3</sup>: Os valores de FPM apresentados, originalmente em N, por Esteves foram convertidos para kgf.

Tabela 18 – Síntese de estudos com normas e valores de referência da capacidade de gerar FPM (kgf) com base na média dos resultados de ambas as mãos (continua)

1º autor ano/local	Pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
Lopez 2017 Espanha	NI	Takei digital regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	A maior de 2 medidas para cada mão, sendo o valor médio de ambas as mãos usado nas análises.	Voluntário em pé com os membros superiores estendidos e paralelos ao corpo.	não	6 (NI)	Med	13,1	11,5
						7 (NI)	Med	13,5	13,1
						8 (NI)	Med	14,8	13,9
						9 (NI)	Med	17,5	16,3
						10 (NI)	Med	21,7	19,5
						11 (NI)	Med	26,6	24,4
						12 (NI)	Med	32,0	29,3
						13 (NI)	Med	36,4	31,4
						14 (NI)	Med	46,8	34,7
						15 (NI)	Med	52,0	36,0
						Total 1798			
Ramírez- Vélez 2017 Colômbia	NI	Takei Modelo TKK540 digital regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	A média de 4 medida. 2 medidas de cada mão.	Voluntário em pé com os membros superiores estendidos e paralelos ao corpo com o punho em posição neutra.	não	9 (217/277)	Med	13,4	13,0
						10 (403/618)	Med	14,5	13,9
						11 (412/620)	Med	15,9	15,6
						12 (374/491)	Med	18,1	18,3
						13 (388/457)	Med	22,2	29,8
						14 (415/592)	Med	24,5	21,6
15 (374/441)	Med	28,8	22,1						

1º autor ano/local	Pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incentivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
						16 (319/393) 17 (227/250)  Total 7268	Med Med	31,1 32,7	22,9 23,
Román 2017 Espanha	1 minuto de pausa entre medidas	CAMRY hidráulico regulado em 4cm.	A maior de 2 medidas para cada mão, sendo o valor médio de ambas as mãos usado nas análises.	Voluntário em pé com o membro superior totalmente estendido formando um ângulo de 30° com o tronco.	sim	3 (452/424) 4 (583/524) 5 (628/622) 6 (143/174)  Total 1215	Med Med Med Med	4,6 5,6 7,2 8,4	4,3 5,1 6,7 8,1
Garcia- Hermoso 2018 Chile	NI	Jamar® hidráulico modelo PC- 5030 J1 regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	A média de 4 medidas. 2 medidas de cada mão.	Voluntário em pé com os membros superiores estendidos e paralelos ao corpo com o punho em posição neutra.	não	8 (133/46) 9 (256/113) 10 (390/209) 11 (348/253) 12 (198/64)  Total 2026	Med Med Med Med	12,0 14,2 15,8 17,6 21,5	9,2 11,9 14,7 16,5 19,2
Kocher 2018	1 minuto	Takei Modelo TKK5401 digital	A média de 6 medidas sendo 3	Voluntário em pé com os membros	não	6 (241/217) 7 (223/189)	Med Med	10,9 12,9	10,4 11,8



1º autor ano/local	Pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM ( $\chi$ )	
								mas	fem
EUA  Obs: tb fornece os valores de FPM em percentil	de pausa entre medidas	regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	medidas para cada mão.	superiores estendidos e paralelos ao corpo com o punho em posição neutra.		8 (215/190)	Med	14,4	13,6
						9 (202/200)	Med	16,4	15,7
						10 (202/180)	Med	18,9	18,2
						11 (183/231)	Med	21,7	20,9
						12 (171/156)	Med	24,5	24,1
						13 (163/157)	Med	30,1	25,9
						14 (166/160)	Med	35,1	27,3
						15 (145/150)	Med	39,2	28,4
						16 (172/181)	Med	41,3	28,5
						17 (142/124)	Med	43,5	28,9
18 (159/146)	Med	44,7	29,3						
						Total 4665			

Legenda: Kgf quilograma força; FPM força de prensão manual; Med média entre a mão dominante e a não dominante; NI não informado;  $\chi$  média aritmética.

OBS1: Posição recomendada pela ASHT: indivíduo sentado em uma cadeira de encosto reto com a coluna ereta e pés apoiados no chão, ombro aduzido contra o corpo em rotação neutra, o cotovelo flexionado a 90° com antebraço alinhado com o punho em posição neutra (podendo variar o ângulo de 0 a 30° graus de flexão e entre 0° e 15° de desvio ulnar).

OBS 2: Kocher et al. (2018) também fornecem os valores de FPM em percentil.

Tabela 19 – Síntese de estudos com normas e valores de referência da capacidade de gerar FPM (kgf) com os resultados expressos em percentil 50  
(continua)

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM P50	
								Mas	fem
Serrano 2009 Espanha kgf	1 minuto de pausa medidas da mesma mão.	Takei digital regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	A maior de 2 medidas	Voluntário em pé com os membros superiores estendidos e paralelos ao corpo com o punho em posição neutra.	não	6 (91/66)	Dir	9,0	8,0
							Esq	8,6	7,5
						7 (103/77)	Dir	9,1	8,9
							Esq	8,8	8,8
						8 (104/54)	Dir	10,6	10,1
							Esq	10,1	9,6
						9 (93/74)	Dir	12,0	11,4
							Esq	11,7	11,2
						10 (94/ 83)	Dir	15,0	13,9
							Esq	14,0	13,0
						11 (99/110)	Dir	17,9	16,9
							Esq	17,3	16,1
						12 (111/88)	Dir	21,7	19,3
							Esq	20,3	18,4
						13 (117/103)	Dir	24,9	21,8
	Esq	23,4	20,5						
14 (80/75)	Dir	31,3	23,2						
	Esq	30,0	21,5						
15 (88/71)	Dir	35,1	23,6						

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM P50	
								Mas	fem
						16 (90/69)	Esq	33,4	23,0
						17 (67/47)	Dir	37,6	24,4
						18 (39/32)	Esq	36,4	22,7
							Dir	40,2	26,0
							Esq	38,1	23,7
							Dir	42,1	25,5
							Esq	40,0	23,4
						Total 2125			
Saint- Maurice 2015 Hungria	Pausa sem tempo pré estabele- cido	Smedley digital Modelo 12-0286 regulado de acordo com o tamanho da mão da criança.	A maior de 2 medidas	Voluntário em pé com os membros superiores estendidos e paralelos ao corpo.	não	11 (111/110)	D	21,4	20,0
						12 (127/111)	D	21,7	19,5
						13 (57/69)	D	25,0	19,6
						14 (57/51)	D	30,0	20,3
						15 (69/29)	D	35,4	21,6
						16 (89/20)	D	40,0	23,5
						17 (91/22)	D	42,6	26,1
						18 (53/20)	D	42,0	29,2
						Total 1086			
Bohannon 2017 EUA	NI	Jamar® hidráulico regulado na posição 2 conforme	1 medida	Posição recomendada pela ASHT.	não	3 (68/62)	D	3,7	3,4
							ND	3,5	3,4
						4 (79/91)	D	5,6	4,7

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM P50	
								Mas	fem
		recomendação da ASHT.					ND	5,2	4,6
						5 (74/81)	D	7,4	6,8
							ND	7,0	6,4
						6 (73/86)	D	10,0	9,2
							ND	9,6	8,9
						7 (101/90)	D	11,4	11,3
							ND	10,5	11,0
						8 (82/83)	D	13,0	12,5
							ND	13,4	12,3
						9 (82/78)	D	16,1	14,2
							ND	15,0	13,6
						10 (91/98)	D	17,7	17,4
							ND	16,4	16,4
						11 (95/94)	D	20,3	20,1
							ND	19,1	19,2
						12 (87/103)	D	23,4	23,6
							ND	22,5	21,4
						13 (105/92)	D	29,0	35,0
							ND	26,8	24,3
						14 (102/111)	D	33,7	26,7

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen- tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM P50	
								Mas	fem
							ND	30,8	25,3
						15 (94/102)	D	37,5	27,6
						16 (97/99)	ND	37,5	25,4
						17 (102/105)	D	39,6	27,6
							ND	37,2	27,0
							D	44,6	28,7
							ND	41,7	26,1
						Total 2706			
Gómes- Campos 2018 Chile	2 minutos de pausa entre medidas da mesma mão.	Jamar® hidráulico Modelo PC-5030 J1 Regulagem NI	A maior de 2 medidas	Voluntário sentado em uma cadeira de encosto reto, pés apoiados no chão, ombro aduzido, cotovelo flexionado a 90° e antebraço e punho em supinação.	não	6 (133/161)	Dir	9,2	8,0
						7 (72/124)	Esq	7,9	7,1
						8 (96/101)	Dir	10,6	9,3
						9 (154/243)	Esq	9,3	8,6
						10 (189/269)	Dir	12,0	10,9
						11 (118/165)	Esq	10,7	10,1
							Dir	13,5	12,7
							Esq	12,2	11,8
							Dir	15,5	14,9
							Esq	14,2	14,0
							Dir	18,5	17,5
							Esq	17,2	16,4

1º autor ano/local	Tempo pausa	Dinamômetro/ regulagem	Medida/ critério	Posicionamento	Incen tivo	Idade n (mas/fem)	Mão	FPM P50	
								Mas	fem
						12 (150/148)	Dir	22,4	20,2
							Esq	21,3	18,8
						13 (185/119)	Dir	27,2	22,6
							Esq	26,2	20,8
						14 (300/271)	Dir	32,0	24,4
							Esq	31,5	22,4
						15 (200/167)	Dir	36,5	25,5
							Esq	36,3	23,4
						16 (287/247)	Dir	40,0	25,9
							Esq	39,8	24,0
						17 (385/359)	Dir	42,5	26,0
							Esq	42,0	24,4
						Total 4643			

Legenda: FPM força de prensão manual; D mão dominante; ND mão não dominante; Dir mão direita; Esq mão esquerda; NI não informado; P50 percentil 50.

OBS<sup>1</sup>: Posição recomendada pela ASHT: indivíduo sentado em uma cadeira de encosto reto com a coluna ereta e pés apoiados no chão, ombro aduzido contra o corpo em rotação neutra, o cotovelo flexionado a 90° com antebraço alinhado com o punho em posição neutra (podendo variar o ângulo de 0 a 30° graus de flexão e entre 0° e 15° de desvio ulnar).

OBS<sup>2</sup>: Os valores apresentados originalmente por Gómes-Campos em libra-força (lbf) foram convertidos para quilograma-força (kgf).

Este estudo compilou dados de 57539 indivíduos. Todos os estudos incluídos analisaram os dois sexos. A faixa etária dos estudos incluídos nessa revisão variou dos 3 aos 19 anos. Pelo menos 65,6% dos artigos analisaram as idades dos 7 aos 12 anos. A idade mais investigada foi 11 anos, constando sua análise em 81,2% dos artigos presentes nesta pesquisa. As faixas etárias menos investigadas foram 3 a 5 anos e 15 a 19 anos. Cinquenta e seis por cento dos artigos estudaram as idades 6, 13 e 14 anos.

No que diz respeito a forma de apresentação dos resultados, 93,75% (30 estudos) usaram os valores absolutos das medidas realizadas como resultado do teste de FPM (Tabelas 16, 17 e 18), 12,5% (4 estudos) apresentaram em forma de percentil (Tabela 19) e 2 estudos disponibilizaram seus resultados de duas maneiras: média e percentil.

### 3.2.2 Interpretação dos resultados da FPM

A tabela 20 resume os principais achados dos estudos e como foram interpretados os resultados da avaliação da FPM e para qual finalidade foi utilizada.

Tabela 20 – Interpretação dos resultados da FPM (continua)

<b>Autor</b>	<b>Interpretação</b>
<b>Ager et al., 1984 *</b>	A FPM aumenta com a idade cronológica. Estabelece dados normativos que podem ser usados para comparação e reabilitação de crianças com problemas na mão.
<b>Al-Jawadi et al., 2018 *</b>	A FM está associada ao status de vitamina D e pode ser dependente do seu nível em pré-escolares
<b>Bear-Lehman et al, 2002</b>	A FPM e o tamanho da mão aumentam com a idade cronológica. Sem diferença significativa, na capacidade de gerar FPM, entre meninos e meninas de 3 a 5 anos.
<b>Bim et al., 2021</b>	Estabelece valores de referência em percentil que podem ser usados para identificar adolescentes com melhor condição atlética e auxiliar na para prescrição de exercícios.
<b>Bohannon et al., 2017 *</b>	Estabelece dados normativos que podem servir como um guia para interpretar a capacidade de gera FPM e seu monitoramento pode ser usado para investigar várias patologias e condições associadas a FPM durante a maturação física.
<b>Butterfield et</b>	A FPM aumenta com a idade cronológica sendo que, após os 12

Autor	Interpretação
<b>al., 2009 *</b>	anos, a FPM dos meninos é mais acelerada que nas meninas.
<b>Carreira et al., 2010 *</b>	Os meninos são significativamente mais capazes de gerar força que as meninas. A FPM está diretamente associada com a massa corporal e a estatura em crianças de 11 a 14 anos.
<b>Cohen et al., 2010</b>	A FPM aumenta com a idade cronológica. Os meninos são significativamente mais capazes de gerar força que as meninas dos 10 aos 15 anos
<b>Esteves et al., 2005</b>	Estabelece valores de referência para crianças e adolescentes. Tanto as características antropométricas quanto o desenvolvimento de FM acompanham a idade cronológica, sendo que os meninos se mostram significativamente mais capazes de gerar força a partir da puberdade.
<b>Fredriksen et al., 2018</b>	Estabelece valores de referência para crianças e adolescentes. A FPM é inadequada como preditor de fatores de risco cardiometabólicos em crianças pré púberes.
<b>Fullwood, 1986</b>	A FPM aumenta com a idade cronológica. Estabelece valores de FPM para crianças e adolescentes que podem fornecer suporte para determinar se a capacidade de gerar força está dentro do esperado para a idade.
<b>Garcia-Hermoso et al., 2018</b>	Estabelece valores de referência que podem ajudar a identificar deficiências na capacidade de gerar FPM auxiliando na manutenção e melhora da aptidão física geral de crianças
<b>Gómes-Campos et al., 2018</b>	Diferença significativa na capacidade de gerar força entre os sexos, em favor dos meninos, a partir dos 13 anos
<b>Häger-Ross; Rösblad, 2002 *</b>	Estabelece dados normativos para crianças e adolescentes que irão possibilitar que terapeutas comparem escores de pacientes em tratamento com escores esperados para a idade, sexo, dominância e medidas corporais.
<b>Kocher et al., 2017</b>	Estabelece dados normativos para crianças e adolescentes. A FPM bruta está associada a massa corporal e a estatura, mas a escala alométrica aplicada a FPM fornece dados de força livres da influência da massa corporal.
<b>Kocher et al., 2018</b>	Estabelece valores alométricos e normativos para crianças e adolescentes que podem ser usados para comparar a FPM dentro das idades e dos sexos sem o confundimento do tamanho corporal.
<b>Lopez et al., 2017</b>	Estabelece dados de referência. Equação de referência para interpretação dos dados.
<b>McQuiddy et al., 2015</b>	Dados normativos atualizados para crianças e adolescentes são fundamentais para profissionais de reabilitação avaliarem objetivamente a deficiência e o progresso dos pacientes. A comparação dos dados coletados neste estudo com os publicados



Autor	Interpretação
	anteriormente reforça a necessidade de atualização contínua.
<b>Molenaar et al., 2010 *</b>	A FPM aumenta com a idade cronológica em ambos os sexos, os meninos são mais capazes de gerar força que as meninas dos 4 aos 12 anos e a MD é mais forte que a MND.
<b>Omar et al., 2014</b>	Sem diferença significativa na FPM entre as mãos dominante e não dominante em crianças sauditas dos 6 aos 12 anos. Estabelece dados de FPM que permitirão que terapeutas comparem valores de força de crianças com desenvolvimento típico e atípico.
<b>Ploegmakers et al., 2013 *</b>	Estabelece dados normativos para crianças e adolescentes. A FPM aumenta progressivamente com a idade cronológica apesar de não haver diferença significativa entre elas. FPM fortemente associada a massa corporal, estatura e sexo em crianças.
<b>Ramírez-Velez et al., 2017</b>	A FPM aumenta com a idade cronológica. Estabelece valores de referência da FPM para crianças colombianas de 9 a 17 anos.
<b>Ramos et al., 2022 *</b>	A FPM aumenta com a idade cronológica. Forte associação entre a FPM e a massa corporal e largura da palma da mão. Meninos significativamente mais capazes de gerar força que as meninas a partir dos 13 anos.
<b>Róman et al., 2021</b>	Estabelece valores de referência para crianças de 3 a 6 anos. A FPM aumenta com a idade cronológica. Associação entre FPM e massa corporal, estatura, IMC e circunferência da cintura.
<b>Rostamzadeh et al., 2021 *</b>	Estabelece valores de referência para crianças e adolescentes. A FPM aumenta com a idade cronológica e é significativamente maior nos meninos do que nas meninas a partir dos 13 anos.
<b>Saint-Maurice et al., 2015</b>	A FPM segue padrões de desenvolvimento distintos em meninos e meninas. Valores de referência podem ser usados para interpretar escores de FPM de escolares húngaros.
<b>Serrano et al., 2009</b>	Estabelece valores de referência para crianças e adolescentes. A FPM aumenta com a idade cronológica. Dimorfismo sexual a partir dos 12 anos. Estabelece gráficos de crescimento com valores normais obtidos em crianças e adolescentes espanhóis saudáveis que podem ser usados como padrão de referência.
<b>Souza et al., 2014</b>	Estabelece dados normativos para crianças e adolescentes. A FPM aumenta com a idade cronológica nas duas mãos e em ambos os sexos. A FPM é similar entre os sexos dos 6 aos 13 anos. A MD é significativamente mais forte que a MND.
<b>Toong et al., 2018</b>	Estabelece dados normativos para crianças e adolescentes. A FPM aumenta com a idade cronológica nos dois sexos. Meninos significativamente mais fortes que as meninas a partir dos 12 anos. Indivíduos com maior massa corporal apresentam maior força.
<b>Trajkovic et al., 2020</b>	A FPM aumenta com a idade cronológica nas duas mãos e em ambos os sexos. Os meninos são significativamente mais fortes na MD e MND que as meninas. A MD é significativamente mais forte que a MND. Os achados fornecem dados normativos comparativos para FM e nível de condicionamento físico, considerando idade e

Autor	Interpretação
<b>Wen et al., 2020</b>	sexo em crianças. A FPM, força de pinças e as medidas antropométricas das mãos aumentam com a idade cronológica. As medidas das mão estão associadas a FPM, estatura, massa corporal e IMC.
<b>Yim et al., 2003</b>	Os meninos são significativamente mais fortes na MD e MND que as meninas dos 7 aos 12 anos. Crianças coreanas parecem ser mais fracas que crianças ocidentais. Sem diferença significativa na FPM entre as mãos dominante e não dominante em crianças coreanas dos 7 aos 12 anos

Legenda: \* Artigos que foram incluídos na metanálise; FM força muscular; FPM força de preensão manual; MD mão dominante; MND mão não dominante; IMC índice de massa corporal.

Na tabela 20 observa-se um estudo que sugere que a FM pode ser dependente do status de vitamina D em escolares (AL-JAWADI *et al.*, 2018). Um outro estudo sugere que a FPM é inadequada como preditor de fatores de risco cardiometabólicos em crianças pré púberes. Uma terceira pesquisa desenvolveu uma equação de predição que permite estimar a FPM a partir da massa corporal e da estatura (LOPEZ *et al.*, 2017).

Dos estudos selecionados, 68,75% estabeleceram dados normativos ou valores de referência e sugerem em suas conclusões que esses dados podem servir de guia na identificação de crianças e adolescentes com desenvolvimento de FM fora do esperado para a idade, ou que podem auxiliar na manutenção ou melhora da aptidão física, ou ainda, que podem ser usados na comparação e reabilitação de crianças e adolescentes com problemas nas mãos (AGER *et al.*, 1984; FULLWOOD, 1986; HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; ESTEVES *et al.*, 2005; SERRANO *et al.*, 2009; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; OMAR *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2014; MCQUIDDY *et al.*, 2015; SAINT-MAURICE *et al.*, 2015; BOHANOON *et al.*, 2017; KOCHER *et al.*, 2017; RAMÍRES-VÉLES *et al.*, 2017; FREDRIKSEN *et al.*, 2018; GARCIA-HERMOSO *et al.*, 2018; KOCHER *et al.*, 2018; TOONG *et al.*, 2018; TRAJKOVIC *et al.*, 2020; BIM *et al.*, 2021; RÓMAN *et al.*, 2021; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021).

Os resultados de 53,12% dos estudos incluídos sugerem que a FPM aumenta com a idade cronológica em ambos os sexos (AGER *et al.*, 1984; FULLWOOD, 1986; BEAR-LEHAMAN *et al.*, 2002; ESTEVES *et al.*, 2005; BUTTERFIELD, *et al.*, 2009; SERRANO *et al.*, 2009; COHEN *et al.*, 2010; MOLENAAR *et al.*, 2010; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2014; RAMÍRES -VÉLES *et al.*, 2017;

TOONG *et al.*, 2018; TRAJKOVIC *et al.*, 2020; WEN *et al.*, 2020; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021; RAMOS *et al.*, 2022); 9,37% sugerem que as medidas antropométricas também acompanham a idade cronológica (BEAR-LEHAMAN *et al.*, 2002; ESTEVES *et al.*, 2005; WEN *et al.*, 2020).

Quanto a diferença entre os sexos, alguns estudos concluíram que os meninos se tornam significativamente mais capazes de gerar força que as meninas no período da adolescência (BUTTERFIELD *et al.*, 2009; CARREIRA *et al.*, 2010; COHEN *et al.*, 2010; TOONG *et al.*, 2018); outros são mais específicos e relatam que esse fato somente acontece quando os meninos atingem a puberdade (ESTEVES *et al.*, 2005; GÓMES-CAMPOS *et al.*, 2018; RAMOS *et al.*, 2022; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021); 28,12% têm descrito em seus resultados que meninos e meninas tem capacidade de gerar FPM similar até o início da puberdade (BEAR-LEHAMAN *et al.*, 2002; ESTEVES *et al.*, 2005; SOUZA *et al.*, 2014; GÓMES-CAMPOS *et al.*, 2018; MOLENAAR *et al.*, 2010; TOONG *et al.*, 2018; TRAJKOVIC *et al.*, 2020; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021; RAMOS *et al.*, 2022)

Alguns estudos incluídos fizeram análises de correlação da força com antropometria em suas investigações e encontraram resultados significativos para associação da FPM com as medidas antropométricas de massa corporal e estatura (CARREIRA *et al.*, 2010; KOCHER *et al.*, 2017; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; RAMOS *et al.*, 2022; RÓMAN *et al.*, 2021; TOONG *et al.*, 2018; WEN *et al.*, 2020); da FPM e IMC (RÓMAN *et al.*, 2021; WEN *et al.*, 2020); da FPM com a circunferência da cintura (RÓMAN *et al.*, 2021); e finalmente da FPM com medidas antropométricas da mão (RAMOS *et al.*, 2022).

Por fim 2 estudos concluem que a FPM segue padrões de desenvolvimento distintos em meninos e meninas (SAINT-MAURICE *et al.*, 2015; SERRANO *et al.*, 2009).

### 3.2.3 Características da padronização dos estudos que avaliaram a FPM

A avaliação da força máxima está bem estabelecida na literatura para adultos e idosos, tanto que existem dados normativos para essa população (GÜNTHER *et al.*, 2008; PETERS *et al.*, 2011). Entretanto, para crianças e adolescentes são

necessários mais estudos para esclarecer a forma como se comporta o desenvolvimento da capacidade de gerar FPM.

Dos estudos selecionados, 68,75% tiveram como um de seus objetivos estabelecer valores de referência da FPM em crianças e adolescentes. No entanto, apenas 53,9% seguiram a maioria das recomendações da ASHT, o que coloca em dúvida a fidedignidade e confiabilidade da avaliação e como consequência, dos resultados.

Existem lacunas na realização da avaliação da FPM em 81,25% dos estudos incluídos nessa revisão, pois vários deles não seguem ou seguem parcialmente as recomendações da ASHT, resultando assim, em divergências de valores da FPM quando comparados a outros estudos.

Algumas características identificadas nos estudos incluídos remetem a padronização da avaliação da FPM, que são: o dinamômetro utilizado e sua respectiva regulagem; o protocolo de posição; o número de medidas realizadas durante a avaliação e qual valor foi considerado como resultado final do teste; o uso de encorajamento verbal durante o procedimento; o tempo de descanso entre as tentativas; e a dominância do membro testado.

### Dinamômetro

Para a avaliação da FPM existem diferentes equipamentos disponíveis, utilizados tanto para a prática clínica quanto para a pesquisa, entretanto nem todos se apresentam como válidos e confiáveis se comparados ao dinamômetro considerado padrão ouro. Os principais dinamômetros são hidráulicos, mecânicos, pneumáticos e strain gauges (células de carga). A seção terciária 1.4.1 apresenta os principais dinamômetros e suas características. Dentre os dinamômetros apresentados, o dinamômetro hidráulico Jamar (Figura 4) é o mais citado na literatura e considerado padrão ouro para o teste de FPM (REIS; ARANTES, 2011; ROBERTS *et al.*, 2011).

Dos estudos incluídos na revisão, 18 (56,25%) utilizaram o dinamômetro Jamar; 5 estudos (15,62%) utilizaram o Takeij; 2 estudos (6,25%) utilizaram dinamômetros de bulbo; 2 (6,25%) utilizaram dinamômetros baseados em células de carga (strain gauges) e os demais (15,62%) utilizaram outras marcas de dinamômetro.

Souza *et al.* (2014) e Trajkovic *et al.* (2020), estudos incluídos nesta revisão, utilizaram o dinamômetro pneumático de bulbo nas suas medições e encontraram resultados similares nas idades estudadas. Os estudos seguiram as recomendações de posição da ASHT, mas Souza *et al.* (2014) usaram a média de 3 tentativas como valor considerado enquanto Trajkovic *et al.*, (2020) usaram a maior de 2 medidas. Ao que tudo indica, essa divergência no número de medidas realizadas e no valor a ser considerado como resultado do teste não interferiu nos valores finais. Porém se comparados os resultados desses dois estudos com os demais estudos incluídos nessa revisão, pode-se observar uma diferença grande entre resultados para a mesma mão (Tabelas 16, 17, 18 e 19). Tal fato pode ser explicado pelo dinamômetro de bulbo utilizado por eles, pois o mesmo não apresenta consistência de medidas se comparado ao dinamômetro Jamar (DIOGO, 2017).

O Jamar e dinamômetros equivalentes possibilitam um ajuste discreto da empunhadura, com cinco posições: I - 3,5 cm; II – 4,8 cm; III – 6,0 cm; IV – 7,3 cm e V – 8,6 cm (RUIZ-RUIZ *et al.*, 2002). É recomendação da ASHT, a padronização da regulagem da empunhadura do dinamômetro na posição 2. Portanto, o uso de uma regulagem diversa da recomendada pode influenciar os resultados do teste.

#### Regulagem do dinamômetro

Em relação a alça do equipamento, 40,62% dos estudos incluídos regularam o dinamômetro de acordo com o tamanho da mão da criança, 31,25% adotaram a 2ª posição, 18,75% utilizaram outras regulagens.

A regulagem da empunhadura do dinamômetro de acordo com o tamanho da mão da criança durante a avaliação em alguns estudos incluídos (AGER *et al.*, 1984; ESTEVES *et al.*, 2005; MCQUIDDY *et al.*, 2015; BOHANOON *et al.*, 2017; KOCHER *et al.*, 2017; GARCIA-HERMOSO *et al.*, 2018; TOONG *et al.*, 2018; RAMOS *et al.*, 2022) resultou em valores diferentes da FPM, quando comparados à padronização de posicionamento da empunhadura regulada na 2ª posição como mostrado nas tabelas 21, 22 e 23. Dez estudos (31, 25%) aderiram à regulagem na posição 2 conforme recomendado pela ASHT. Dois artigos (FULLWOOD, 1986; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013) usaram duas regulagens, posição 1 para crianças menores de posição 2 para crianças maiores e adolescentes. Entretanto nenhum

dos demais artigos, incluindo os dois citados anteriormente, apresentaram um critério coerente para a escolha da regulação do equipamento.

### Protocolo de posição

Variações no posicionamento do teste quando usado o mesmo instrumento ou equivalente podem influenciar significativamente nos resultados obtidos (INNES, 1999) e por esse motivo devem ser evitados em um esforço para manter a consistência e padronização nos procedimentos do teste. Dentre os estudos selecionados, somente 56,25% seguiram na íntegra as recomendações da ASHT; 9,37% seguiram pelo menos 1 item do posicionamento de acordo com a ASHT e 34,37% seguiram o posicionamento com o voluntário em pé com o membro superior estendido. Sendo assim, uma parte dos estudos pode ter um viés de posicionamento na realização da avaliação da FPM em crianças e adolescentes.

Variações da posição de teste recomendada pela ASHT podem afetar o resultado do teste de FPM de diferentes maneiras. Balogun et al. (1991) reportou em seus resultados que realizar o teste na posição de pé resulta em maiores valores de FPM do que quando sentado ao usar o mesmo equipamento). Este fato pode explicar maiores valores de FPM encontrados por Kocher et al. (2017) em crianças de 6 a 14 anos, que realizaram o teste de pé com o membro superior estendido, em comparação a estudos (AGER *et al.*, 1984; HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; BUTTERFIELD *et al.*, 2009; CARREIRA *et al.*, 2010; MOLENAAR *et al.*, 2010; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; MCQUIDDY *et al.*, 2015; BOHANNON *et al.*, 2017; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021; RAMOS *et al.*, 2022) que seguiram o posicionamento recomendado pela ASHT em crianças na mesma faixa etária como mostrado nas tabelas 21, 22 e 23.

Apesar de Richards *et al.* (1996) reportarem como resultado de sua pesquisa que o teste de FPM apresenta maiores valores quando realizado com o antebraço e punho em supinação, Esteves et al. (2005) encontraram valores de FPM inferiores, na mesma faixa etária, que os estudos que adotaram o protocolo de posição recomendado pela ASHT (Tabelas 16, 17 e 18). Os achados desses estudos demonstram a necessidade de adotar uma posição padrão e consistente para que os resultados do teste de FPM sejam confiáveis e possam ser comparados com dados normativos.

As recomendações da ASHT devem ser seguidas a menos que haja uma razão específica para não fazê-lo. Como exemplo de exceção válida, o uso de posições alternativas no teste de FPM pode ser útil na identificação da força produzida durante a execução de uma tarefa motora específica, auxiliando dessa forma, no projeto de ambientes e ferramentas por exemplo (RICHARDS *et al.*, 1986).

Tabela 21 – Valores de referência da FPM (kgf) da mão dominante de estudos sul e norte americanos

Sexo idade	América do sul		América do Norte			
	(1) (Chile)	(2) (Brasil)	(3) (EUA)	(4) (EUA)	(5) (EUA)	(6) (Canadá)
meninos						
3	-	-	-	-	4,0	-
4	-	-	-	-	5,7	-
5	-	-	7,6	-	7,4	-
6	-	-	8,4	-	9,9	-
7	-	-	10,7	14,2	11,2	-
8	12,0	-	12,0	16,1	13,3	-
9	14,2	-	13,2	17,1	16,2	-
10	15,8	-	15,9	20,7	17,8	18,3
11	17,6	-	21,0	22,6	20,9	20,6
12	21,5	27,4	25,8	27,9	24,2	25,0
13	-	29,0	-	33,2	29,5	28,0
14	-	31,5	-	38,9	34,2	34,1
15	-	35,2	-	44,0	37,7	36,6
16	-	39,1	-	45,6	41,0	42,0
17	-	-	-	52,3	44,5	-
meninas						
3	-	-	-	-	3,6	-
4	-	-	-	-	4,9	-
5	-	-	7,5	-	7,0	-
6	-	-	6,9	-	9,0	-
7	-	-	8,6	12,3	11,4	-
8	9,2	-	10,4	13,9	12,7	-
9	11,9	-	12,4	17,4	14,6	-
10	14,7	-	13,1	19,8	27,5	18,5
11	16,5	-	16,5	21,4	20,3	19,6
12	19,2	26,2	21,6	24,7	23,5	22,0
13	-	26,1	-	28,5	25,0	25,5
14	-	26,6	-	28,3	26,9	28,4
15	-	27,8	-	31,0	28,1	28,9
16	-	27,1	-	30,6	28,2	30,8
17	-	-	-	32,0	28,4	-

Fonte: A autora, 2023.

Legenda: (1) Garcia-Hermoso *et al.*, 2018; (2) Ramos *et al.*, 2022; (3) Ager *et al.*, 1984; (4) Butterfiel, 2009; (5) Bohannon *et al.*, 2017; (6) Toong *et al.*, 2018.

OBS<sup>1</sup>: Os valores de FPM apresentados, originalmente em lbf, por Ager *et al.*, 1984 e Butterfield, 2009 foram convertidos para kgf.

### Número de medidas e valor considerado

Quanto ao número de medidas realizadas durante a avaliação e qual valor foi considerado, 28,12% dos estudos incluídos seguiram a recomendação da ASHT e utilizaram como resultado a média de 3 tentativas, 31,25% utilizaram a maior de 2 ou de 3 tentativas, 12,5% usaram como resultado a média de 2 tentativas, 12,5% adotaram apenas 1 medida e o restante dos artigos (15,62%) usaram medidas variadas.

A ASHT recomenda que seja usada a média de três medidas. No entanto, há divergências na forma de análise dessas medidas, que podem ser feitas a partir de uma única tentativa, do melhor valor obtido ou da média de valores. Apesar das recomendações da ASHT e do estudo de Mathioetz et al. (1984), que mostra que a média de três tentativas é mais precisa que as demais, apenas 28,12 % dos estudos incluídos usaram esse protocolo.

### Descanso entre medidas

Quanto ao tempo de descanso entre as medidas, 25% dos estudos incluídos adotaram 1 minuto de intervalo entre medidas, 31,25% adotaram tempos variados de intervalo e 43,75% não informaram se utilizaram intervalo de descanso entre medidas (Tabelas 16, 17, 18 e 19). O intervalo de tempo de descanso entre as tentativas influencia no desempenho da força, pois está relacionado diretamente com a fadiga muscular (SHITORI *et al.*, 2014). Entretanto, a ASHT não refere nenhum intervalo de descanso entre as medidas. Alguns autores já investigaram o tempo de descanso ideal entre medidas e não encontraram diferença significativa entre os períodos de descanso de 60 segundos, 30 segundos e 15 segundos (TROSSMAN; LI, 1989). Essa falta de orientação por parte da ASHT explica o descaso ou falta de interesse por parte alguns pesquisadores quanto a necessidade de descanso ou descrição do tempo de pausa entre medidas.

### Incentivo

O último parâmetro a ser analisado refere-se ao uso de incentivo no momento da realização da força, que pode contribuir para atingir a melhor performance do



indivíduo examinado. Dos artigos selecionados para esta revisão, 53,12% deram incentivo verbal durante a realização do teste de FPM, mas dentre estes, alguns não descreveram a intensidade e a forma do incentivo. A utilização do encorajamento é uma variável que não está bem estabelecida na literatura. Há uma lacuna com relação à utilização de algum tipo de encorajamento durante o teste de FPM, tanto que no estudo de Mathiowitz et al. (1984) levanta-se a questão da influência do incentivo no resultado final do teste de FPM.

Tabela 22 - Valores de referência da FPM (kgf) da mão dominante de estudos da Europa e Oriente Médio

Sexo	Europa				Oriente Médio
	(1) (Suécia)	(2) (Portugal)	(3) (Holanda)	(4) (Holanda)	(5) (Irã)
meninos					
4	5,9	-	6,7	5,7	-
5	7,0	-	8,6	7,5	-
6	8,5	-	9,9	10,2	-
7	10,5	-	11,8	13,0	9,9
8	12,8	-	11,8	15,9	11,6
9	13,9	-	14,2	18,2	13,7
10	17,0	-	16,3	19,6	15,9
11	19,1	21,4	19,9	22,0	18,4
12	22,4	23,7	22,4	24,7	21,5
13	28,0	28,9	-	28,2	25,8
14	39,0	32,8	-	36,0	30,6
15	42,3	-	-	-	35,1
16	50,0	-	-	-	38,4
17	-	-	-	-	41,6
18	-	-	-	-	42,8
meninas					
4	6,7	-	4,9	5,1	-
5	6,5	-	6,5	6,7	-
6	8,4	-	8,4	9,0	-
7	9,4	-	10,9	12,9	8,4
8	10,8	-	11,8	14,4	9,8
9	13,0	-	13,6	16,7	11,6
10	16,9	-	15,5	19,1	13,4
11	16,9	20,2	19,4	20,6	16,1
12	18,1	23,7	20,1	24,2	18,0
13	23,7	25,5	-	26,4	20,0
14	28,8	30,3	-	29,1	21,5
15	29,4	-	-	-	22,8
16	32,8	-	-	-	23,7
17	-	-	-	-	24,0
18	-	-	-	-	24,3

Fonte: A autora, 2023.

Legenda: (1) Häger Ross; Rösblad, 2002; (2) Carreira *et al.*, 2010; (3) Molenaar *et al.*, 2010; (4) Ploegmakers *et al.*, 2013; (5) Rostamzadeh *et al.*, 2021.

OBS<sup>1</sup>: Os valores apresentados por Molenaar *et al.*, 2010 foram obtidos com o dinamômetro Lode®, similar ao dinamômetro Jamar® utilizado por Carreira *et al.*, 2010; Ploegmakers *et al.*, 2013 e Rostamzadeh *et al.*, 2021.

OBS<sup>2</sup>: Os valores apresentados por Häger-Ross; Rösblad, 2002 foram obtidos com o dinamômetro Grippit.

OBS<sup>3</sup>: Os valores de FPM apresentados, originalmente em newton, por Häger Ross; Rösblad, 2002; Carreira *et al.*, 2010 e Molenaar *et al.*, 2010 foram convertidos para kgf.

Tabela 23 – Valores de referência da FPM (kgf) da mão direita de estudos sul e norte americanos

Sexo idade	América do sul		América do Norte	
	(1) (Brasil)	(2) (Brasil)	(3) (EUA)	(4) (EUA)
meninos				
6	-	-	9,6	11,4
7	12,2	-	11,7	13,9
8	13,8	-	13,9	16,7
9	15,0	-	15,2	19,4
10	16,7	-	17,4	21,9
11	18,4	-	20,9	25,1
12	20,5	-	23,5	29,7
13	22,5	-	27,1	35,9
14	30,4	34,5	34,2	42,5
15	-	38,5	33,5	-
16	-	39,9	39,8	-
17	-	40,5	42,9	-
18	-	41,4	43,1	-
19	-	43,8	45,5	-
meninas				
6	-	-	8,0	10,4
7	5,4	-	10,8	12,2
8	7,3	-	12,7	14,4
9	10,7	-	17,0	17,4
10	12,6	-	16,7	19,8
11	11,4	-	20,5	24,4
12	13,5	-	22,0	27,3
13	16,1	-	23,5	30,2
14	20,8	24,8	26,4	31,5
15	-	26,0	27,2	-
16	-	26,0	29,8	-
17	-	26,5	27,8	-
18	-	27,1	28,2	-
19	-	28,6	29,3	-

Fonte: A autora, 2023.

Legenda: (1) Esteves *et al.*, 2005; (2) Bim *et al.*, 2021; (3) McQuiddy *et al.*, 2015; (4) Kocher *et al.*, 2017.

OBS<sup>1</sup>: Os valores de FPM apresentados, originalmente em N, por Esteves *et al.*, 2005 foram convertidos para kgf.

OBS<sup>2</sup>: Os valores apresentados por Bim *et al.*, 2021; McQuiddy *et al.*, 2015 e Kocher *et al.*, 2017 foram obtidos com o dinamômetro Jamar®.

OBS<sup>3</sup>: Os valores apresentados por Esteves *et al.*, 2005 foram obtidos com o dinamômetro strain gauge.

### Dominância

Dos 32 estudos incluídos, 27 estudos (84,37%) analisaram a capacidade de gerar força das duas mãos, sendo que dentre estes, apenas 10 identificaram os resultados para mão dominante (MD) e mão não dominante (MND) e 6 mediram apenas uma das mãos (MD ou mão direita) (Tabela 16). Onze estudos apresentaram seus resultados para as mãos direita e esquerda (Tabela 17) e 5 apresentaram a média dos resultados das duas mãos (Tabela 18). Dois estudos testaram apenas uma das mãos, um deles testou a MD e o outro a mão direita (Tabelas 16 e 17).

É sabido que existem diferenças na capacidade de gerar FPM entre a MD e a MND e que essa diferença entre as mãos é cerca de 10% quando o indivíduo é destro (SARTÓRIO *et al.*, 2002). No entanto, alguns estudos incluídos (FULLWOOD, 1986; BEAR-LEHMAN *et al.*, 2002; YIM *et al.*, 2003; ESTEVES *et al.*, 2005; SERRANO *et al.*, 2009; OMAR *et al.*, 2014; McQUIDDY *et al.* 2015; KOCHER *et al.*, 2017; FREDRIKSEN *et al.*, 2018, WEN *et al.*, 2020; BIM *et al.*, 2021) classificaram seus dados em mão direita e esquerda não identificando a mão dominante. Outros forneceram seus resultados apenas em percentil (SAINT-MAURICE *et al.*, 2015; BOHANNON *et al.*, 2017; GÓMES-CAMPOS *et al.*, 2018), fatos que dificultaram a comparação com os demais estudos.

Os estudos de Omar *et al.* (2014) e Yim *et al.* (2003) encontraram similaridade entre as mãos dominante e não dominante nos valores de FPM (Tabela 17). Em contrapartida Molenaar *et al.* (2010) e Souza *et al.* (2014), evidenciando a falta de consenso a respeito do assunto, encontraram diferença significativa entre as mãos em crianças da mesma faixa etária.

A ASHT não preconiza em qual membro deve ser realizado o teste de FPM, porém uma parcela grande dos estudos utiliza o membro superior dominante para a aplicação do teste. Esses fatos sugerem a necessidade de se estabelecer uma regra clara quanto a mensuração e identificação do membro testado.

### 3.2.4 Metanálise

O número total de indivíduos cujos dados foram utilizados nesta metanálise foi 10727, 5436 meninos e 5291 meninas. O número de crianças por idade variou de 225 a 682 no sexo masculino e de 221 a 686 no sexo feminino. A contribuição detalhada do número de indivíduos da amostra conforme a idade e sexo está descrita na tabela 24. Dos 10 estudos incluídos na metanálise, 9 investigaram a idade de 12 anos, 8 investigaram 11, 13 e 14 anos, 7 investigaram as idades de 7 a 10 anos, 6 estudos investigaram 5 anos e 50% dos estudos investigaram 6, 15 e 16 anos. As idades menos investigadas foram 4 anos (40%), 17 anos (30%).

Dos estudos metanalisados, 60% reportaram que a capacidade de gerar FPM aumenta com a idade cronológica, 40% descrevem que os meninos são significativamente mais capazes de gerar FPM que as meninas na adolescência; e 30% reportam forte associação da capacidade de gerar FPM com medidas antropométricas (Tabela 20).

Todos os estudos incluídos na metanálise forneceram dados para a mão dominante e 60% apresentaram valores também para a MND o que possibilitou gerar resultados onde se pode observar o comportamento da capacidade de gerar força segundo a dominância da mão. Estudo realizado por Bohannon *et al.* (2006) metanalisou dados de estudos que analisaram a FPM em adultos e idosos e apresenta dados para as mãos direita e esquerda em vez de para mão dominante e não dominante, não levando em consideração a tendência da capacidade de gerar FPM ser significativamente maior no membro superior dominante, pelo menos para indivíduos destros (BOHANNON, 2003).

Os dados da capacidade de gerar FPM das mãos dominante e não dominante, dos 10 artigos incluídos nesta metanálise, foram processados no software REVMAN, e deram origem as tabelas com valores de referência. Os gráficos da metanálise (Forest plots) estão disponíveis no Anexo B.

As características de padrão de protocolo dos estudos incluídos na metanálise (10 estudos) estão descritas na tabela 16. No que diz respeito ao equipamento utilizado no teste de FPM, 70% (7 estudos) utilizaram o dinamômetro Jamar. Os demais estudos utilizaram os dinamômetros Lode, DND-1 e Grippit.

Em relação a regulagem do equipamento, 50% dos estudos incluídos na metanálise regularam o dinamômetro da 2ª posição, 20% regularam de acordo com o tamanho da mão da criança ou adolescente e 30% utilizaram outras regulagens.

Tabela 24- Especificação contributiva da amostra de 12 fontes para a metanálise da FPM de meninos e meninas de diferentes idades

Idade	sexo	AMOSTRA									
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
4	M		11			12	124	78	124		
	F		10			11	109	91	109		
5	M	25	20			12	102	74	102		
	F	32	23			13	105	81	105		
6	M	34	15			13	123	73	123		
	F	31	22			12	108	86	108		
7	M	35	21	15		11	104	101	104	126	
	F	33	24	9		14	98	90	98	104	
8	M	28	18	19		13	113	82	113	110	
	F	23	17	13		15	118	83	118	103	
9	M	29	27	11		12	116	82	116	125	
	F	29	20	15		14	119	78	119	110	
10	M	37	25	34		12	109	91	109	116	
	F	24	20	22		12	103	98	103	107	
11	M	35	20	37	35	13	113	95	113	108	
	F	30	21	37	29	12	113	94	113	100	
12	M	24	20	38	29	12	96	87	96	116	25
	F	25	23	32	32	12	106	103	106	96	36
13	M		20	38	16		66	105	66	114	54
	F		22	39	13		97	92	97	104	64
14	M		27	49	24		46	102		107	83
	F		24	44	17		53	111		111	70
15	M		21	57				94		109	76
	F		21	47				102		99	56
16	M		22	39				97		118	42
	F		16	40				99		108	35
17	M			13				102		120	
	F			23				105		104	

Legenda: (1) Ager et al. 1984; (2) Häger-Ross; Rösblod, 2002; (3) Butterfield *et al.*, 2009; (4) Carreira *et al.*, 2010; (5) Molenaar *et al.*, 2010; (6) Ploegmakers *et al.*, 2013; (7) Al-Jawadi *et al.*, 2018; (8) Bohannon *et al.*, 2017; (9) Toong *et al.*, 2018; (10) Garcia-Hermoso *et al.*, 2018; (9) Rostamzadeh *et al.*, 2021; (10) Ramos *et al.*, 2022.

Todos os estudos incluídos na metanálise seguiram o protocolo de posição recomendado pela ASHT. Oitenta por cento das pesquisas utilizaram incentivo verbal durante o teste de FPM e 40% não informaram o uso de pausa para descanso entre as medidas.

Tabela 25 – Valores das médias da capacidade de gerar FPM (kgf) para a MD nos sexos feminino e masculino

Idade (anos)	Amostra (referências)	n mas/fem	Masculino média (95% CI)	Feminino média (95% CI)
4	(3, 6-8)	225/221	5,87 (5,53-6,22)	5,25 (4,73-5,80)
5	(1-3, 6-8)	682/686	7,82 (7,06-8,58)	7,06 (6,34-7,78)
6	(1, 3, 6-8)	258/259	9,46 (8,82-10,73)	8,33 (7,60-9,63)
7	(1, 3, 4, 6-8, 10)	398/372	11,45 (10,60-12,31)	10,43 (8,96-11,90)
8	(1, 3, 4, 6-8, 10)	383/367	13,36 (12,13-14,59)	11,91 (10,28-13,55)
9	(1, 3, 4, 6-8, 10)	402/385	15,24 (13,85-16,64)	14,08 (12,30-15,87)
10	(1, 3, 4, 6-8, 10)	424/386	17,64 (16,30-18,98)	15,79 (13,47-18,11)
11	(1, 3-8, 10)	456/436	20,68 (19,59-21,77)	18,88 (17,24-20,53)
12	(1, 3-10)	447/465	24,18 (22,95-25,40)	22,23 (20,15-24,32)
13	(3-6, 8-10)	413/431	28,84 (27,06-30,62)	24,24 (21,43-27,05)
14	(3-6, 8-10)	438/430	34,51 (32,42-36,59)	27,25 (24,31-30,18)
15	(3, 4, 6, 9, 10)	357/325	38,57 (35,93-41,21)	27,72 (24,43-31,01)
16	(3, 4, 6, 9, 10)	318/296	42,53 (39,65-45,46)	28,62 (24,81-32,43)
17	(3, 4, 10)	235/232	44,76 (41,72-47-80)	28,01 (23,83-32,19)

Legenda: FPM força de preensão manual; MD mão dominante; kgf quilograma-força; n número de indivíduos; CI intervalo de confiança; 1 Ager *et al.*, 1984; 2 Al-Jawadi *et al.*, 2018; 3 Bohannon *et al.*, 2017; 4 Butterfield *et al.*, 2009; 5 Carreira *et al.*, 2010; 6 Häger-Ross; Rösblad, 2002; 7 Molenaar *et al.*, 2010; 8 Ploegmakers *et al.*, 2013; 9 Ramos *et al.*, 2022; 10 Rostamzadeh *et al.*, 2021.

Quanto ao número de medidas realizadas durante a avaliação e ao valor que foi considerado, 40% das pesquisas utilizaram a média de 3 medidas como valor final resultante do teste de FPM, 20% utilizaram uma única medida, 20% usaram a maior de 3 medidas e o restante outras formas de cálculo.

Todos os estudos incluídos na metanálise apresentaram como resultado a média dos valores obtidos no teste de FPM. Todos os estudos descreveram resultados para a MD e 70% apresentaram resultados também para a MND.

De fato, a falta de adesão de algumas pesquisas incluídas nessa revisão, no que diz respeito as recomendações da ASHT, limitou a dez o número de estudos que estávamos dispostos a incluir na metanálise. Mas, apesar da restrição, o uso da metanálise possibilitou estabelecer valores de referência, com base em amostras de diferentes países (Brasil, EUA, Irã, Holanda, Portugal, Suécia e Dinamarca) que reuniram um total de 10727 indivíduos dos sexos feminino e masculino (Tabela 24) gerando valores para as mãos dominante e não dominante para diferentes idades no intervalo de 4 a 17 anos (Tabelas 25 e 26).

Tabela 26 – Valores das médias da capacidade de gerar FPM (kgf) para a MND nos sexos feminino e masculino

Idade (anos)	Amostra (referências)	n	Meninos média (95% CI)	Meninas média (95% CI)
4	(3, 7, 8)	214/211	5,54 (5,08-6,01)	4,75 (4,51-4,99)
5	(1, 3, 7, 8)	213/231	7,27 (6,90-7,64)	6,55 (5,91-7,19)
6	(1, 3, 7, 8)	243/237	9,24 (8,16-10,33)	7,69 (6,77-8,62)
7	(1, 3, 7, 8, 10)	377/339	10,65 (9,46-11,84)	9,92 (8,11-11,73)
8	(1, 3, 7, 8, 10)	346/337	12,45 (10,69-14,21)	10,46 (7,98-12,95)
9	(1, 3, 7, 8, 10)	364/350	14,69 (12,80-16,57)	12,81 (10,79-14,84)
10	(1, 3, 7, 8, 10)	365/344	15,95 (14,06-17,84)	14,95 (12,68-17,22)
11	(1, 3, 7, 8, 10)	364/349	19,34 (17,51-21,17)	17,51 (15,68-19,35)
12	(1, 3, 7, 8, 10)	335/342	24,14 (20,27-24,01)	20,22 (17,25-23,18)
13	(3, 8, 10)	285/293	26,19 (23,39-29,00)	22,52 (18,93-26,12)
14	(3, 8, 10)	255/275	31,18 (28,41-33,96)	24,17 (20,72-27,61)
15	(3, 10)	203/201	34,33 (31,70-36,97)	23,73 (19,72-27,75)
16	(3, 10)	215/207	37,01 (34,19-39,85)	24,48 (20,75-28,20)
17	(3, 10)	222/209	40,15 (36,92- 43,38)	24,77 (20,65-28,89)

Legenda: FPM força de prensão manual; MND mão não dominante; kgf quilograma-1 Ager *et al.*, 1984; 2 Al-Jawadi *et al.*, 2018; 3 Bohannon *et al.*, 2017; 4 Butterfield *et al.*, 2009; 5 Carreira *et al.*, 2010; 6 Häger-Ross; Rösblad, 2002; 7 Molenaar *et al.*, 2010; 8 Ploegmakers *et al.*, 2013; 9 Ramos *et al.*, 2022; 10 Rostamzadeh *et al.*, 2021.

Comparando-se o resultado do teste de FPM de uma criança ou adolescente com valores descritos nas tabelas é possível verificar se sua média de força está dentro do que é esperado para a idade e sexo. Indivíduos cuja média de força se

localiza abaixo do limite inferior do intervalo de confiança podem ser considerados debilitados.

Apesar da utilidade das tabelas, esta metanálise tem algumas limitações. A primeira é a presença de variação em alguns procedimentos adotados nos estudos metanalisados. Enquanto a inclusão foi dependente do uso do dinamômetro Jamar ou equivalente e do posicionamento do membro superior conforme recomendado pela ASHT, diferenças ainda existiram. Apesar da recomendação da ASHT para que o dinamômetro seja regulado na 2ª posição, metade dos estudos analisados usou outras regulagens. Al-Jawadi *et al.* (2018) adotou a 1ª posição, Ploegmakers *et al.*, (2013) adotaram a 1ª e 2ª e o restante utilizou a regulagem de acordo com o tamanho da mão da criança (AGER *et al.*, 1984; HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; CARREITA *et al.*, 2010). Os pesquisadores também diferiram quanto ao uso do incentivo fornecido durante o teste, Ager *et al.* (1984) e Bohannon *et al.* (2017) não adotaram incentivo.

Quanto a medida usada para descrever a força de preensão, a mais empregada foi a média de três tentativas com quatro estudos utilizando esse método (BUTTERFIELD *et al.*, 2009; MOLENAAR *et al.*, 2010; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021; RAMOS *et al.*, 2022) os demais estudos usaram medidas diversas.

Apesar de sabido que a fadiga muscular interfere na produção de força muscular (SHITORI *et al.*, 2014), 40% dos estudos analisados não mencionaram o uso de pausa para descanso entre medidas (AGER *et al.*, 1984; BUTTERFIELD *et al.*, 2009; CARREIRA *et al.*, 2010; MOLENAAR *et al.*, 2010) e os demais utilizaram tempos de pausa diversificados demonstrando haver a necessidade de direcionamento a respeito.

A segunda limitação diz respeito a fatores que podem interferir na geração de força muscular. Enquanto a análise leva em consideração idade e sexo, não leva em conta dados antropométricos como por exemplo estatura, massa corporal e dimensões das mãos, fatores que conhecidamente estão positivamente associados a capacidade de gerar FPM em crianças e adolescentes (HÄGER-ROSS; RÖSBLAD, 2002; NICOLAY; WALKER, 2005; VINASPUU; JÜRIMÄE, 2007; GERODIMUS *et al.*, 2013; PLOEGMAKERS *et al.*, 2013; IBEGBU *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014; ALKHOLY *et al.*, 2017; CHEN *et al.*, 2018; OMAR *et al.*, 2018; ROSTAMZADEH *et al.*, 2021a). Avaliações e julgamentos acerca do grau de



comprometimento de um indivíduo devem ser feitas levando-se em consideração tais fatores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### Considerações finais do primeiro estudo

Os registros de trabalhos cujo objeto de estudo seja uma população na faixa etária dos 11 aos 17 anos, bem como parâmetros de referência da evolução da capacidade de produzir FPM nessas etapas do desenvolvimento humano, são escassos na literatura. Podemos observar a carência de um protocolo padronizado para a realização do teste de FPM, o que dificultou a comparação dos resultados do presente estudo com os já realizados.

Esta pesquisa investigou a associação de medidas antropométricas da mão, massa corporal e estatura com capacidade de gerar FPM em adolescentes, e seus achados apontam para a existência de uma correlação positiva entre a capacidade de gerar força de preensão manual e medidas antropométricas, principalmente largura palmar e massa corporal total.

Partindo do pressuposto de que baixos índices na capacidade de gerar força na infância podem influenciar negativamente a saúde na idade adulta (Cohen et al, 2010) e levando-se em conta a perspectiva da saúde pública, a caracterização dessas variáveis possibilita a triagem e acompanhamento do desenvolvimento dessa população em ambiente escolar e clínico.

É importante enfatizar que o comportamento dessas variáveis pode ser influenciado por fatores culturais, sociodemográficos e étnicos dos adolescentes. Esse fato enfatiza a necessidade de caracterizar essa população e apoia a proposição de que a indústria pode usar esses dados para produzir equipamentos ergonomicamente adequados a esse público, respeitando o incremento da idade e as necessidades específicas de ambos os sexos durante a adolescência. Tais informações constituem um conhecimento importante na busca de maior eficiência e menor sobrecarga dos músculos da mão, respeitando as características e diferenças entre as idades e entre os sexos durante este período de desenvolvimento humano, minimizando assim o risco de possíveis lesões.

Sugerimos que sejam realizados estudos populacionais, com amostras representativas, que visem ao acompanhamento longitudinal do comportamento da

capacidade de gerar FPM em crianças e adolescentes e sua relação com as medidas antropométricas, em especial das mãos. É importante ressaltar a importância da realização de trabalhos que visem ao desenvolvimento e adoção de um protocolo universal, possibilitando, dessa forma, que resultados sejam comparados e que se tenha uma ideia clara sobre as reais diferenças entre populações distintas.

### **Considerações finais do segundo estudo**

Pode-se concluir que a descrição dos dados aqui analisados permitiu a organização de padrões normativos atualizados que podem servir de guia na interpretação da capacidade de produzir FPM. Sendo assim, profissionais de saúde poderão comparar os valores de crianças com desenvolvimento típico e atípico de acordo com a idade e sexo. Seu monitoramento pode ser usado na prática clínica, na investigação e acompanhamento de várias patologias durante o processo de desenvolvimento e maturação. Além de servir de guia na identificação de crianças e adolescentes com uma melhor condição física, podem ser úteis na prescrição de exercícios.

Pode-se concluir também que existem lacunas nas recomendações da ASHT, tais como o tempo de descanso entre as medidas e o uso de incentivo verbal durante o teste de FPM. Além dessas lacunas, a maioria dos estudos não seguem as recomendações da ASHT na íntegra, no que se refere ao posicionamento sentado, ombro em adução, cotovelo  $90^0$  e punho neutro; ao número de tentativas realizadas no teste de FPM e ao valor final considerado; e quanto a escolha do membro superior a ser avaliado, dominante ou não, a ASHT apenas recomenda que seja relatado em qual membro foi realizado o teste. Este fato dificulta a comparação entre estudos, gerando viés na sua realização. Sendo assim sugere-se que sejam feitas complementações nas recomendações adotadas pela ASHT e adoção de um protocolo único, a ser seguido pela comunidade científica, que permita a comparação entre os resultados das pesquisas, além de mais estudos para balizar a conduta adotada durante a avaliação da FPM.

## REFERÊNCIAS

- AERTS, D. et al. Promoção de saúde: a convergência entre as propostas da vigilância da saúde e da escola cidadã. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 1020-1028, Aug. 2004.
- AGER, C. L.; OLIVETT, B. L.; JOHNSON, C. L. Grasp and pinch strength in children 5 to 12 years old. *The American journal of occupational therapy*, v. 38, n. 2, p. 107-113, 1984.
- AFONSO, J.; GARGANTA, J. Treino da força em crianças e jovens praticantes de jogos desportivos: um imperativo para o rendimento e para a saúde. *Revista Atletismo*, n. 321, p. 34-37, 2008.
- ALEXANDRE, T. S. et al. Relação entre a força de preensão manual e dificuldade no desempenho de atividade básicas de vida diária em idosos do Município de São Paulo. *Saúde Coletiva*, v. 05, n. 24, p. 178-82. 2008.
- AL-JWADI, R. F. et al. S-25OHD is associated with hand grip strength and myopathy at 5 years in girls: an Odense child cohort study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, v. 103, n. 7, p. 2630-2639, 2018.
- ALKHOLY, W. A. S.; EL-SWAHAB, M. S. E.; ELSHENNAWY, S. Hand grip strength in relation to anthropometric measures of school children: a cross sectional study. *Annals of Medical and Health Science Research*, v. 7, p. 447-453, 2017.
- AMARAL, C. A. et al. Association of handgrip strength with self-reported diseases in adults in Rio Branco, Acre State, Brazil: a population-based study. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 31, n. 6, p. 1313–1325, jun. 2015.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. *Manual do ACSM para avaliação da aptidão física relacionada à saúde*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.
- AMERICAN SOCIETY OF HAND THERAPISTS. *Clinical assessment recommendations*. Chicago (IL): American Society of Hand Therapists; 1992.
- BARBANTI, V. J. *Teoria e prática do treinamento esportivo*. 2. ed. São Paulo: Blusher, 1997.
- BARBOSA, Amanda Matias et al. Confiabilidade e validade de um dispositivo de célula de carga para avaliação da força de preensão palmar. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 22, p. 378-385, 2015.
- BAKR, A. M. A. B; HASANEEN, B. M.; BASSIOUNI, D. A. R. H. Assessment of nutritional status in children with chronic kidney disease using hand grip strength tool. *Journal of Renal Nutrition*, v. 28, n. 4, p. 265-269, 2018.

- BARUT, Ç.; DEMIREL, P.; KIRAN, S. Evaluation of hand anthropometric measurements and grip strength in basketball, volleyball and handball players. *Anatomy*, v. 2, n. 1, 2008.
- BEAR-LEHMAN, J. et al. An exploratory look at hand strength and hand size among preschoolers. *Journal of Hand Therapy*, v. 15, n. 4, p. 340-346, 2002.
- BEUNEN, G.; THOMIS, M. Muscular strength development in children and adolescents. *Pediatric exercise science*, v. 12, n. 2, p. 174-197, 2000.
- BIM, M. A. et al. Normative values of handgrip strength in adolescents according to chronological age and sexual maturation. *Motriz: Revista de Educação Física*, v. 27, 2021.
- BLACKWELL, J. R.; KORNAZ, K. W.; HEATH E. M. Effect of grip span on maximal grip force and fatigue of flexor digitorum superficialis. *Applied Ergonomics*, Maryland Heights, v. 30, p. 401-406, 1999.
- BLAKELEY, C. E. et al. Relationship between muscle strength and dyslipidemia, serum 25 (OH) D, and weight status among diverse schoolchildren: a cross-sectional analysis. *BMC pediatrics*, v. 18, n. 1, p. 1-9, 2018.
- BOHANNON, R. W. Grip strength: a summary of studies comparing dominant and nondominant limb measurements. *Perceptual and Motor Skills*, v. 96, n. 3, p. 728–730, 1 jun. 2003.
- BOHANNON, R. W. et al. Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy*, v. 92, n. 1, p. 11-15, 2006.
- BOHANNON, R. W. Hand-grip dynamometry predicts future outcomes in aging adults. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, v. 31, n. 1, p. 3–10, 2008.
- BOHANNON, R. W. Are hand-grip and knee extension strength reflective of a common construct? *Perceptual and Motor Skills*, v. 114, n. 2, p. 514–518, abr. 2012.
- BOHANNON, R. W. et al. Handgrip strength: a population-based study of norms and age trajectories for 3-to 17-year-olds. *Pediatric Physical Therapy*, v. 29, n. 2, p. 118-123, 2017.
- BALOGUN, J. A.; AKOMOLAFE, C. T.; AMUSA, L. O. Grip strength: effects of testing posture and elbow position. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, v. 72, n. 5, p. 280-283, 1991.
- BRASIL. Companhia Brasileira de Trens Urbanos – CBTU. Edital nº 1, de 1 de junho de 2016. Concurso Público para formação de Cadastro de Reserva de pessoal. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2 jun. 2016. Seção 3, p.101.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos – ECT. Edital nº 11, de 22 de março de 2011. Concurso Público nacional para provimento de vagas e formação de cadastro de reserva em cargo/atividade de nível médio. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 23 mar. 2011. Seção 3, p.97.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Seção 1, p.12.

BRASIL. Liquigás Distribuidora S/A. Edital nº 1, de 8 de outubro de 2013. Processo Seletivo Público para preenchimento de vagas e formação de cadastro em cargo de nível fundamental incompleto. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 9 out. 2013. Seção 3, p.205.

BRASIL. Liquigás Distribuidora S/A. Edital nº 1, de 6 de agosto de 2014. Processo Seletivo Público para preenchimento de vagas e formação de cadastro em cargos de nível fundamental incompleto, de nível fundamental completo, de nível médio e de nível superior. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 7 ago. 2014. Seção 3, p.162.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: meio ambiente e saúde*. Brasília: MEC/SEF, v. 9, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Dor Relacionada ao Trabalho: lesões por esforços repetitivos (LER): distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT)*. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. - Brasília: Ministério da Saúde; 2012a.

BRASIL. Ministério da Saúde; Ministério da Educação. *Programa Saúde na Escola*. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Coordenação-Geral da Política de Alimentação e Nutrição. *Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável*. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Projeto Promoção da Saúde. *As Cartas da Promoção da Saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Políticas de Saúde, Projeto Promoção da Saúde*. – Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

BRASIL. Petrobras Transporte S.A. – TRANSPETRO. Edital nº 2, de 13 de abril de 2012. Processo Seletivo Público para preenchimento de vagas e formação de cadastro em cargos de nível superior e de nível médio. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 13 abr. 2012b. Seção 3, p.116.

- BRAGAGNOLO, R. et al. Handgrip strength and adductor pollicis muscle thickness as predictors of postoperative complications after major operations of the gastrointestinal tract. *European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, v. 6, n. 1, p. e21–e26, 1 fev. 2011.
- BRUCH, J. P. et al. Reduced hand grip strength in overweight and obese chronic hepatitis c patients. *Arquivos de Gastroenterologia*, São Paulo, v. 53, n. 1, p. 31-35, mar. 2016.
- BUCHAN, D. S. et al. Relationships between cardiorespiratory and muscular fitness with cardiometabolic risk in adolescents. *Research in Sports Medicine*, v. 23, n. 3, p. 227-239, 2015.
- BUDZIARECK, M. B.; DUARTE, R. R. P.; BARBOSA-SILVA, M. C. G. Reference values and determinants for handgrip strength in healthy subjects. *Clinical Nutrition*, v. 27, n. 3, p. 357-362, 2008.
- BURNS, J. et al. Hand involvement in children with Charcot-Marie-Tooth disease type 1A. *Neuromuscular Disorders*. v. 18, n. 12, p. 970-973, 2008.
- CAPORRINO, F. A. et al. Estudo populacional da força de preensão palmar com dinamômetro Jamar. *Revista Brasileira de Ortopedia*, p. 150-4, 1998.
- CARBONE, S. et al. Muscular strength and cardiovascular disease: an updated state-of-the-art narrative review. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention*, v. 40, n. 5, p. 302-309, 2020.
- CARREIRA, H. et al. Força da preensão da mão numa amostra de crianças dos 11 aos 14 anos. *Acta Médica Portuguesa*, v. 23, p. 811-818, 2010.
- CASEMIRO, J.; FONSECA, A. B. C.; SECCO, F. V. M. Promover saúde na escola: reflexões a partir de uma revisão sobre saúde escolar na América Latina. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 19, n. 3, p. 829-840, mar. 2014.
- CASPERSEN, C. J.; POWELL, K. E.; CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, v. 100, n.2, p.126-131, mar-apr. 1985.
- CHAN, D. C. C. et.al. Relationship between grip strength and bone mineral density in healthy Hong Kong adolescents. *Osteoporosis International*, v. 19, n. 10, p. 1485-1495, 2008.
- CHANG, H. et al. Development of an integrated digital hand grip dynamometer and norm of hand grip strength. *Bio-Medical Materials and Engineering*, v. 26, n. s1, p. 611-617, 2015.
- CHARLES, L. E. et al. Occupational and other risk factors for hand-grip strength: the Honolulu-Asia Aging Study. *Occupational and Environmental Medicine*, v. 63, n. 12, p. 820–827, dez. 2006.

CHEN, C.Y. et al. Reference values of intrinsic muscle strength of the hand of adolescents and young adults. *Journal of Hand Therapy*, v. 31, n. 3, p. 348-356, 2018.

CHEUNG, C.-L. et al. Association of handgrip strength with chronic diseases and multimorbidity. *Age*, v. 35, n. 3, p. 929–941, jun. 2013.

CHIARI, A. P. G. et al. Rede intersetorial do Programa Saúde na Escola: sujeitos, percepções e práticas. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 34, n. 5, 2018.

CICCOLO, J. T. et al. The Role of Resistance Training in the Prevention and Treatment of Chronic Disease. *American Journal of Lifestyle Medicine*, v. 4, n. 4, p. 293–308, 7 jan. 2010.

CLERKE, A. M.; CLERKE, J.P.; ADAMS, R. D. Effects of hand shape on maximal isometric grip strength and its reliability in teenagers. *Journal of Hand Therapy*, v. 18, n. 1, p. 19-29, 2005.

COHEN, D. D. et al. Handgrip strength in English schoolchildren. *Acta Paediatrica*, v. 99, n. 7, 2010. p. 1065-1072.

COLDHAM, F.; LEWIS, J.; LEE, H. The reliability of one vs. three grip trials in symptomatic and asymptomatic subjects. *Journal of Hand Therapy*, v. 19, n. 3, p. 318-327, 2006.

COOPER, R. et al. Objectively measured physical capability levels and mortality: systematic review and meta-analysis. *BMJ (Clinical research ed.)*, v. 341, p. c4467, 2010.

COUTO, A. N. et al. O ambiente escolar e as ações de promoção da saúde. *Cinergis*, Santa Cruz do Sul, v. 17, out. 2016.

CRAWFORD, S. M. *Anthropometry*. In: DOCHERTY, D., ed. *Measurement in pediatric exercise science*. British Columbia: Human Kinetics, 1996. Cap.1, p.17-86.

CRUZ, A. de F. B. da. *Manutenção da Saúde do Bombeiro Militar: a relevância da implementação de testes laboratoriais periódicos nos militares do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina*. 72f. Monografia de conclusão de Curso Superior (Tecnologia em Gestão de Emergência). Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, Florianópolis, 2009.

CUCINOTTA, D. et al. The importance of assessment of nutritional status for the extension of an independent longevity. *Archives of Gerontology and Geriatrics. Supplement*, v. 8, p. 123–128, 2002.

DAWAL, S. Z. M. et al. Anthropometric database for the learning environment of high school and university students. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, v. 18, n. 4, p. 461-472, 2012.



DHANWAL, D. K. et al. Hand grip strength and its correlation with vitamin D in Indian patients with hip fracture. *Archives of Osteoporosis*, v. 8, n. 1-2, p. 1-5, 2013.

DIAS, J. A. et al. Força de preensão palmar: métodos de avaliação e fatores que influenciam a medida. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, v. 12, n.3, p. 209-16, jun. 2010.

DIOGO, K. G. Confiabilidade de medidas de força de preensão palmar em mulheres com artrite reumatoide utilizando os dinamômetros jamar e o de bulbo. 2017.

DONGARE-BHOR, S. et al. Muscle and bone parameters in underprivileged Indian children and adolescents with T1DM. *Bone*, v. 130, p. 115074, 2020.

DONSKOY, D. D.; ZATSIORSKY, V. M. *Biomechanics: A Textbook for Institutes of Physical Culture*. Moscow: FiS, 1979.

DODDS, R. M. et al. Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. *PLoS ONE*, v. 9, n. 12, p. e113637, 4 dez. 2014.

ESTEVEZ, A. C. et al. Força de preensão, lateralidade, sexo e características antropométricas da mão de crianças em idade escolar. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, v. 7, n. 2, p. 69-75, 2005.

ESPAÑA-ROMERO, V. et al. Hand span influences optimal grip span in boys and girls aged 6 to 12 years. *The Journal of Hand Surgery*, v. 33, n. 3, p. 378-384, 2008.

FARIAS, D. L. et al. A força de preensão manual é preditora do desempenho da força muscular de membros superiores e inferiores em mulheres sedentárias. *Motricidade*, v. 8, n. 2, p. 624-629, 2012.

FERNANDES, A. de A.; MARINS, J. C. B. Teste de força de preensão manual: análise metodológica e dados normativos em atletas. *Fisioterapia em Movimento*, v. 24, n. 3, p. 567-578, set. 2011.

FERNANDES, L. F. R. M. et al. Correlações entre força de preensão manual e variáveis antropométricas da mão de jovens adultos. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 18, n. 2, p. 151-156, 2011.

FERREIRA, A. C. de C. et al. Força de preensão palmar e pinças em indivíduos saudáveis entre 6 e 19 anos. *Acta Ortopédica Brasileira*, v.19, n. 2, p. 92-97, 2011.

FESS, E. Grip strength. In: *Clinical assessment recommendations*. 2 ed. Chicago: American Society of Hand Therapists, pp 41–45, 1992.

FIGUEIREDO, I. M. et al. Teste de força de preensão utilizando o dinamômetro Jamar. *Acta Fisiátrica*, v. 14, n. 2, p. 104-110, 2007.

FLOOD, A. et al. The use of hand grip strength as a predictor of nutrition status in hospital patients. *Clinical Nutrition*, v.33, n. 1, p. 106-114, fev. 2014.

- FRASER, A. et al. Predicting normal grip strength for rheumatoid arthritis patients. *Rheumatology*, v. 38, n. 6, p. 521-528, 1999.
- FREDRIKSEN, H. Age trajectories of grip strength: cross-sectional and longitudinal data among 8,342 Danes aged 46 to 102. *Annals of Epidemiology*, v. 16, n. 7, p. 554-562, 2006.
- FUKUMORI, N. et al. Association between hand-grip strength and depressive symptoms: Locomotive syndrome and health outcomes in Aizu cohort study (LOHAS). *Age and Ageing*, p. afv013, 21 fev. 2015.
- FULLWOOD, D. Australian norms for hand and finger strength of boys and girls aged 5–12 years. *Australian occupational therapy journal*, v. 33, n. 1, p. 26-37, 1986.
- FUNDAÇÃO VALE (BRASIL). *Crescimento, desenvolvimento e maturação*. Cadernos de referência de esporte 3. Brasília: Fundação Vale, UNESCO; 2013. ISBN: 978-85-7652-157-0.
- GALE, C. R. et al. Grip strength, body composition, and mortality. *International Journal of Epidemiology*, v. 36, n. 1, p. 228–235, fev. 2007.
- GAUL, C. A. Muscular Strength and Endurance. In: DOCHERTY, D., ed. *Measurement in pediatric exercise science*. British Columbia: Human Kinetics, 1996. Cap.6, p.225-254.
- GARCIA-HERMOSO, A. et al. Normative reference values for handgrip strength in Chilean children at 8–12 years old using the empirical distribution and the lambda, mu, and sigma statistical methods. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 35, n. 1, p. 260-266, 2021.
- GAŞIOR, J. S. et al. Test–retest reliability of handgrip strength measurement in children and preadolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 17, n. 21, p. 8026, 2020.
- GERODIMOS, V.; KARANTRU, K. Reliability of maximal handgrip strength test in pre-pubertal and pubertal wrestlers. *Pediatric Exercise Science*, n. 25, p.308-322, 2013.
- GIL, S. et al. Muscle strength and muscle mass as predictors of hospital length of stay in patients with moderate to severe COVID-19: a prospective observational study. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 2021.
- GOMES, G. A. O. et al. Physical performance and number of falls in older adult fallers. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v. 13, n. 5, p. 430–437, out. 2009.
- GÓMEZ-CAMPOS, R. et al. Normative data for handgrip strength in children and adolescents in the Maule Region, Chile: Evaluation based on chronological and biological age. *PloS one*, v. 13, n. 8, p. e0201033, 2018.

GRECO, G. Treino de força, crianças e adolescentes. *EFDesportes.com*, Revista Digital. Buenos Aires. Ano 15, n. 149, out. 2010.

GÜNTHER, C. M. et al. Grip strength in healthy caucasian adults: reference values. *The Journal of hand surgery*, v. 33, n. 4, p. 558-565, 2008.

GUO, C. B. et al. Hand grip strength: an indicator of nutritional state and the mix of postoperative complications in patients with oral and maxillofacial cancers. *The British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*, v. 34, n. 4, p. 325–327, ago. 1996.

GUTIÉRREZ, F. G. Conceptos y clasificación de las capacidades físicas. *Cuerpo, Cultura y Movimiento*, v. 1, n. 1, p. 77-86. 2011.

HÄGER-ROSS, C.; RÖSBLAD, B. Norms for grip strength in children aged 4-16 years. *Acta Paediatrica*, v.91, p. 617-625, 2002.

HALL, S. J. *Biomecânica Básica*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

HAMER, M. M; MOLLOY, G. J. Association of C-reactive protein and muscle strength in the English Longitudinal Study of Ageing. *Age (Dordr)*, v. 31, n. 3, p. 171-7, 2009.

HEPPING, A. M. et al. The influence of hand preference on grip strength in children and adolescents; a cross-sectional study of 2284 children and adolescents. *PLoS one*, v. 10, n. 11, p. e0143476, 2015.

HILLMAN, T. E. et al. A practical posture for hand grip dynamometry in the clinical setting. *Clinical Nutrition*, v. 24, n. 2, p. 224-228, 2005.

HOGREL, J.Y. Grip strength measured by high precision dynamometry in healthy subjects from 5 to 80 years. *BMC musculoskeletal disorders*, v. 16, n. 1, p. 1-12, 2015.

HSIAO, S. Concurrent design method for developing a new product. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 29, n. 1, p. 41-55, 2002.

IBEGBU, A. O. et al. Evaluation of the relationship between handgrip strength with some anthropometries among Nigerian secondary school students. *The Anthropologist*, v. 17, n. 3, p. 921-927, 2014.

INNES, E. V. Handgrip strength testing: a review of the literature. *Australian Occupational Therapy Journal*, v. 46, n. 3, p. 120-140, 1999.

ISAK. International Standards for Anthropometric Assessment. The International Society for the Advancement of Kinanthropometry. 2001.

IQBAL, Z. A.; ALGHADIR, A. H. Cumulative trauma disorders: A review. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, v. 30, n. 4, p. 663-666, 2017.

KAPANDJI, A. I. *Fisiologia articular: esquemas comentados de mecânica humana*, v. 1: 1. ombro, 2. cotovelo, 3. prono-supinação, 4. punho, 5. mão. 5 ed., São Paulo: Panamericana; Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

KARDUNA, A. R. Introduction to Biomechanical Analysis. In: *Kinesiology: Mechanics and Pathomechanics of Motion*, Edited by: Carol Oatis, Publisher: Lippincott Williams and Wilkins, 2nd edition, 2009. p. 18.

KENJLE, K. et al. Grip strength as an index for assessment of nutritional status of children aged 6-10 years. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*, v. 51, p. 87-92, 2005.

KERR, A. et al. Does admission grip strength predict length of stay in hospitalised older patients? *Age and Ageing*, v. 35, n. 1, p. 82-84, 1 jan. 2006.

KOCHER, M. H. et al. Allometric grip strength norms for children of Hawaiian lineage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 31, n. 10, p. 2794-2807, 2017.

KOCHER, M. H. et al. Allometric grip strength norms for American children. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 33, n. 8, p. 2251-2261, 2019.

KONG, Y.K.; KIM, D.M. The relationship between hand anthropometrics, total grip strength and individual finger force for various handle shapes. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, v. 21, n. 2, p. 187-192, 2015.

LAM, K. K. W. et al. An integrated experiential training programme with coaching to promote physical activity, and reduce fatigue among children with cancer: A randomised controlled trial. *Patient education and counseling*, v. 101, n. 11, p. 1947-1956, 2018.

LAURELL, A. C. A. Saúde-doença como processo social. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, v. 84, p. 131-157, 1976.

LEONG, D. P. et al. Reference ranges of handgrip strength from 125,462 healthy adults in 21 countries: a prospective urban rural epidemiologic (PURE) study. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, v. 7, n. 5, p. 535-546, dez. 2016.

LOHMAN, T.G.; ROCHE, A.F.; MARTORELL, R. *Anthropometric standardization reference manual*. Human Kinetics, Champaign; 1998.

LOPEZ, M. G. et al. Hand grip dynamometry references by height ranges in pediatric and adolescent age. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, v. 37, n. 4, p. 135-139, 2017.

LOOKER, A. C.; WANG, C.-Y. Prevalence of reduced muscle strength in older U.S. adults: United States, 2011-2012. *NCHS data brief*, n. 179, p. 1-8, jan. 2015.

LUSTOSA, Lygia Paccini et al. Concurrent validity of handgrip strength between the jamar and bulb dynamometers in women with rheumatoid arthritis. *Fisioterapia em Movimento*, v. 33, 2020.

MALINA, R. M., BOUCHARD, C., BAR-OR, O. Crescimento, maturação e atividade física. São Paulo: Phorte; 2009.

MALINA, R. M. *Exercise and Growth: Physical Activity as a Factor in Growth and Maturation*. Human Growth and Development. San Diego, CA: Academic Press, 2002. p. 321-348.

MALEKI-GHAHFAROKHI, A. et al. Influences of gender, hand dominance, and anthropometric characteristics on different types of pinch strength: A partial least squares (PLS) approach. *Applied Ergonomics*, v. 79, p. 9-16, 2019.

MAMASSIAN, P. Prehension of objects oriented in three-dimensional space. *Experimental Brain Research*, v. 114, n. 2, p. 235-245, 1997.

MASSY-WESTROPP, N. M. et al. Hand grip strength: age and gender stratified normative data in a population-based study. *BMC Research Notes*, v. 4, n. 1, p. 127, 14 abr. 2011.

MATHIOWETZ, V. et al. Reliability and validity of grip and pinch strength evaluations. *The Journal of hand surgery*, v. 9, n. 2, p. 222-226, 1984.

MATHIOWETZ, V.; WIEMER, D. M.; FEDERMAN, S. M. Grip and pinch strength: norms for 6-to 19-year-olds. *American Journal of Occupational Therapy*, v. 40, n. 10, p. 705-711, 1986.

MATOS, L. C.; TAVARES, M. M.; AMARAL, T. F. Handgrip strength as a hospital admission nutritional risk screening method. *European Journal of Clinical Nutrition*, v. 61, n. 9, p. 1128–1135, set. 2007.

MATSUDO, S. M. M.; MATSUDO, V. K. Self-assessment and physician assessment of maturation in brazilian boys and girls: concordance and reproducibility. *American Journal of Human Biology*. V. 6, n. 6, p. 451-455, 1994.

MARTINEZ, B. P.; CAMELIER, F. W. R.; CAMELIER, A. A. Sarcopenia em idosos: um estudo de revisão. *Revista Pesquisa em Fisioterapia*, v. 4, n. 1, p. 62-70, 2014.

METTER, E. J. et al. Skeletal muscle as a predictor of all cause of mortality in man. *Journal of Gerontology: Biological Sciences*, v. 57A, n. 10, p. B359-B365, 2002.

MINAYO, M. C. S. *A saúde em estado de choque*. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo, 1992.

MCDOWELL, T. W. et al. Effects of handle size and shape on measured grip strength. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 42, n. 2, p. 199-205, 2012.

MCQUIDDY, V. A. et al. Normative values for grip and pinch strength for 6-to 19-year-olds. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 96, n. 9, p. 1627-1633, 2015.

MINAS GERAIS. Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA. Edital nº 016/17. Concurso Público para provimento de vagas e formação de cadastro de reserva. *Diário Oficial [do] Estado de Minas Gerais, 09 mai. 2017. Diário do Executivo, Caderno 1, p. 32.*

MONTEIRO, W. D. Força Muscular: Uma abordagem fisiológica em função do sexo, idade e treinamento. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*. Laboratório de Fisiologia do Exercício. Núcleo do Instituto de Ciências da Atividade Física-NULCAF/Aeronáutica. v. 2, n. 2, p. 50-66, 1997.

MORAES, P. W. T.; BASTOS A. V. B. As LER/DORT e os fatores psicossociais. *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, Rio de Janeiro, v. 65, n. 1, jun. 2013. Disponível em: <[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1809-52672013000100002&lng=pt&nrm=iso](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-52672013000100002&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 11 abr. 2015.

MOREIRA, D. et al. Abordagem sobre preensão palmar utilizando o dinamômetro Jamar®: uma revisão de literatura. *Rev. Bras. Ciênc. Mov.*, v. 11, n.2, p. 95-99, 2003.

MORTATTI, A. L.; ARRUDA, M. de. Análise do efeito do treinamento e da maturação sexual sobre o somatotipo de jovens futebolistas. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, v. 9, n. 1, p. 84-91, 2007.

MOLENAAR, H. M. et al. Growth diagrams for grip strength in children. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*, v. 468, n. 1, p. 217-223, 2010.

MOURA, P. M. de LS.; MOREIRA, D.; CAIXETA, A. P. L. Força de preensão palmar em crianças e adolescentes saudáveis. *Revista Paulista de Pediatria*, v. 26, n. 3, p. 290-294, 2008.

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

NAPIER, J. R. *A mão do homem: Anatomia, função, evolução*. Rio de Janeiro: Zahar, 1983. 182 p.

NAPIER, J. R. The prehensile movements of the human hand. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. British Volume, v. 38-B, n. 4, p. 902–913, nov. 1956.

NICOLAY, C. W.; WALKER, A. L. Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 35, n. 7, p. 605-618, 2005.

OVIEDO-TRESPALACIOS, O. et al. Hand anthropometric study in northern Colombia. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, v. 23, n. 4, p. 472-480, 2017.

OMAR, M. T. et al. Hand grip strength and dexterity function in children aged 6-12 years: A cross-sectional study. *Journal of Hand Therapy*, v. 31, n. 1, p. 93-101, 2018.

ÖZDIRENÇ, M.; BIBEROGLU, S.; ÖZCAN, A. Evaluation of physical fitness in patients with Type 2 diabetes mellitus. *Diabetes Research and Clinical Practice*, v.60, n. 3, p. 171-176, 2003.

PALMA, A. Educação Física, corpo e saúde: uma reflexão sobre outros 'modos de olhar'. *Revista Brasileira de Ciência do Esporte*, Brasília, v. 22, n. 2, p. 23-39, jan. 2001.

PALMA, A. Tensões e possibilidades nas interações entre educação física, saúde e sociedade. In: WACHS, F.; LARA, L.; ATHAYDE, P. *Ciências do Esporte, Educação Física e Produção do Conhecimento em 40 Anos de CBCE. Atividade Física e saúde*. Natal: Edufrn, p.15-27, 2020.

PARK, S. W. et al. Accelerated loss of skeletal muscle strength in older adults with type 2 diabetes: the health, aging, and body composition study. *Diabetes Care*, v. 30, n. 6, p. 1507–1512, jun. 2007.

PENNINX, B. W. J. H. et al. Anemia is associated with disability and decreased physical performance and muscle strength in the elderly. *Journal of the American Geriatrics Society*, v. 52, n. 5, p. 719–724, maio 2004.

PETERS, M. J. H. et al. Revised normative values for grip strength with the Jamar dynamometer. *Journal of the Peripheral Nervous System*, v. 16, n. 1, p. 47-50, 2011.

PETERSON, M. D. et al. Low normalized grip strength is a biomarker for cardiometabolic disease and physical disabilities among U.S. and Chinese adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, v. 72, n. 11, p. 1525–1531, 12 out. 2017.

PETERSON, M. D. et al. Muscle weakness thresholds for prediction of diabetes in adults. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, v. 46, n. 5, p. 619–628, maio 2016.

PETERSON, M. D. et al. Strength capacity and cardiometabolic risk clustering in adolescents. *Pediatrics*, v. 133, n. 4, p. e896-e903, 2014.

PINHO, M. et al. Lesões músculo-esqueléticas relacionadas com as atividades desportivas em crianças e adolescentes: Uma revisão das questões emergentes. *Motricidade*, v.9, n. 1, p. 31-49, 2013.

PINTO, V. C. M. et al. Relationship between skeletal age, hormonal markers and physical capacity in adolescents. *Journal of Human Growth and Development*, v. 27, n. 1, p. 77-83, 2017.

PIZZATO, T. M. et al. Longitudinal assessment of grip strength using bulb dynamometer in Duchenne Muscular Dystrophy. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, v.18, n. 3, p. 245-251, 2014.

PLOEGMAKERS, J. J. W. et al. Grip strength is strongly associated with height, weight and gender in childhood: a cross sectional study of 2241 children and adolescents providing reference values. *Journal of Physiotherapy*, v. 59, n. 4, p. 255-261, 2013.

- RAMOS, M. et al. Association of handgrip strength with anthropometry of a Brazilian healthy adolescent sample. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, p. 1-8, 2022.
- RASCH, P. J.; BURKE, R. K. *Cinesiologia e anatomia aplicada*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1977. p. 229-232.
- RAUCH, F. et al. Muscle analysis by measurement of maximal isometric grip force: new reference data and clinical applications in pediatrics. *Pediatric Research*, v. 51, n. 4, p. 505-510, 2002.
- RAMÍREZ-VÉLEZ, R. et al. Normative reference values for handgrip strength in Colombian schoolchildren: the FUPRECOL study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 31, n. 1, p. 217-226, 2017.
- RANTANEN, T. et al. Midlife hand grip strength as a predictor of old age disability. *JAMA*, v. 281, n. 6, p. 558–560, 10 fev. 1999.
- RÉ, A. H. N. Crescimento, maturação e desenvolvimento na infância e adolescência: Implicações para o esporte. *Motricidade*, v. 7, n. 3, p. 55-67, 2011.
- REIS, M. M.; ARANTES, P. M.M. Medida de força de preensão manual: validade e confiabilidade do dinamômetro Saehan. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 18, n. 2, p. 176-181, 2011.
- RIBEIRO, L. H. M.; NERI, A. L. Physical exercise, muscle strength and the day-to-day activities of elderly women. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, n. 8, p. 2169–2180, ago. 2012.
- RICHARDS, L.; PALMITER-THOMAS, P. Grip strength measurement: a critical review of tools, methods, and clinical utility. *Critical Reviews™ in Physical and Rehabilitation Medicine*, v. 8, p.87-109, 1996.
- RICHARDS, L.; OLSON, B.; PALMITER-THOMAS, P. How forearm position affects grip strength. *The American Journal of Occupational Therapy*, v. 50, n. 2, p. 133-138, 1996.
- RIO DE JANEIRO. Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro - CBMERJ. Edital nº 1/2014. Concurso Público para provimento de vagas no cargo de soldado combatente e formação de cadastro de reservas. *Diário Oficial [do] Estado do Rio de Janeiro* nº 056, 27 mar. 2014.
- ROBERTS, H. C. et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age and Ageing*, v. 40, n. 4, p. 423–429, 7 jan. 2011.
- ROBERTS, Helen C. et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age and ageing*, v. 40, n. 4, p. 423-429, 2011



- ROMÁN, P. Á. L. et al. Handgrip strength is associated with anthropometrics variables and sex in preschool children: A cross sectional study providing reference values. *Physical Therapy in Sport*, v. 26, p. 1-6, 2017.
- ROSTAMZADEH, S. et al. Analysis of hand-forearm anthropometric components in assessing handgrip and pinch strengths of school-aged children and adolescents: a partial least squares (PLS) approach. *BMC pediatrics*, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2021a.
- ROSTAMZADEH, S. et al. Normative data for handgrip strength in Iranian healthy children and adolescents aged 7–18 years: comparison with international norms. *Italian Journal of Pediatrics*, v. 47, n. 1, p. 1-9, 2021b.
- RUAS, G. et al. Relationship of muscle strength with activities of daily living and quality of life in individuals with chronic obstructive pulmonary disease. *Fisioterapia em Movimento*, v. 29, n. 1, p. 79-86, 2016.
- RUIZ-RUIZ, J. et al. Hand size influences optimal grip span in women but not in men. *The Journal of Hand Surgery*, v. 27, n. 5, p. 897-901, 2002.
- RUIZ-RUIZ, J. et al. Hand span influences optimal grip span in male and female teenagers. *The Journal of Hand Surgery*, v. 31, n. 8, p. 1367-1372, 2006.
- SAINT-MAURICE, P. F. et al. Establishing normative reference values for handgrip among Hungarian youth. *Research quarterly for exercise and sport*, v. 86, n. sup1, p. S29-S36, 2015.
- SANDE, L. P. et al. Effect of musculoskeletal disorders on prehension strength. *Applied Ergonomics*, v. 32, n. 6, p. 609–616, dez. 2001.
- SANTOS JÚNIOR, C. et al. Efeito do treinamento isométrico específico de pegada em atletas de jiu-jitsu. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*, v. 17, n. 1, p. 19-26, 2018.
- SARTORIO, A. et al. The impact of gender, body dimension and body composition on hand-grip strength in healthy children. *Journal of endocrinological investigation*, v. 25, p. 431-435, 2002.
- SASAKI, H. et al. Grip strength predicts cause-specific mortality in middle-aged and elderly persons. *The American Journal of Medicine*, v. 120, n. 4, p. 337–342, abr. 2007.
- SAYER, A. A.; KIRKWOOD, T. B. L. Grip strength and mortality: a biomarker of ageing? *The Lancet*, v. 386, n. 9990, p. 226–227, 18 jul. 2015.
- SCHAAP, L. A. et al. Grip strength measurement: Towards a standardized approach in sarcopenia research and practice. *European Geriatric Medicine*, v. 7, n. 3, p. 247-255, 2016.
- SCHLÜSSEL, M. M.; ANJOS, L. A.; KAC, G. Hand grip strength test and its use in nutritional assessment. *Revista de Nutrição*, v. 21, n. 2, p. 233–235, abr. 2008.

SCHNEIDER, P.; RODRIGUES, L. A.; MEYER, F. Dinamometria computadorizada como metodologia de avaliação da força muscular de meninos e meninas em diferentes estágios de maturidade. *Revista Paulista de Educação Física*, v. 16, n. 1, p. 35-42, 2002.

SEGRE, M.; FERRAZ, F. C. O conceito de saúde. *Revista de Saúde Pública*, v. 31, n. 5, p. 538-542, 1997.

SERRANO, M. et al. Dinamometría en niños y jóvenes de entre 6 y 18 años: valores de referencia, asociación con tamaño y composición corporal. In: *Anales de pediatría*. Elsevier Doyma, 2009. p. 340-348.

SHAHIDA, M.S.N.; ZAWIAH, M.D.S.; CASE, K. The relationship between anthropometry and hand grip strength among elderly Malaysians. *International Journal of Industrial Ergonomics*, v. 50, p. 17-25, 2015.

SHECHTMAN, O.; SINDHU, B. S. *ASHT's Clinical Assessment Recommendations*. Grip Strength. Chicago, IL: ASHT, 2015.

SHIRATORI, Ana Paula et al. Protocolos de avaliação da força de preensão manual em indivíduos com artrite reumatoide: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Reumatologia*, v. 54, p. 140-147, 2014.

SILVA, C. et al. Handgrip strength and nutrition status in hospitalized pediatric patients. *Nutrition in Clinical Practice*, v. 29, n. 3, p. 380-385, 2014.

SILVA, S. L. A. et al. Fenótipo de fragilidade: influência de cada item na determinação da fragilidade em idosos comunitários – Rede Fibra. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 2,1 n. 11, p. 3483-3492, nov. 2016.

SOSTISSO, C. F. et al. Handgrip strength as an instrument for assessing the risk of malnutrition and inflammation in hemodialysis patients. *Brazilian Journal of Nephrology*, v. 42, p. 429-436, 2020.

SOUZA, N. S. S.; SANTANA, V. S. Incidência cumulativa anual de doenças musculoesqueléticas incapacitantes relacionadas ao trabalho em uma área urbana do Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 27, p. 2124-2134, 2011.

SOUZA, M. A. et al. Normative data for hand grip strength in healthy children measured with a bulb dynamometer: a cross-sectional study. *Physiotherapy*, v. 100, n. 4, p. 313-318, 2014.

STERNÄNG, O. et al. Factors associated with grip strength decline in older adults. *Age and Ageing*, v. 44, n. 2, p. 269–274, 3 jan. 2015.

STENHOLM, S. et al. Long-term determinants of muscle strength decline: prospective evidence from the 22-year mini-Finland follow-up survey. *Journal of the American Geriatrics Society*, v. 60, n. 1, p. 77–85, jan. 2012.

SVENSSON, E.; WALING, K.; HÄGER-HÖSS, C. Grip strength in children: test-retest reliability using Grippit. *Acta Paediatrica*, v.97, n. 9, p. 1226-1231, 2008.

SYDDALL, H. et al. Is grip strength a useful single marker of frailty? *Age and Ageing*, v. 32, n. 6, p. 650–656, nov. 2003.

TAJIKI, T. et al. Relationship between grip, pinch strengths and anthropometric variables, types of pitch throwing among Japanese high school baseball pitchers. *Asian Journal of Sports Medicine*, v. 6, n. 1, mar. 2015.

TAYLOR, N. F.; DODD, K. J.; GRAHAM, H. K. Test-retest reliability of hand-held dynamometric strength testing in young people with cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 85, n.1, p. 77-80, 2004.

TENBROCK, K. et al. Analysis of muscle strength and bone structure in children with renal disease. *Pediatric Nephrology*, v. 14, n. 7, p. 669-672, 2000.

TOONG, Tiffany et al. Grip strength in youth ice hockey players: normative values and predictors of performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, v. 32, n. 12, p. 3494-3502, 2018.

TRAJKOVIĆ, N. et al. Normative data for handgrip strength in Serbian children measured with a bulb dynamometer. *Journal of Hand Therapy*, v. 34, n. 3, p. 479-487, 2021.

TROSCLAIR, D. et al. Hand-grip strength as a predictor of muscular strength and endurance. *Journal of Strength and Conditional Research*, v. 25, p. S99, 2011.

TYLER, H.; ADAMS, J.; ELLIS, B. What can handgrip strength tell the therapist about hand function? *The British Journal of Hand Therapy*, v. 10, n. 1, p. 4-9, 2005.

VAIDYA, S. M.; NARIYA, D. M. Handgrip strength as a predictor of muscular strength and endurance: a cross-sectional study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, v. 15, n. 1, p. 1-4, 2021.

VAN DEN BELD, W. et al. Validity and reproducibility of the Jamar dynamometer in children aged 4-11 years. *Disability and Rehabilitation*, v. 28, n.21, p.1303-1309, 2006.

VISNAPUU, M.; JÜRIMÄE, T. Handgrip strength and hand dimensions in young handball and basketball players. *Journal of strength and conditioning research*, v. 21, n. 3, p. 923, 2007.

VIRTUOSO, J. F. et al. Força de preensão manual e aptidões físicas: um estudo preditivo com idosos ativos. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, v. 17, n. 4, p. 775–784, dez. 2014.

WANDER, P. L. et al. Greater hand-grip strength predicts a lower risk of developing type 2 diabetes over 10 years in leaner Japanese Americans. *Diabetes Research and Clinical Practice*, v. 92, n. 2, p. 261–264, maio 2011.

WELLS, G. D. et al. Physiological correlates of pulmonary function in children with cystic fibrosis. *Pediatric pulmonology*, v. 49, n. 9, p. 878-884, 2014.

WEN, J. et al. Hand anthropometry and its relation to grip/pinch strength in children aged 5 to 13 years. *Journal of International Medical Research*, v. 48, n. 12, p. 0300060520970768, 2020.

WIND, A. E. et al. Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults? *European Journal of Pediatrics*, v. 169, n. 3, p. 281-287, 2010.

YIM, S. Y.; CHO, J. R.; LEE, I. Y. Normative data and developmental characteristics of hand function for elementary school children in Suwon area of Korea: grip, pinch and dexterity study. *Journal of Korean Medical Science*, v. 18, n. 4, p. 552-558, 2003.

ZAUNER, C. W.; MAKSUD, M. I. G.; MELICHNA, J. Physiological considerations in training young athletes. *Sports Me*, v. 8, n. 1, p. 15-31, 1989.

**APÊNDICE A – Artigo publicado na International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**

- <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.2021713>

## Association of handgrip strength with anthropometry of a Brazilian healthy adolescent sample

Marcia Ramos<sup>1,2</sup>, Liszt Palmeira<sup>3</sup>, Tainá Oliveira<sup>1,2</sup>, Rogério Melo<sup>1,2</sup>, Camila Lopes<sup>2</sup>, Igor Carvalho<sup>2</sup>, Daniel Chagas<sup>1,2</sup>, Luiz Alberto Batista<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências do Exercício e do Esporte. Rio de Janeiro State University, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, 20550-900, RJ, Brazil.

<sup>2</sup> Biomechanics Laboratory of Motor Behaviour, Rio de Janeiro State University, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, 20550-900, RJ, Brazil.

<sup>3</sup> Programa de Pós-graduação em Ciências Médicas, Rio de Janeiro State University, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, 20550-900, RJ, Brazil.

### ABSTRACT

The importance of dynamometric and anthropometric information for the industry is known, however few studies have investigated the relationship between anthropometry and handgrip strength (HGS) in adolescents. The aim of the present study was to investigate the association of anthropometric variables with the level of HGS production in adolescents. Participants were 541 adolescents aged 12 to 16 years from a public school in the city of Rio de Janeiro. The behavior of the following variables was examined: the ability to generate HGS, age, total body mass, height and hand dimensions (hand width, hand span, hand length). The results showed an increase in the ability to generate HGS in adolescence and a significant difference between the genders from 13 years old, where boys generated higher HGS values.

---

<sup>1</sup> Corresponding author. Marcia Ramos, Biomechanics Laboratory of Motor Behaviour, Rio de Janeiro State University, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã, 20550-900, RJ, Brazil.  
E-mail address: [mbarroca.mar@gmail.com](mailto:mbarroca.mar@gmail.com) (M. Ramos)

Correlations between HGS and total body mass and the hand width stood out in both genders, indicating a greater association.

**Keywords:** Handgrip, Strength, Hand anthropometry, Adolescent

## 1. Background

The ability to produce strength through muscle action is an important component of an individual's physical fitness, the status of this ability is an effective indicator of their health condition [1]. However, the correct use of this capacity is also an important factor, since the inadequacy in the application of muscle strength, even in daily actions such as lifting, transporting or handling tools and other objects can result in the installation of different types of injuries in body structures [2]. There is evidence that the inappropriate use of muscle strength is usually associated with musculoskeletal disorders caused by cumulative trauma [3] and the maximum strength decreases progressively as disorder severity increases [4].

The evolution of this type of injury can result in the establishment of a significant number of inflammatory diseases of the musculoskeletal system, which are referred to as disorders that tend to affect muscles, nerves, joints, intervertebral discs, cartilage, tendons and ligaments with both punctual and regular or chronic manifestations [5].

According to Malina, Bouchard and Bar-Or [6], the natural improvement in the ability to produce strength through muscle action accompanies child growth and development, and evidence indicates that there is an important variability in the level of this ability in adolescents of the same age group [7]. This variability is explained by changes in the behavior of different variables, especially those related to the hormonal, neurological and muscular states of individuals [8]. It is also known that the period of childhood and adolescence is marked by accelerated body growth, with an important rate of change in body dimensions [8], an event known as growth spurt [9]. Apparently, body growth tends to directly impact the ability to generate muscle strength [8], the performance of motor tasks and, consequently, the way children and adolescents relate to the physical environment in which they live [10]. It follows from this that decisions made in the projection of goods and services for this audience should take into account a pre-knowledge about the current conditions involved in the

generation and application of muscle strength, so that products intended for them are suitable for the typical handling model, with ensured functionality, the preservation of users health [11], the quality and competitiveness of these products in the consumer market [12]. In this study, we focus our attention on the ability to generate handgrip strength.

The measure of handgrip strength (HGS) has been shown to be highly correlated with total muscle strength in children and adolescents and has excellent criterion validity and reliability [13]. Handgrip strength (HGS) consists of the result of a biodynamic action produced by the hands, which are important efferent components of the human body structure, once its capacity to act on the components of the physical environment is high. In the literature and clinical practice, different procedures are used to measure the ability to generate muscle strength and among them, the Handgrip Strength Test is pointed out by the European Working Group on Sarcopenia in Older People as being the one that best provides knowledge of the general condition of an individual's ability to produce muscle strength [14]. In the specific case of children and adolescents, the HGS test, already validated as a method of evaluating nutritional evolution [15], is a good screening test, which, together with others, can help in the early identification of a series of diseases and injuries that reduce the ability to generate strength in children and adolescents [16]. It is noteworthy that identifying changes in this variable during childhood can help prevent disease and maintain health into adulthood [17].

The association of the ability to produce HGS with important health outcomes has been reported in previous pediatric studies. Children affected by metabolic diseases [18-20], neuromuscular [21], oncological [21] cardiorespiratory [22, 23] terminal illnesses [24] among others, have a low capacity to produce HGS, which may even compromise the ability to manipulate objects.

HGS is used in routine assessments aimed at understanding the functional and motor status of children's hands [14, 16, 25] acting in the adopted therapeutic approach and monitoring the evolution of the treatment of possible affections [26]. Furthermore, HGS can be considered as a potential health biomarker, which, as it is non-invasive, can be used in clinical practice and in health screening of children and adolescents in different places [27, 28].

However, when addressed the thematic motor function of the hand, it is necessary to take into account the evidence that the anthropometric configurations of

this body segment are directly related to the ability to generate HGS in both adults [11, 29-31] and adolescents [7, 32, 33].

In the case of adult individuals, there is a body of evidence that proves the existence of an important correlation between anthropometric measurements of hands and HGS [29, 34]. In specific terms, McDowell *et al.* [30] demonstrated a positive association of hand length with handle size in the production of maximum HGS. Thus, for this population, it is possible to estimate, with a reasonable margin of certainty, the maximum value of the ability to produce HGS based on anthropometric measurements [27]. Nicolay and Walker [34] argue that hand dimensions are better predictors of HGS than other measures that are also possible to be used, such as total body mass and height. According to Kong and Kim [35], increasingly, anthropometry plays an important role in ergonomics, where data about body dimensions in populations are used to optimize products. In this perspective, measurements that describe a general dimension of the hand, including the length, width and hand span, can be considered the most significant anthropometric measurements in handling products or projecting tools [36].

Unfortunately, with regard to children and adolescents, information about this relationship remains scarce, although cross-sectional studies carried out in recent years have investigated the behavior of HGS with a focus on the association of body dimensions with the ability to generate strength in that population [14, 25, 27, 37].

The foregoing indicates that accurate information about anthropometric data can effectively serve as a basis both for the standardization of research procedures aimed at the study of the ability to produce HGS [38] and the proposition of how to apply it, effectively and efficiently, in the performance of different motor tasks [2].

Taking into account the existing information gap on the relationship between HGS and the dimensions of the hand and understanding that there are morphological differences resulting from age, ethnic, regional and cultural factors, the anthropometric and dynamometric data of Brazilian adolescents will provide important information that can be used by designers in the development of ergonomically adequate and safe products and equipment [2, 27] for this Brazilian segment.

The aim of the study was to investigate the association of anthropometric variables with the level of production of HGS in adolescents, in order to meet the



needs of the industry in the design of products, devices and equipment intended for use by Brazilian adolescents.

## **2. Material and methods**

### **2.1. Subjects**

This cross-sectional study was conducted on 554 students that accepted the invitation to participate in the study. The final sample comprised 541 adolescents (280 boys and 261 girls) aged 12 to 16 years. A 95% confidence level and a 2.66% margin of error were adopted. Data were collected in two sessions with a 15-day interval between them and the data were collected by the same team.

The Research Ethics Committee of the Pedro Ernesto University Hospital/UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brazil (Opinion 1.675.569), approved all study procedures and the legal guardians for the adolescents signed an informed consent form, consenting their participation.

After data collection, information of thirteen students was excluded from the sample for presenting one or more items of the exclusion criteria, namely: history of trauma or motor abnormalities in the upper limbs [27, 39], functional limitation or medical diagnosis that could influence the ability to generate HGS [7]. Upper limbs' surgical history was considered as a history of trauma, the use of controlled medication was evaluated by a medical report existing at the school, and the existence of deformity in the upper limb was considered as functional limitation. Data exclusions were made after the end of the collection sessions to avoid embarrassment to the volunteers.

### **2.2. Anthropometric measurements**

In the first session, anamneses were taken from participants, aiming to qualify them and identify the dominant hand of each one. Hand dominance was determined based on the assumption of the writing hand [17, 27, 28, 37, 40]. After anamnesis, anthropometric data were collected from the volunteers. Anthropometric data of total body mass and height were measured according to the protocols described in the Anthropometric Standardization Reference Manual [41]. The hand

length, hand span and hand width were the three dimensions measured in the dominant hand. The hand length understood as the distance between the line of the styloid process of the ulna and the distal end of the 3rd finger [7, 17, 35, 41], was measured by means of a segmometer, with the participant keeping the forearm and the hand supported on a horizontal and regular surface, with the forearm in supination [42]. Anthropometric variables were also measured according to the procedures described by Lohman et al. [41]. For hand span, which consists of the distance between the tip of the thumb and the tip of the little finger, with the hand as wide as possible [40], we used the protocol proposed by Matute-Llorente et al. [43] (Figure 1A). For hand width, the distance between the outer edges of the 2nd and 5th metacarpal bones was considered [32, 34, 35, 40] (Figure 1B).

To measure the hand span and the hand width we used the Palmar Escolar Segmometer<sup>®</sup>, which was designed and produced by the team at the Biomechanics and Motor Behavior Laboratory of the University of the State of Rio de Janeiro (LABICOM/UERJ) (Figure 1).

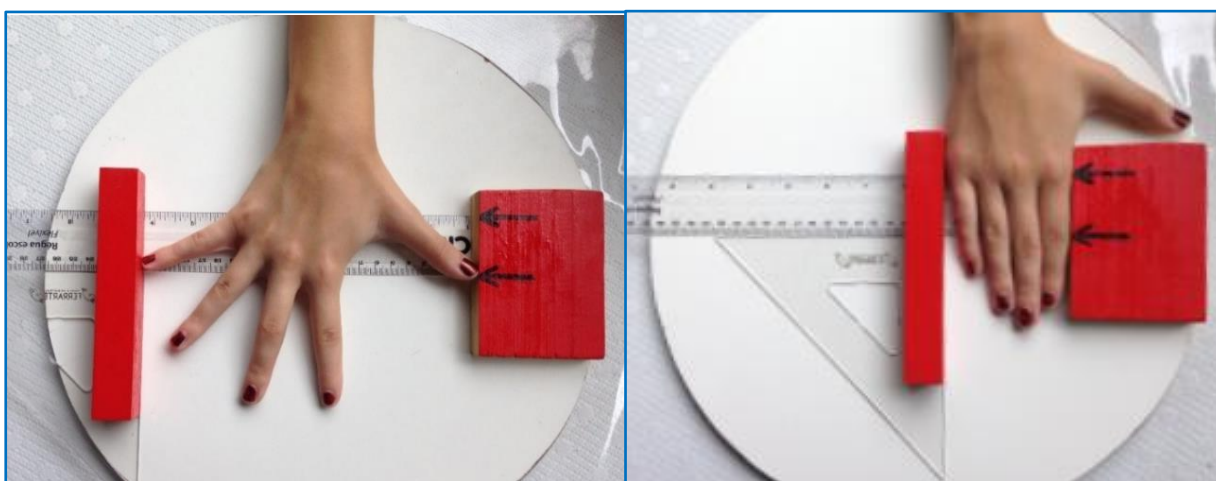


Figure 1. Size of the hand span (A) and the hand width (B) using the PALMAR ESCOLAR SEGMOMETER<sup>®</sup>

### 2.3. Hand grip strength measurements

In the second collection session, HGS data (kgf) of the dominant hand were obtained. Students were tested with the JAMAR<sup>®</sup> hydraulic dynamometer (Sammons Preston Rolyan, USA) set at the 2nd position [27, 28, 37, 39, 44] following the protocols recommended by the American Society of Hand Therapists (ASHT) [45]. The Jamar<sup>®</sup> hydraulic dynamometer is a reliable instrument to measure HGS in

adolescents [44]. This equipment is recommended by ASHT to measure the ability to generate HGS, being considered the "gold standard" and for that reason it has been widely used in research on handgrip in children and adolescents [14, 17, 19, 26, 39, 40, 44].

During the test, each subject remained seated with the spine straight, knee flexed at 90°, the shoulder in anatomical position, the elbow flexed at 90°, with the forearm in a neutral position aligned with the wrist, also in a neutral position, the angle varying from 0 to 30° degrees of extension. After the researcher demonstrated the procedure, participants were encouraged to use their maximum strength [7, 26-29, 32, 39, 40, 44] for three seconds [27, 29, 44, 45]. Each participant made three attempts, with an interval of 15 seconds between them, in order to minimize possible effects of muscle fatigue [46]. The average of three consecutive measurements is the most frequently used method for grip strength assessment [27, 28, 39, 40, 44]. Despite the reliability of a single measure or maximum value, this study chose to use the average of three consecutive measures in the statistical analysis as recommended by the American Society of Hand Therapists [47] in view of the high reliability found for this method [44].

#### 2.4. Statistical analysis

The statistical analysis was run using the SPSS V.22 statistical software. Mean and standard deviation (SD) were calculated for HGS, total body mass, height, hand length, hand width and hand span. The sample was stratified by age with 1 year of increment. Adherence tests were performed using the Shapiro-Wilk test as a reference [48]. Then, the Student *t*-test or Mann-Whitney *U* test were applied to compare the ability to generate HGS between the genders within the age group. Pearson correlation was used to determine the degree of association of the ability to generate HGS with the variables gender, age and anthropometric measures. In cases where the data did not fit a normal distribution, the Spearman test was adopted. Results were considered significant at  $p < 0.05$ .

### 3. Results

#### 3.1. Sample characteristics

All participants completed the measurement steps. The mean values of the ability to generate HGS obtained are listed in Table 1 and the results stratified by gender and age, in Table 2. Anthropometric characteristics of the sample and the respective comparisons between the genders are presented in Table 3.

**Table 1**

Values of Hand Grip Strength (kgf) of the dominant hand stratified by gener.

n boys	n girls	boys (mean $\pm$ SD)	girls (mean $\pm$ SD)	Dif. %
280	261	32.8 $\pm$ 8.2*	26.7 $\pm$ 5.5	22.8%

\* Significant difference from girls at the 0.05 level.

Notes: dif.% = percentage difference between genders; kgf = kilogram force; SD = standard deviation.

**Table 2**

Values of Hand Grip Strength (kgf) of the dominant hand stratified by age and gender.

age	boys		dif. %	girls	
	mean (DP)	min-max		mean (DP)	min-max
12	27.4 $\pm$ 5.6	15.3–45.0	-	26.2 $\pm$ 5.9 45.0	15.3– 45.0
13	29.0 $\pm$ 7.0*	12.6–40.0	11.2%	26.1 $\pm$ 5.3 40.0	12.6– 40.0
14	31.5 $\pm$ 7.5*	15.3–44.7	18.4%	26.6 $\pm$ 5.3 44.7	15.3– 44.7
15	35.2 $\pm$ 7.2*	16.0–40.0	26.6%	27.8 $\pm$ 5.5 40.0	16.0– 40.0
16	39.1 $\pm$ 8.5*	17.0–43.0	44.3%	27.1 $\pm$ 6.1 43.0	17.0– 43.0

\* Significant difference from girls at the 0.05 level.

Notes: dif.% = percentage difference between genders; kgf = kilogram force; SD = standard deviation.

**Table 3**

Anthropometric characteristics stratified by age and gender (mean  $\pm$  standard deviation).

Age (yr)		n	body height (cm)	body mass (kg)	hand (cm)		
					width	length	span
12	boys	25	159.2 $\pm$ 8.6	49.9 $\pm$ 14.4	7.9 $\pm$ 0.6 *	18.0 $\pm$ 1.1	20.5 $\pm$ 1.3 *
	girls	36	156.9 $\pm$ 4.8	52.2 $\pm$ 11.9	7.6 $\pm$ 0.4	17.7 $\pm$ 0.8	19.8 $\pm$ 1.0
13	boys	54	163.0 $\pm$ 7.5 *	53.2 $\pm$ 13.7	8.2 $\pm$ 0.5 *	18.6 $\pm$ 1.1*	20.8 $\pm$ 1.4 *
	girls	64	159.5 $\pm$ 6.1	54.7 $\pm$ 10.9	7.7 $\pm$ 0.4	17.8 $\pm$ 0.8	19.9 $\pm$ 1.2
14	boys	83	166.7 $\pm$ 8.3 *	55.2 $\pm$ 11.2	8.3 $\pm$ 0.5 *	18.7 $\pm$ 1.2*	21.2 $\pm$ 1.6 *
	girls	70	159.5 $\pm$ 6.7	57.7 $\pm$ 12.4	7.7 $\pm$ 0.5	17.7 $\pm$ 1.0	19.8 $\pm$ 1.3
15	boys	76	170.3 $\pm$ 7.1 *	61.8 $\pm$ 12.8	8.4 $\pm$ 0.4 *	19.1 $\pm$ 1.0*	21.7 $\pm$ 1.1 *
	girls	56	161.5 $\pm$ 7.1	58.9 $\pm$ 11.7	7.7 $\pm$ 0.4	17.8 $\pm$ 1.2	20.2 $\pm$ 1.4
16	boys	42	171.9 $\pm$ 6.5 *	65.9 $\pm$ 11.8*	8.5 $\pm$ 0.4 *	19.2 $\pm$ 1.0*	22.2 $\pm$ 1.4 *
	girls	35	158.7 $\pm$ 6.2	57.1 $\pm$ 15.3	7.6 $\pm$ 0.5	17.6 $\pm$ 1.0	19.8 $\pm$ 1.1

\* Significant difference from girls at the 0.05 level (2-tailed).

Note: cm = centimeter; Kg = kilogram; yr = year.

### 3.2. Comparison between the genders

The results evidenced a significant difference in the ability to generate HGS and in anthropometry between the genders, where all anthropometric measurements, except total body mass, were significantly higher in boys compared to girls ( $p < 0.05$ ) from 13 to 16 years (Table 3).

Data confirm the premise that the ability to produce HGS increases with age, with no difference between the genders at 12 years old and a progression for boys from 13 years old onwards (Table 2, Figure 2).

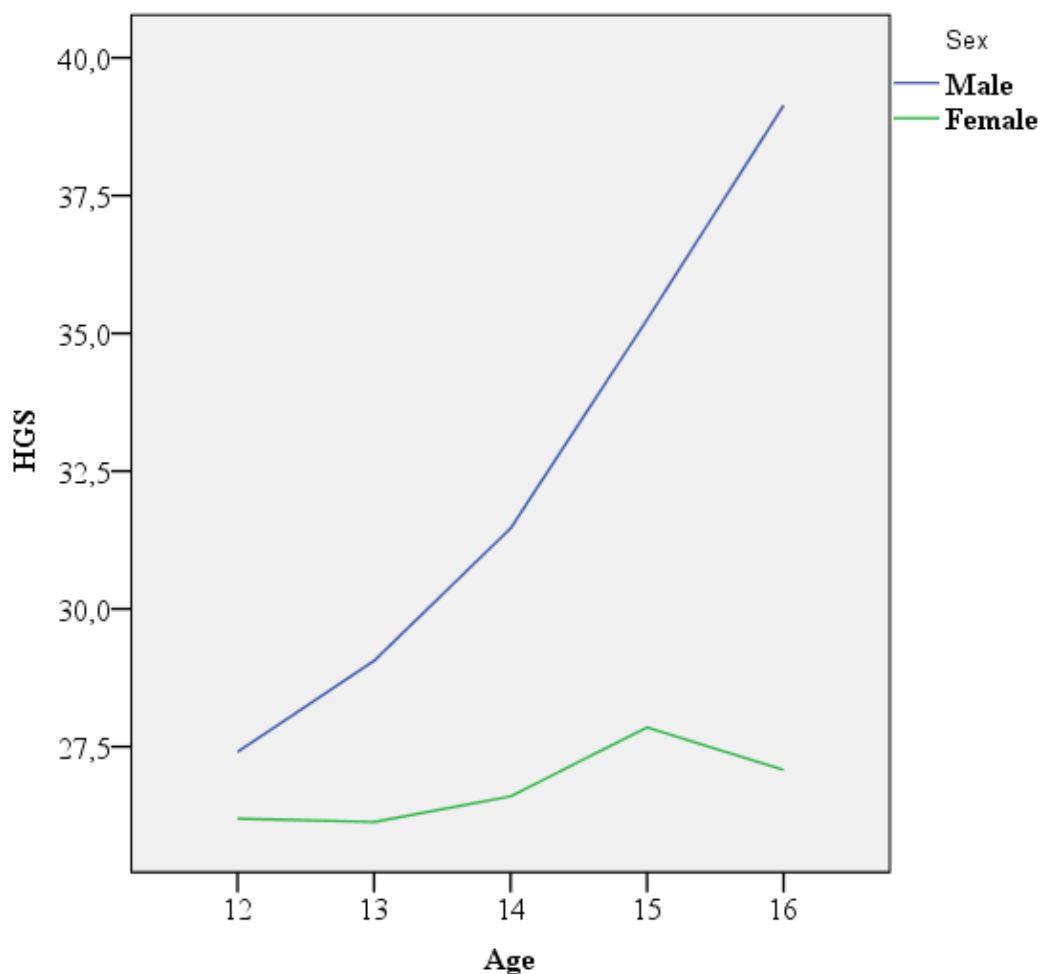


Figure 2. Values of Hand Grip Strength (in kilogram-force) of the dominant hand in boys (n = 280) and girls (n = 261) according to age.

### 3.3. Association of HGS with anthropometric variables

Considering the whole sample, there was a positive correlation between the ability to produce HGS and all the anthropometric variables studied, however the measurements of hand width and height stood out with the highest correlations with the dominant hand (Table 4). When the sample was stratified by gender, hand width continued to show a higher level of association with HGS than the other variables in the female and male strata. Total body mass was the 2nd item with the greatest significance of association with HGS in boys (Table 4).

**Table 4**

Correlation coefficient (r) of Hand Grip Strength with anthropometric variables.

	n	age	body mass	body height	hand		
					width	length	span
All	541	0.308**	0.444**	0.538**	0.603**	0.484**	0.524**
Gender							
Boys	280	0.427**	0.568**	0.505**	0.570**	0.465**	0.530**
Age							
12	25		0.667**	0.572**	0.664**	0.439*	0.468*
13	54		0.440**	0.365**	0.538**	0.421**	0.450**
14	83		0.484**	0.355**	0.479**	0.398**	0.362**
15	76		0.497**	0.373**	0.466**	0.354**	0.565**
16	42		0.465**	0.465**	0.646**	0.493**	0.495**
Girls	261	0.101	0.292**	0.303**	0.404**	0.224**	0.212**
Age							
12	36		0.148	-0.100	0.302	0.125	0.111
13	64		0.363**	0.401**	0.578**	0.123	0.222
14	70		0.431**	0.329**	0.473**	0.303*	0.248*
15	56		0.197	0.217	0.294*	0.183	0.231
16	35		0.180	0.518**	0.284	0.397*	0.138

\* Correlation is significant at 0.05 level (2-tailed).

\*\* Correlation is significant at 0.01 level (2-tailed).

When the sample was stratified by gender and age, the female group showed no association of HGS with the anthropometric variables studied at age 12 (Table 4). From 13 to 15 years of age, hand width showed a higher level of association with HGS than the other variables (Tables 4). In the group of boys, variables were associated at all ages examined, highlighting in this context the association with hand width (Table 4).

#### 4. Discussion

The objective of this study was to investigate the association of anthropometric variables of the hand with the level of HGS production in adolescents, in the expectation that the results will contribute to the manufacturing industry, assisting in the design and development of ergonomic products suitable to the characteristics of the adolescent consumer market.

The sample was stratified by gender and age and positive correlations were detected between the ability to generate HGS and the chronological age variable in

both genders. The results of the HGS test obtained in this study suggest that the ability to generate HGS accompanies the progression of chronological age in both genders, which is in agreement with previous studies (7, 26, 28, 32, 33, 37, 39, 45, 49-51).

The findings show that the values obtained in the HGS test, for both genders, at 12, 13 and 14 years old (Table 2) are higher than those obtained by Esteves et al. [38] in adolescents of the same age (boys =  $20.5 \pm 4.3$ ,  $22.5 \pm 4.6$ ,  $30.4 \pm 8.5$ kgf; girls =  $19.4 \pm 3.8$ ,  $21.0 \pm 4.1$ ,  $24.5 \pm 5.1$ kgf). This difference in the magnitude of the force generated may be due to the difference in the measurement of hand width and hand length between the adolescents examined, once greater values of total hand length were obtained (Table2) and for hand width of the subjects of 12, 13 and 14 years old, in both genders (Table2), than those obtained by Esteves et al. [38].

HGS test results of Häger-Ross and Rösblad [7] were inferior to those obtained in the present study for both genders at 12 and 13 years old. Cohen et al. [49] obtained higher results in boys at 15 years of age, Carreira et al. [14] in both genders at 14 years of age and McQuiddy et al. [51] in girls aged 16. However, the divergence in the results may be due to the different protocols and instruments used in the tests performed by the authors and by the racial, sociodemographic and cultural differences between the populations studied [7, 14, 26, 27, 36].

In this study, the Jamar<sup>®</sup> hydraulic dynamometer was used, the same instrument adopted by Carreira et al. [14] and Mcquiddy et al. [51]. Molenaar et al. [39] and Cohen et al. [49] also used hydraulic dynamometers, however from the Lode and Grip A brands, respectively. Häger-Ross and Rösblad [7] and Esteves et al. [38] used strain gauge dynamometers, with an operating principle based on load cells. This evidenced that different equipments can produce heterogeneous results among the examined samples.

With regard to the dynamometer use protocol, the present study used the position suggested by ASHT, as well as Carreira et al. [14], Rostamzadeh et al. [28].and Molenaar et al. [39]. Häger-Ross and Rösblad [7] also followed the ASH's position, but with the arm supported on a support. Cohen et al. [49] used a different protocol that consisted of the individual standing with the upper limb extended along the body. Esteves et al. [38] positioned the volunteer seated with the forearm supinated and supported on a table with the shoulder flexed at 90° angle. As for the adjustment of the handle position, the present study, in line with Molenaar et al. [39]



and Rostamzadeh et al. [28], used the set at second handle position as recommended by ASHT. Carreira et al. [14], Cohen et al. [49] and Esteves et al. [38] regulated the handle position span according to the child's hand size, and Häger-Ross and Rösblad [7] used a smaller handle, adapted to children's hand size. Given the above, there seems to be no unanimous position and regulation protocol for taking these measures in adolescents.

In this sense, such aspects confirm the need to adopt a uniform protocol, to be followed by the scientific community, which allows a comparison between the results of the studies.

Regarding the use of measures, data from the present study are based on the average of three measurements in the HGS test, in the same way as Molenaar et al. [39] and Rostamzadeh et al. [28]. However, there is no consensus in the literature with respect to the number of measurements in the test execution, as there is a suspicion that the number of trials influences the ability to generate HGS. Alkholy et al. [32], Carreira et al. [14], Esteves et al. [38], Gerodimus et al. [40] and Häger-Ross and Rösblad [7] used the highest value of three trials, Ramírez-Vélez et al. [45] the average score of two trials and Cohen et al. [49] the highest of two trials.

In the investigations reported, when a significant difference was detected between the genders, boys were shown to be more capable of generating HGS than girls of the same age. Some studies conducted with children and adolescents of different nationalities reported a greater capacity to generate HGS in boys at all ages investigated [14, 28, 38, 49, 51]. In contrast, other authors [25] found no significant difference between the genders at any of the ages examined.

In the present study, no significant difference was found between the genders at 11 and 12 years of age, a result that differs from the findings by Esteves et al. [38] and Häger-Ross and Rösblad [7] and Rostamzadeh et al. [28] who observed a significant difference from the age of 11. Moura et al. [52] reported a significant difference from the age of 12. Although the data obtained in the present investigation point to a superiority in the ability to generate HGS in favor of boys only from 13 years of age, which is in agreement with the results of Ramírez-Vélez et al. [45], at 14 years of age, the gain in the ability to generate HGS accelerates and reaches maximum values at 16 years of age (Figure 2). Similar results were registered by Cohen et al. [49] in children aged 10 to 16 and by Visnapuu and Jürimäe [53] in young handball and basketball players aged 10 to 17. These results may be a

consequence of the increase in the hormone testosterone in boys in this age group, which induces sexual maturation and muscle mass gain [6]. Such facts can contribute to the increase in the capacity to generate muscle strength and, consequently, HGS.

In girls, the increase in the ability to generate HGS is modest and occurs at around 12 years of age, when the growth spurt begins and later menarche [54]. Carreira et al. [14], Molenaar et al. [39], Cohen et al. [49] and McQuiddy et al. [51] reported similar results. When the results were analyzed taking into account individuals of the same gender, it was observed that the HGS values found in the present study are higher than those described in the previously mentioned studies [7, 14, 25, 39, 49, 51] at 12 and 13 years old in both. When the results were analyzed taking into account individuals of the same gender. Nevertheless, from the age of 14, this behavior seems to change, as suggested by Häger-Ross and Rösblad [7]. The authors found better results than the present study in both genders, from 14 to 16 years old. Cohen et al. [49] also obtained higher results in boys at 15 years of age, Carreira et al. [14] in both genders at 14 years of age and McQuiddy et al. [51] in girls aged 16. This divergence of results may be explained by ethnic, regional and cultural differences between populations and supports the proposition that the industry needs data that characterize the adolescents in focus, in this case Brazilians, because this population constitutes an important share in the current globalized consumer market.

Hand size is a determinant variable of the biomechanical configuration related to the motor action that generates handgrip and, as a consequence, of the ability to generate HGS [55]. The present research, like a significant part of the studies found in the reviewed literature, directly examined the association of anthropometric measures with HGS. However, some studies used anthropometric measurements of the hand to classify them according to shape [35, 42] and size [38] and related this classification to the ability to generate HGS, which made it difficult to compare with results found here.

The results of the present study showed important correlations between the ability to generate HGS with hand width ( $r = 0.603$ ,  $p < 0.05$ ) and with hand length ( $r = 0.484$ ,  $p < 0.05$ ), however the total body mass ( $r = 0.447$ ,  $p < 0.05$ ) stood out as the second item with the greatest significance in the male group when the sample was stratified by gender. Nicolay and Walker [34] found similar results in young North American adults aged 18 to 33 years. The strong correlation between HGS and hand

width ( $r = 0.82$ ,  $p < 0.05$ ) and hand length ( $r = 0.74$ ,  $p < 0.05$ ) found by these authors suggests that, among the anthropometric measures studied by the authors, the hand width can be considered the best predictor of the ability to generate HGS in young adults. The similarity of these results with that of the present study suggests that the behavior of hand width tends to remain with the passage to adulthood, possibly indicating the importance of using this variable in the elaboration of ergonomically designed equipment for both adolescents and young adults.

In the group of girls investigated here, there was also emphasis on the existence of a correlation between HGS and hand width, indicating the importance of this variable in the ability to generate strength among girls. These results are supported by findings from previous pediatric studies, which showed that anthropometric variables, hand width [19, 33, 34, 40], hand length [7, 19, 27, 33, 40], body mass and height [7, 16, 19, 25, 27, 32, 33, 37, 40, 53] are directly associated with HGS.

Probably, the aforementioned information can collaborate with the industry in the design and dimensioning of better-quality products that suit the needs of adolescent consumers [12]. In this perspective, Rostamzadeh et al. [27] and Oviedo-Trespalacios et al. [36] comments that hand measurements can be used as a design criterion for making hand tools or equipment ergonomically designed according to the user dimensions. These ergonomically designed equipments should maximize the efficiency of use, minimizing the energy expenditure of the hand and upper limb complexes, thus reducing fatigue levels and possible risks of injury in the region [56].

According to Peterson et al. [13], a report on measures of fitness and health outcomes in young people was published recommending including hand strength work as a measure of musculoskeletal fitness. Strength is a common outcome measure in clinical practice when it comes to therapy and manual development [57].

The HGS measure can be used as an important reference in assessing levels of impairment in adolescents with different types of hand dysfunction, to monitor the evolution and response to interventions over time, and to compare the scores of adolescents in different clinical settings [16].

Therefore, the assessment of hand function is an important part of the assessment of children and adolescents with a variety of disorders, such as trauma, congenital and neurological disorders. Investigating the state of the hand strength is important to recognize the level of development and degree of disability; specify the

effectiveness of rehabilitation and assess the functional integrity of the upper limbs; and compare the scores of typical and atypical children according to age, gender, race/ethnicity and body measurements [16]

The present study analyzed the level of association of hand width and HGS, with a significant positive correlation between these variables. However, in the analyzed literature, reports of studies that dealt with the topic are scarce. Some authors have investigated the relationship between hand width and the adjustment of the manual dynamometer grip span to generate the maximum HGS in adults [58], children and adolescents [58, 59]. However, these investigations did not directly analyze the association of hand span and HGS, nor did they provide data that would make it possible to compare their results with those of the present study.

In this study, the fact of the sample was small and consisted of adolescents from a single environment, with urban characteristics, was considered as a limitation in this study, limiting its external validity and thus its transposition to the Brazilian population. As this is a cross-sectional study, data were collected punctually, when the ideal is to measure the same group of children several times over time, thus monitoring their development. Information on sports activities carried out outside the school environment was not collected, thus making it impossible to compare the results between practitioners and non-practitioners of sports.

## **5. Conclusion**

This research investigated the association of anthropometric measurements of the hand, body mass and height with the ability to generate HGS in adolescents, and its findings point to the existence of a positive correlation between handgrip strength and anthropometric measurements, especially palm width and total body mass.

The characterization of these variables enables the organization and development of healthier environments, as well as the development of sports equipment, information technology and handling for the use by adolescents, which respect the specific needs of this population.

It is important to emphasize that the behavior of these variables can be influenced by cultural, sociodemographic and ethnic factors of adolescents. This emphasizes the need to characterize this population and supports the proposition that the industry can use this data to produce equipment ergonomically suited to the

target audience, respecting the increase in age and the specific needs of both genders during adolescence. Such information constitutes important knowledge in the search for greater efficiency and less overload of hand muscles, respecting the characteristics and differences between the ages and between the genders during this period of human development, thus minimizing the risk of possible injuries.

The findings of this study can help organize and develop environments, sports equipment, information technology devices, tools, handling equipment or personal protection in different ways intended for the use of female and male adolescents. Based on the results presented, greater concern is expected in the manufacture of equipment with specific adaptations aimed at the use of adolescents of both genders and in the search for greater efficiency and less burden on the muscles of the hands. Additionally, the information described can be used for comparison with anthropometric and manual dynamometry values already described in previous studies carried out with the same age group and as a basis for comparison in future research. It is worth emphasizing the importance of carrying out new studies that adopt a universal protocol for collecting these variables and for using them in statistical analysis. These procedures will allow the development of future studies using the same research strategies so that their results can be compared. It is believed, that this way, it will be possible to have a better idea of the real differences between different populations.

#### **Declaration of competing interest**

The authors declare that there are no conflicts of interest to disclose.

#### **ACKNOWLEDGMENT**

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

#### **REFERENCES**

- [1] Wind AE, Takken T, Helders PJM, Engelbert RHH. Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults? *Eur J Pediatr.* 2010;169(3):281-7. doi:10.1007/s00431-009-1010-4.
- [2] Maleki-Ghahfarokhi A, Dianat I, Feizi H, Asghari-Jafarabadi M. Influences of gender, hand dominance, and anthropometric characteristics on different types of

pinch strength: A partial least squares (PLS) approach. *Appl Ergon.* 2019;79:9–16. doi: 10.1016/j.apergo.2019.04.002.

[3] Iqbal ZA, Alghadir AH. Cumulative trauma disorders: A review. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2017;3;30(4):663-666. doi: 10.3233/BMR-150266. PMID: 28453448.

[4] Carbone S, Kirkman DL, Garten RS, Rodriguez-Miguel P, Artero E G, Lee D-C, Lavie CJ. Muscular strength and cardiovascular disease: an updated state-of-the-art narrative review. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2020;40(5):302–9. doi:10.1097/HCR.0000000000000525.

[5] Pinho M, Vaz MA, Arezes PM, Campos JC, Magalhães AP. Lesões musculoesqueléticas relacionadas com as atividades desportivas em crianças e adolescentes: uma revisão das questões emergentes. *Motricidade.* 2013;9(1):31–49. doi.org/10.6063/motricidade.9(1).2461.

[6] Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Crescimento, Maturação e Atividade Física. São Paulo: Phorte; 2009.

[7] Häger-Ross C, Rösblad B. Norms for grip strength in children aged 4-16 years. *Acta Paediatr.* 2002;9:617-25. doi:10.1111/j.1651-2227.2002.tb03290.x.

[8] Ré AHN. Crescimento, maturação e desenvolvimento na infância e adolescência: implicações para o esporte. *Motricidade.* 2011;7(3):55-67. doi:10.6063/motricidade.103

[9] Pinto VCM, Santos PGMD, Dantas MP, Araújo JPF, Cabral SAT, Cabral BGAT. Relationship between skeletal age, hormonal markers and physical capacity in adolescents. *J Hum Growth Dev.* 2017;27(1):17-83. doi:10.7322/jhgd.127658.

[10] Fundação Vale (Brazil). Crescimento, desenvolvimento e maturação. Cadernos de referência de esporte 3. Brasília: Fundação Vale, UNESCO; 2013. ISBN: 978-85-7652-157-0.

[11] Fernandes LFRM, Bertonecello D, Pinheiro NM, Drumond L. Correlações entre força de preensão manual e variáveis antropométricas da mão de jovens adultos. *Fisioter Pesqui.* 2011;18(2):151-6. doi:10.1590/S1809-29502011000200009.

[12] Hsiao SW. Concurrent design method for developing a new product. *Int J Ind Ergon.* 2002;29(1):41-55. doi:10.1016/S0169-8141(01)00048-8.

[13] Peterson MD, Saltarelli WA, Visich PS, Gordon PM. Strength capacity and cardiometabolic risk clustering in adolescents. *Pediatrics.* 2014;133(4):e896– 903. doi:10.1542/peds.2013-3169.

[14] Carreira H, Amaral TF, Brás-Silva C, Oliveira BMPM, Borges N. Força da preensão da mão numa amostra de crianças dos 11 aos 14 anos. **Acta Méd Port.** 2010;23(5):811-8. doi:hdl.handle.net/10216/26092.

- [15] Sostisso, CF, Olikszechen M, Sato MN, Oliveira MASC, Karam S. Handgrip strength as an instrument for assessing the risk of malnutrition and inflammation in hemodialysis patients. *Braz J Nephrol.* 2020; 42(4):429-436. doi:10.1590/2175-8239JBN-2019-0177.
- [16] Omar MTA, Alghadir AH, Zafar H, Al BS. Hand grip strength and dexterity function in children aged 6-12 years: a cross-sectional study. *J Hand Ther.* 2018;31(1):93–101. doi:10.1016/j.jht.2017.02.004.
- [17] Hogrel JY. Grip strength measured by high precision dynamometry in healthy subjects from 5 to 80 years. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015;16(1):1-12. doi:10.1186/s12891-015-0612-4.
- [18] Dongare-Bhor S, Lohiya N, Maheshwari A, Ekbote V, Chisarnkar S, Padidela R, Mughal Z, Khadilkar V, Khadilkar A. Muscle and bone parameters in underprivileged Indian children and adolescents with T1DM. *Bone.* 2020;130:115074. doi:10.1016/j.bone.2019.115074.
- [19] Silva C, Amaral TF, Silva D, Oliveira BMPM, Guerra A. Handgrip strength and nutrition status in hospitalized pediatric patients. *Nutr Clin Pract.* 2014;29(3):380-5. doi:10.1177/0884533614528985.
- [20] Blakeley CE, Van Rompay MI, Schultz NS, Scheck JM. Relationship between muscle strength and dyslipidemia, serum 25 (OH) D, and weight status among diverse schoolchildren: a cross-sectional analysis. *BMC Pediatr.* 2018; 18(1):23. doi: 10.1186/s12887-018-0998-x.
- [21] Pizzato TM, Baptista CRJA, Souza MA, Benedicto MMB, Martinez EZ, Mattiello-Sverzut AC. Longitudinal assessment of grip strength using bulb dynamometer in Duchenne Muscular Dystrophy. *Braz J Phys Ther.* 2014;18(3):245-51. doi:10.1590/bjpt-rbf.2014.0031.
- [22] Well GD, Wilkes DL, Schneiderman JE, Thompson S, Coates AL, Ratjen F. Physiological correlates of pulmonary function in children with cystic fibrosis. *Pediatr Pulmonol.* 2014;49(9):878-84. doi:10.1002/ppul.22928.
- [23] Buchan DS, Boddy LM, Young JD, Cooper S-M, Noakes TD, Mahoney C, Shields JPH, Baker JS. Relationships between cardiorespiratory and muscular fitness with cardiometabolic risk in adolescents. *Res Sport Med.* 2015;23(3):227–39. doi:10.1080/15438627.2015.1040914.
- [24] Bakr AMAEB, Hasaneen BM, Bassiouni DAHB. Assessment of nutritional status in children with chronic kidney disease using hand grip strength tool. *J Ren Nutr.* 2018;28(4):265-9. doi:10.1053/j.jrn.2017.12.007.
- [25] Chen C-Y, McGee CW, Rich TL, Prudente CN, Gillick BT. Reference values of intrinsic muscle strength of the hand of adolescents and young adults. *J Hand Ther.* 2018;31(3):348–56. doi:10.1016/j.jht.2017.05.012.

- [26] Souza MA, Baptista CRJA, Benedicto MMB, Pizzato TM, Mattiello-Sverzut, AC. Normative data for hand grip strength in healthy children measured with a bulb dynamometer: a cross-sectional study. *Physiotherapy*. 2014;100(4):313-8. **doi:**10.1016/j.physio.2013.11.004.
- [27] Rostamzadeh S, Saremi M, Vosoughi S, Bradtmiller B, Janani L, Farshad AA, Taheri F. Analysis of hand-forearm anthropometric components in assessing handgrip and pinch strengths of school-aged children and adolescents: a partial least squares (PLS) approach. *BMC Pediatr*. 2021;21(1):1-2. **doi:**10.1186/s12887-020-02468-0.
- [28] Rostamzadeh S, Saremi M, Abouhossein A, Vosoughi S, Molenbroek JFM. Normative data for handgrip strength in Iranian healthy children and adolescents aged 7–18 years: comparison with international norms. *Ital J Pediatr*. 2021;47:164. **doi:**10.1186/s13052-021-01113-5.
- [29] Chang H, Chen CH, Huang TS, Tai CY. Development of an integrated digital hand grip dynamometer and norm of hand grip strength. *Biomed Mater Eng*. 2015;26:S611-S617. **doi:**10.3233/BME-151352.
- [30] McDowell TW, Wimer BM, Welcome DE, Warren C, Dong R. Effects of handle size and shape on measured grip strength. *Int J Ind Ergon*. 2012;42:199-205. **doi:**10.1016/j.ergon.2012.01.004.
- [31] Shahida N, Zawiah S, Case K. The relationship between anthropometry and hand grip strength among elderly Malaysians. *Int J Ind Ergon*. 2015;50:17-25. **doi:**10.1016/j.ergon.2015.09.006.
- [32] Alkholy WAS, El-Wahab MSE, Elshennawy S. Hand grip strength in relation to anthropometric measures of school children: a cross sectional study. *Ann Mil Health Sci Res*. 2017;7:447-53.
- [33] Ibegbu AO, Baita MB, Hamman WO, Emmanuel UU, Musa SA. Evaluation of the relationship between handgrip strength with some anthropometries among Nigerian secondary school students. *Anthropologist*. 2014;17(3):921-7. **doi:**10.1080/09720073.2014.11891508.
- [34] Nicolay CW, Walker AL. Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *Int J Ind Ergon*. 2005;35:605-18. **doi:**10.1016/j.ergon.2005.01.007.
- [35] Kong Y, Kim D. The relationship between hand anthropometrics, total grip strength and individual finger force for various handle shapes. *Int J Occup Saf Ergon*. 2015;21(2):187-92. **doi:**10.1080/10803548.2015.1029726.
- [36] Oviedo-Trespalacios O, Buelvas LM, Hernández J, Escobar J. Hand anthropometric study of Northern Colombia. *Int J Occup Saf Ergon*. 2017;23(4):472-80. **doi:**10.1080/10803548.2016.1217653.



- [37] Ploegmakers JJW, Hepping AM, Geertzen JHB, Bulstra SK, Stevens M. Grip strength is strongly associated with height, weight and gender in childhood: a cross sectional study of 2241 children and adolescents providing reference values. *J Physiother.* 2013;59(4):255-61. doi:10.1016/S1836-9553(13)70202-9.
- [38] Esteves AC, Reis DC, Caldeira RM, Leite RM, Moro ARP, Borges Junior NG. Força de preensão, lateralidade, sexo e características antropométricas da mão de crianças em idade escolar. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2005;7(2):69-75.
- [39] Molenaar HM, Selles RW, Zuidam JM, Willemsen SP, Stam HJ, Hovius SER. Growth diagrams for grip strength in children. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:217-23. doi:10.1007/s11999-009-0881-z.
- [40] Gerodimus V, Karatrantou K, Dipla K, Zafeiridis A, Tsiakaras N, Sotiriadis S. Age-related differences in peak handgrip strength between wrestlers and nonathletes during the developmental years. *J Strength Cond Res.* 2013;27:616-23. doi:10.1519/JSC.0b013e318257812e.
- [41] Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric standardization reference manual. Human Kinetics, Champaign; 1998.
- [42] Clerke AM, Clerke JP, Adams RD. Effects of hand shape on maximal isometric grip strength and its reliability in teenagers. *J Hand Ther.* 2005;18:19-29. doi:10.1197/j.jht.2004.10.007.
- [43] Matute-Llorente Á, González-Agüero A, Vicente-Rodríguez G, Casajús JA. Hand span influences optimal grip span in adolescents with Down syndrome. *Nutr Hosp.* 2017;34(3):626-631. doi:10.20960/nh.612.
- [44] Gaşior JS, Pawłowski M, Jeleń PJ, Rameckers EA, Williams CA, Makuch R, Werner B. Test–retest reliability of handgrip strength measurement in children and preadolescents. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(21):8026. doi:10.3390/ijerph17218026.
- [45] Ramírez-Vélez R, Morales O, Peña-Ibagon JC, Palacios-López A, Prieto-Benavides DH, Vivas A, et al. Normative reference values for handgrip strength in Colombian schoolchildren: The fuprecol study. *J Strength Cond Res.* 2017;31:217-26. doi:10.1519/JSC.0000000000001459.
- [46] Trossman PB, Li PW. The effect of the duration of intertrial rest periods on isometric grip strength performance in young adults. *OTJR.* 1989;9(6):362-378. doi:10.1177/153944928900900604.
- [47] American Society of Hand Therapists. Clinical assessment recommendations. Chicago (IL): American Society of Hand Therapists; 1992.
- [48] Ghasemi A, Zahediasl S. Normality tests for statistical analysis: a guide for non-statisticians. *Int J Endocrinol Metab.* 2012;10(2):486-9. doi:10.5812/ijem.3505.

- [49] Cohen DD, Voss C, Taylor MJD, Stasinopoulos DM, Delextrat A, Sandercock GRH. Handgrip strength in English schoolchildren. *Acta Paediatr.* 2010;99:1065-72. **doi:**10.1111/j.1651-2227.2010.01723.x.
- [50] Mathiowetz V, Wiemer DM, Federman SM. Grip and pinch strength norms for 6 to 19 year olds. *Am J Occup Ther.* 1986;40:705-11. **doi:**10.5014/ajot.40.10.705.
- [51] McQuiddy VA, Scheerer CR, Lavalley R, McGrath T, Lin L. Normative values for grip and pinch strength for 6- to 19-Year-Olds. *Arch Phys Med Rehab.* 2015;96(9):1627-33. **doi:**10.1016/j.apmr.2015.03.018.
- [52] Moura PMLS, Moreira M, Caixeta APL. Força de preensão palmar em crianças e adolescentes saudáveis. *Rev Paul Pediatr.* 2008;26:290-4. **doi:**10.1590/S0103-05822008000300014.
- [53] Visnapuu M, Jürimäe T. Handgrip strength and hand dimensions in young handball and basketball players. *J Strength Cond Res.* 2007;21:923-9. **doi:**10.1519/1533-4287(2007)21[923:HTSAHDI]2.0.
- [54] Beunen G, Thomis M. Muscular strength development in children and adolescents. *Pediatr Exerc Sci.* 2000;12:174-97. **doi:**10.1177/1941738109334215.
- [55] Richards L, Palmiter-Thomas P. Grip strength measurement: a critical review of tools, methods, and clinical utility. *Crit Rev Phys Rehabil Med.* 1996;8:87-109. **doi:**10.1615/CritRevPhysRehabilMed.v8.i1-2.50.
- [56] Dawal SZ, Zadry HR, Azmi SNS, Rohim SR, Sartika SJ. Anthropometric database for the learning environment of high school and university students. *Int J Occup Saf Ergon.* 2012;18(4):461-72. **doi:**10.1080/10803548.2012.11076953.
- [57] Shechtman O, Sindhu BS. ASHT's Clinical Assessment Recommendations. Grip Strength. Chicago, IL: ASHT; 2015.
- [58] Ruiz-Ruiz J, Mesa JLM, Gutiérrez A, Castillo MJ. Hand size influences optimal grip span in women but not in men. *J Hand Surg.* 2002;27(5):897-901. **doi:**10.1053/jhsu.2002.34315.
- [59] España-Romero V, Artero EG, Santaliestra-Pasias AM, Gutierrez A, Castillo MJ, Ruiz JR. Hand span influences optimal grip span in boys and girls aged 6 to 12 years. *J. Hand Surg.* 2008;33(3):378-84. **doi:**10.1016/j.jhsa.2007.11.013.

**APÊNDICE B – Termo de Assentimento para Menores****Termo de Assentimento**

Você está sendo convidado a participar como voluntário da pesquisa intitulada “ESTUDO DA FORÇA DE PREENSÃO MANUAL EM ESCOLARES DE 11 A 17 ANOS DE IDADE”, conduzida pela professora de Educação Física e pesquisadora Marcia Ramos Walter. Nesta pesquisa pretendemos identificar os valores de força das mãos de adolescentes entre 11 e 17 anos de idade. As informações obtidas com a execução desta pesquisa auxiliarão a entender o desenvolvimento da força das mãos em adolescentes dessa faixa etária.

A sua participação consistirá em:

- Apertar, por 5 segundos, um dinamômetro, que é um punho de bicicleta em forma de bastão com sensores internos, para que possamos medir a quantidade de força que você é capaz de gerar com as mãos;
- Responder a um questionário sobre seus hábitos diários de saúde;
- Subir em uma balança digital para ser pesado;
- Ter a sua altura e tamanho das mãos medidos com uma fita métrica.

Todos os instrumentos utilizados nesta pesquisa são seguros e não provocarão mal a sua saúde. A sua participação é voluntária e a sua recusa não acarretará em qualquer penalidade ou modificação na forma como você será tratado pela professora/pesquisadora ou pela escola. Você ou seu responsável poderão retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento que desejar. Todo trabalho de investigação será realizado dentro da sua escola e sem comprometimento da presença as aulas. Garantimos que a sua identidade e imagem não serão revelados e que as informações obtidas serão tratadas como segredo e utilizadas, somente, para produção e divulgação de resultados científicos. Ao final da pesquisa você receberá um relatório contendo as suas medidas. Você não pagará ou receberá nada para participar.

Rubrica do menor

Rubrica da Pesquisadora

Eu,

\_\_\_\_\_, declaro que fui informado, de forma clara e detalhada, dos objetivos da presente pesquisa e que todas as minhas dúvidas foram esclarecidas pela professora responsável.

Sei que a qualquer momento poderei fazer mais perguntas, e o meu responsável poderá modificar a decisão de autorizar minha participação se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável já assinado, declaro que concordo em participar dessa pesquisa.

Rio de Janeiro, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016. Rio de Janeiro, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do menor

\_\_\_\_\_  
Assinatura da pesquisadora

Marcia Ramos Walter

\_\_\_\_\_  
Nome do menor

Em caso de dúvida você poderá consultar a qualquer momento:

**Comissão de Ética em Pesquisa/HUPE:** Avenida 28 de Setembro 77 – Térreo - Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ, e-mail: [cep-hupe@uerj.br](mailto:cep-hupe@uerj.br), telefone: (21) 2868-8253 Fax: (21)2264-0853.

**Pesquisadora responsável:** Marcia Ramos Walter, prof. de Educação Física EM Gal. Joao Mendonça Lima, Rua Alberto Pasqualine, 455, Pechincha, Rio de Janeiro, RJ, tel. institucional:(21) 3392-2163.

Rubrica do menor

Rubrica da Pesquisadora

**APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido****Termo de Consentimento Livre e Esclarecido****Pesquisa: ESTUDO DA FORÇA DE PREENSÃO MANUAL EM ESCOLARES DE 11 A 17 ANOS DE IDADE****ESCLARECIMENTO**

Prezado Sr<sup>o(a)</sup>,

Seu dependente está sendo convidado a participar, como voluntário, da pesquisa intitulada “ESTUDO DA FORÇA DE PREENSÃO MANUAL EM ESCOLARES DE 11 A 17 ANOS DE IDADE”, conduzida pela pesquisadora e professora de Educação Física Marcia Ramos Walter.

Esta pesquisa tem por objetivo construir um gráfico onde se possa observar a força de preensão das mãos de crianças de 11 a 17 anos. As informações obtidas com a execução desta pesquisa auxiliarão a entender o desenvolvimento da força das mãos em adolescentes dessa faixa etária.

A participação do seu dependente consistirá em:

- Apertar, por 5 segundos, um dinamômetro, que é um punho de bicicleta em forma de bastão com sensores internos, para que possamos medir a quantidade de força que seu dependente é capaz de gerar com as mãos;
- Responder um questionário sobre seus hábitos de saúde;
- Subir em uma balança digital para ser pesado;
- Ter a sua estatura e tamanho das mãos medidos com uma fita métrica.

Os instrumentos utilizados nesta pesquisa são seguros e como os riscos da pesquisa são muito baixos, não há danos previsíveis decorrentes da pesquisa, se acontecer, o seu dependente tem assegurado o direito à indenização na forma da lei.

Rubrica do Responsável

Rubrica da Pesquisadora

Os desconfortos possíveis estão relacionados a fatores de logística, como, por exemplo, a espera pela vez de realização da entrevista e coleta de dados. Ao final da pesquisa o seu dependente receberá um relatório contendo as medidas obtidas.

Todo o trabalho de coleta será realizado dentro das dependências da escola onde seu dependente estuda, sem comprometimento da presença as aulas, por uma equipe treinada e acompanhada por profissional competente no assunto, que poderão esclarecer eventuais dúvidas a qualquer momento. Garantimos que a identidade e imagem de seu dependente não serão reveladas e que as informações obtidas serão tratadas como sigilosas, sendo, estas últimas, utilizadas, somente, para produção e divulgação de resultados científicos. O Sr<sup>o(a)</sup> e seu dependente podem se recusar a participar ou retirar a sua autorização em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma.

O Sr<sup>o(a)</sup> e seu dependente não pagarão qualquer tipo de taxa para cobrir custos da investigação, assim como, não receberão qualquer tipo de pagamento para participar, tendo em vista o caráter voluntário de participação acima descrito.

Caso Sr<sup>o(a)</sup> concorde que seu dependente participe desta pesquisa, assine ao final deste documento, impresso em duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, da pesquisadora responsável. Em caso de dúvida com respeito a qualquer aspecto relativo a esta pesquisa, o Sr<sup>o(a)</sup> poderá consultar a qualquer momento:

**Pesquisadora responsável:** Marcia Ramos Walter, professora de Educação Física da EM Gal. Joao Mendonça Lima, Rua Alberto Pasqualine, 455, Pechincha, Rio de Janeiro, RJ, telefone institucional (21) 3392-2163.

**Comissão de Ética em Pesquisa/HUPE:** Avenida 28 de Setembro 77 – Térreo - Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ, e-mail: [cep-hupe@uerj.br](mailto:cep-hupe@uerj.br), telefone: (21) 2868-8253 Fax: (21)2264-0853.

## CONSENTIMENTO

Eu,

\_\_\_\_\_, declaro  
que me foi apresentado o projeto intitulado **ESTUDO DA FORÇA DE**

Rubrica do Responsável

Rubrica da Pesquisadora

} **MANUAL EM ESCOLA**  **11 A 17 ANOS DE IDADE**, que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação do meu dependente na pesquisa, tendo sido esclarecidas todas as dúvidas que eu apresentei. Diante das condições propostas, concordo em autorizar a participação de \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_ anos de idade, pelo qual sou responsável legal. Autorizo que os dados resultantes de sua participação sejam utilizados para fins de investigação científica e divulgados em revistas e encontros científicos, ciente de que a qualquer momento, segundo minha vontade, posso retirar esta autorização. Declaro também que este consentimento se dá de forma voluntária, por livre e espontânea vontade, não tendo eu, ou meu dependente, recebido, ou ter-nos sido prometida, qualquer tipo de compensação, seja financeira ou de outra natureza qualquer, pelo ato. Para atestar meu consentimento assino, juntamente com o responsável pela pesquisa, este Termo de Consentimento Esclarecido, emitido em duas vias, uma das quais ficará em meu poder.

Rio de Janeiro, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016. Rio de Janeiro, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do responsável

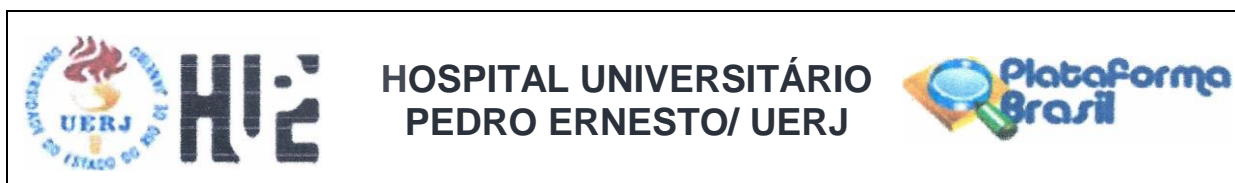
\_\_\_\_\_  
Assinatura da pesquisadora

\_\_\_\_\_  
Nome do Responsável

Marcia Ramos Walter

Rubrica do Responsável

Rubrica da Pesquisadora

**ANEXO A – Parecer consubstanciado do CEP****PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** ESTUDO DA FORÇA DE PREENSÃO MANUAL EM ESCOLARES DE 11 A 17 ANOS DE IDADE

**Pesquisador:** MARCIA RAMOS WALTER

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 56607416.1.0000.5259

**Instituição Proponente:** Instituto de Educação Física e Desportos

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.675.569

**Apresentação do Projeto:**

Continuação do parecer 1.598.681

**Objetivo da Pesquisa:**

Continuação do parecer 1.598.681

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Continuação do parecer 1.598.681

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo

**Bairro:** Vila Isabel

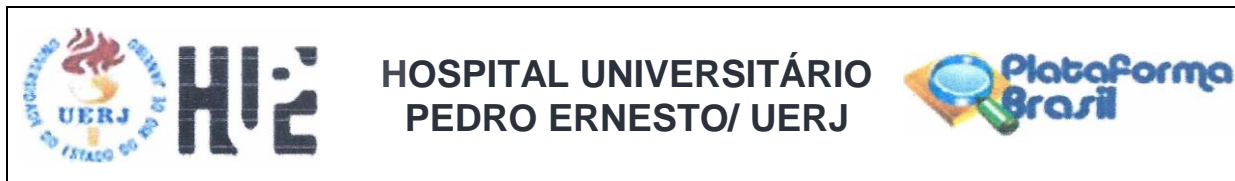
**CEP:** 20.551-030

**UF:** RJ

**Município:** RIO DE JANEIRO

**Telefone:** (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** [cep-hupe@uerj.br](mailto:cep-hupe@uerj.br)





Continuação do parecer: 1.675.569

### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Continuação do parecer 1.598.681

### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os Termos de apresentação obrigatória estão de acordo com a legislação pertinente e devidamente assinados pelos responsáveis.

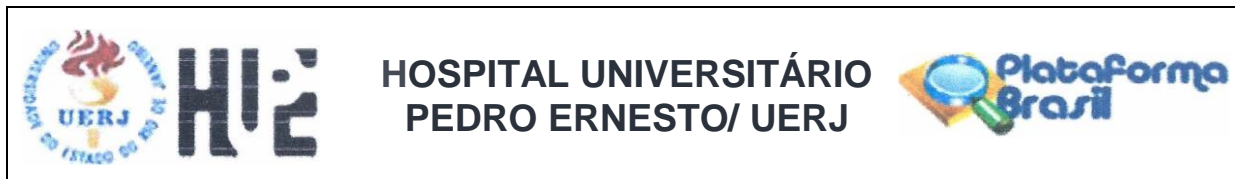
### **Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Foram atendidas as considerações do Parecer anterior. O projeto pode ser realizado da fora como está apresentado. Diante do exposto e à luz da Resolução CNS n0466/2012, o projeto pode ser enquadrado na categoria - APROVADO. Para ter acesso ao PARECER CONSUBSTANCIADO: Clicar na "LUPA" (DETALHAR) - Ir em "DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA ", clicar na opção da ramificação (pequeno triângulo no entroncamento do organograma) de pastas chamada – “Apreciação”, e depois na Pasta chamada “Pareceres”, o Parecer estará nesse local.

### **Considerações Finais a critério do CEP:**

Tendo em vista a legislação vigente, o CEP recomenda ao Pesquisador: Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e no termo de consentimento livre e esclarecido, para análise das mudanças; Informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa; O Comitê de Ética solicita a V. sa., que encaminhe relatórios parciais de andamento a cada 06 (seis) meses da pesquisa e ao término, encaminhe a esta comissão um sumário dos resultados do projeto; Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.

**Endereço:** Avenida 28 de Setembro 77 - Térreo  
**Bairro:** Vila Isabel **CEP:** 20.551-030  
**UF:** RJ **Município:** RIO DE JANEIRO  
**Telefone:** (21)2868-8253 **Fax:** (21)2264-0853 **E-mail:** [cep-hupe@uerj.br](mailto:cep-hupe@uerj.br)



Continuação do parecer: 1.675.569

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO 658584.pdf	06/08/2016 17:36:48		
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO 658584.pdf	06/08/2016 13:43:15		
Outros	CARTA_CEP_HUPE.docx	06/08/2016 13:42:29	Marcia Ramos Walter	Aceito
Projeto Detalhado/ Brochura Investigador	Projeto_Plataforma_Brasil_3.docx	06/08/2016 13:29:24	Marcia Ramos Walter	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.docx	03/08/2016 18:59:46	Marcia Ramos Walter	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento Justificativa de Ausência	Termo_de_Assentimento_MARCIA.docx	03/08/2016 18:59:26	Marcia Ramos Walter	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento Justificativa de Ausência	TCLE MARCIA.doc	03/08/2016 18:59:09	Marcia Ramos Walter	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.docx	02/08/2016 09:47:59	Marcia Ramos Walter	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaração_Instituição_coparticipante.pdf	05/05/2016 20:52:45	Marcia Ramos Walter	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO.pdf	05/05/2016 20:46:04	Marcia Ramos Walter	Aceito

#### Situação do Parecer:

Aprovado

#### Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RIO DE JANEIRO, 12 de Agosto de 2016

Assinado por:

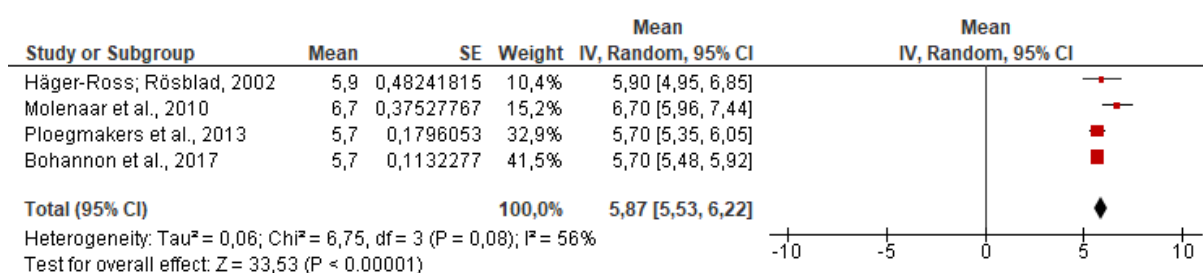
**DENIZAR VIANNA ARAÚJO**

**(Coordenador)**

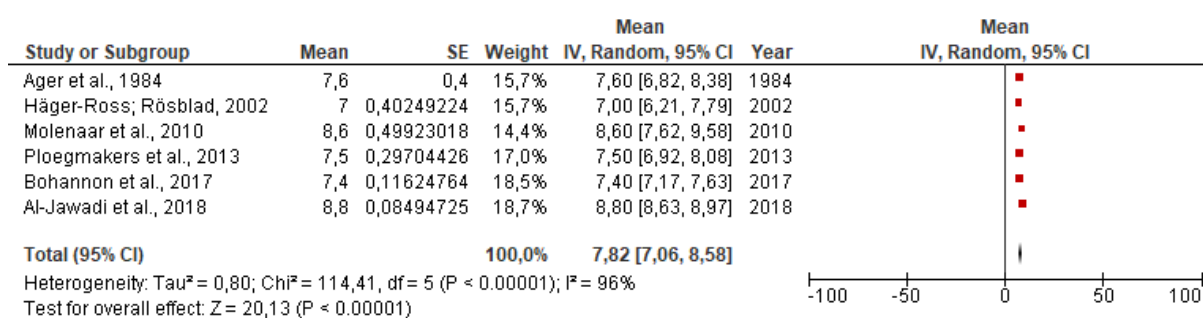
## ANEXO B – Forest plots gerados pela metanálise

### MENINOS – Mão Dominante

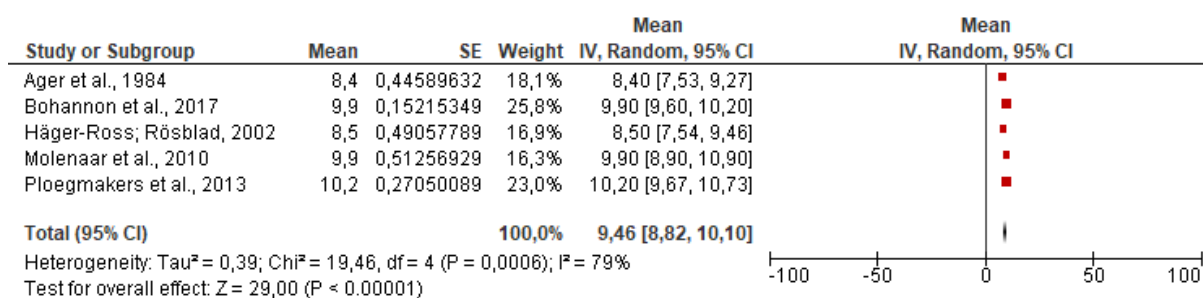
#### 4 Anos



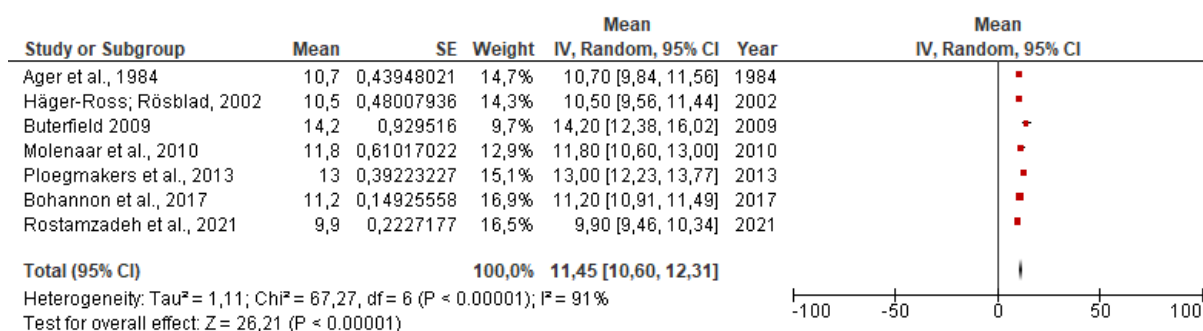
#### 5 Anos



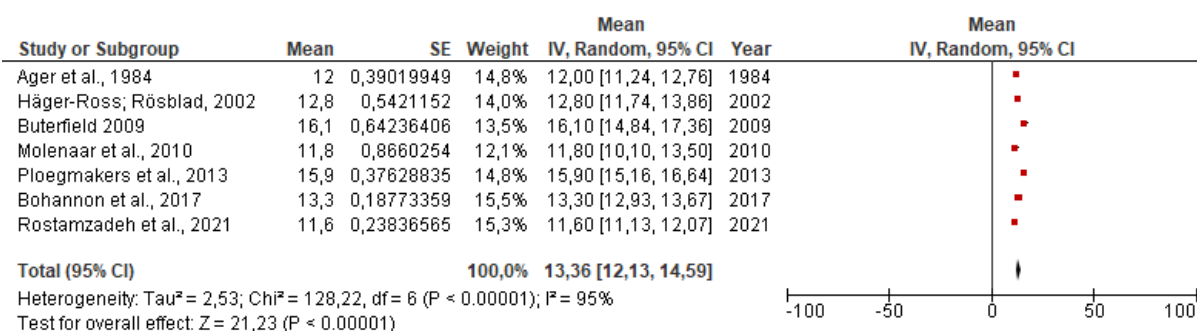
#### 6 Anos



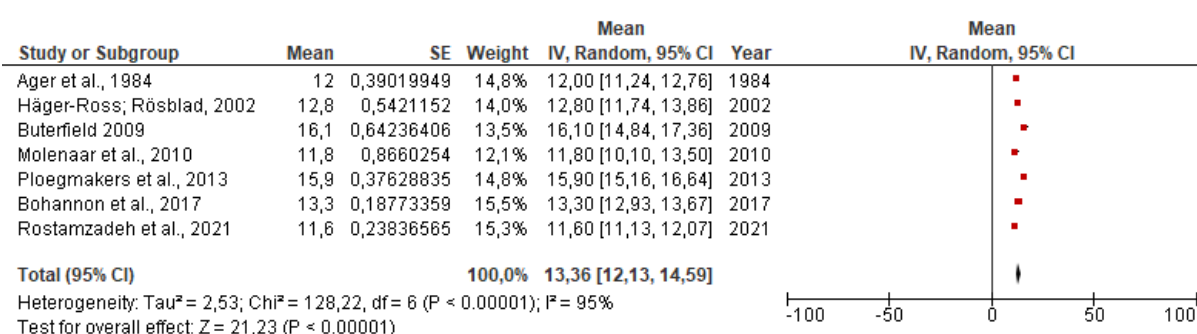
#### 7 Anos



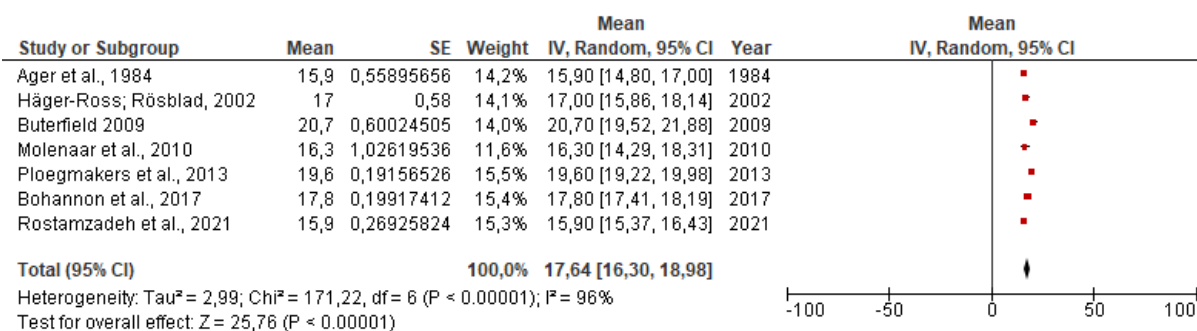
## 8 Anos



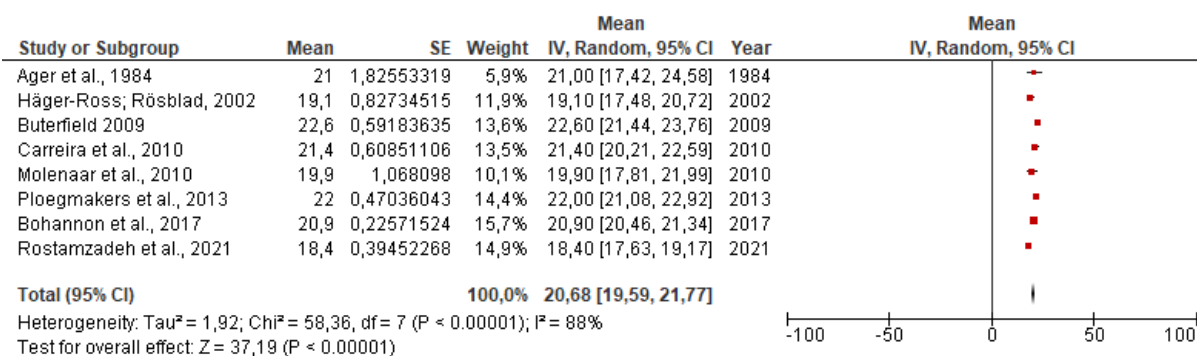
## 9 Anos



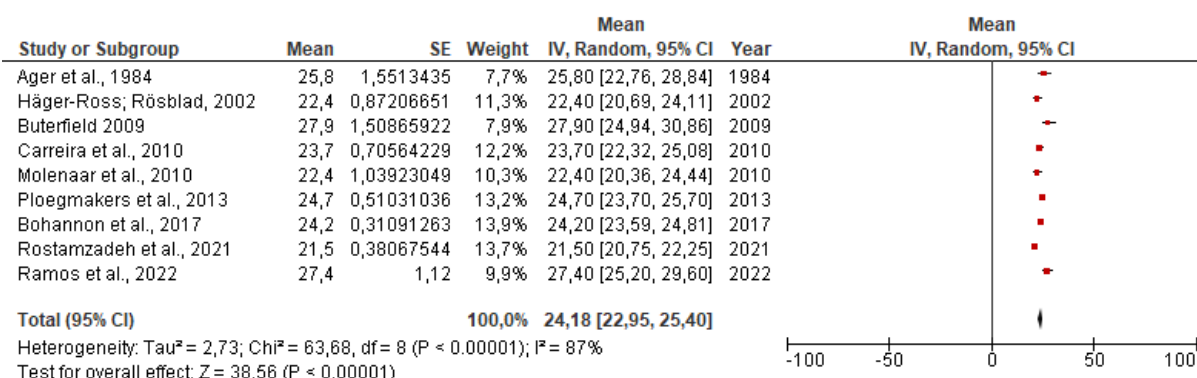
## 10 Anos



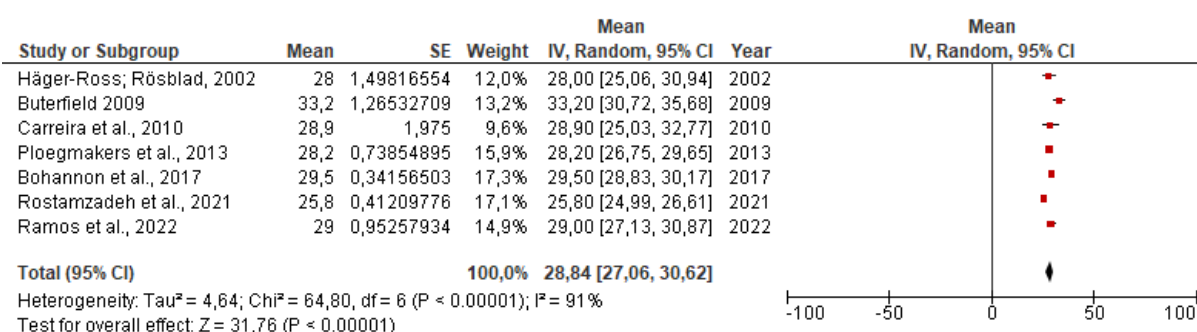
## 11 Anos



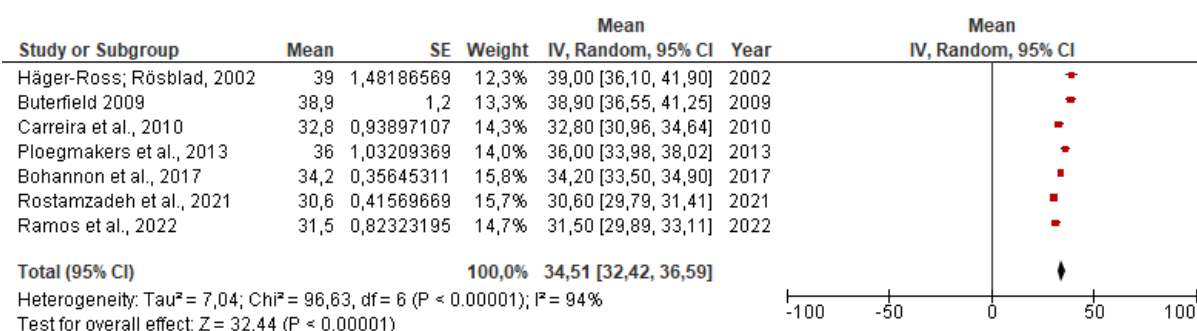
## 12 anos



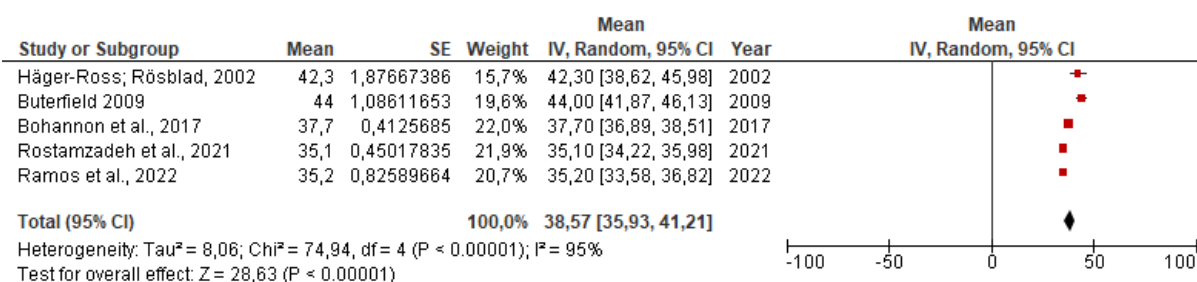
## 13 anos



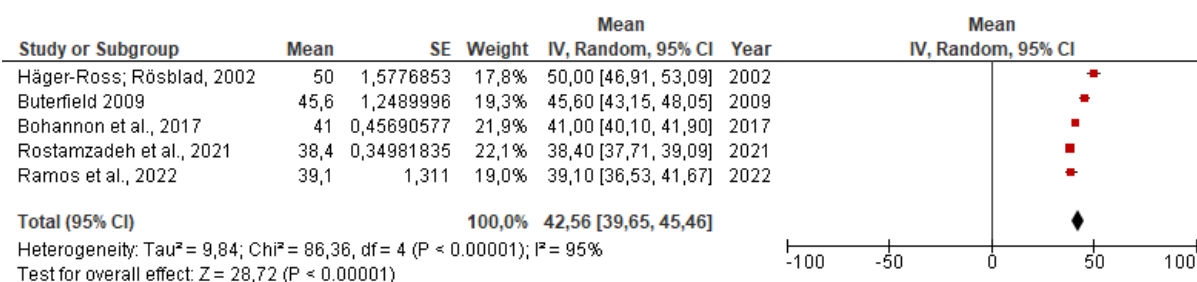
## 14 anos



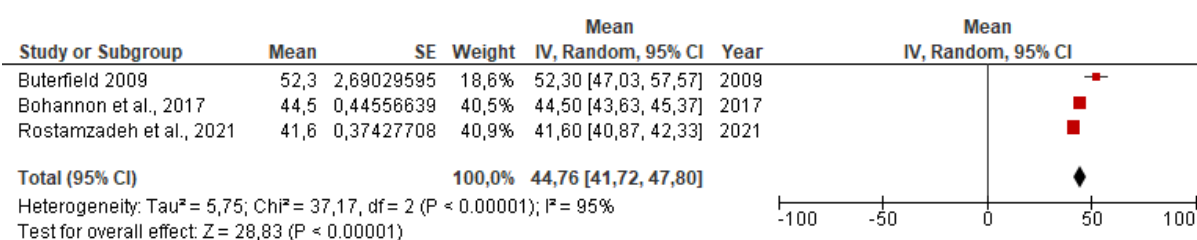
## 15 anos



## 16 anos

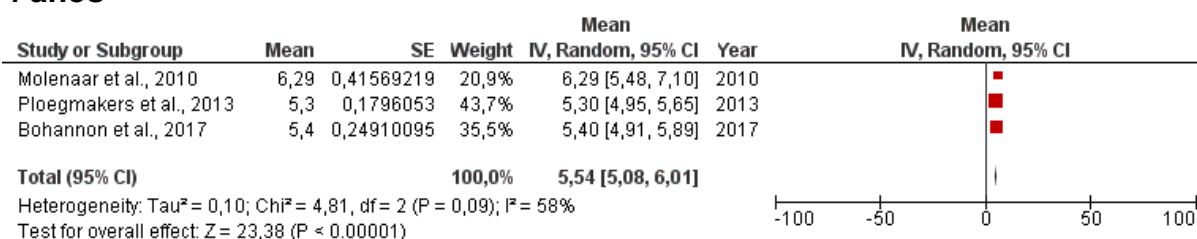


## 17 anos

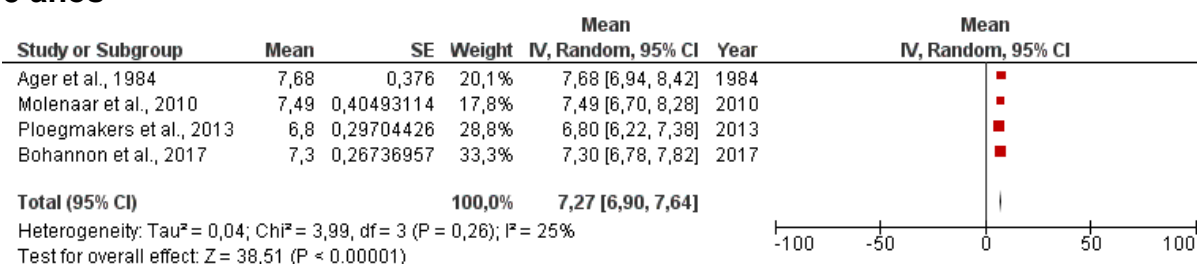


## MENINOS – Mã Não Dominante

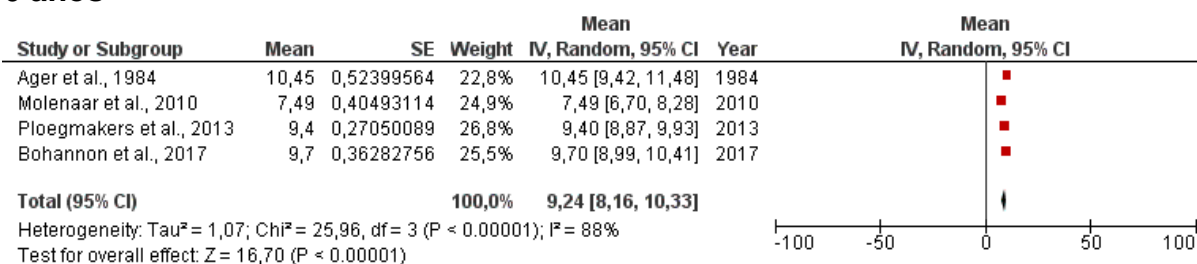
## 4 anos



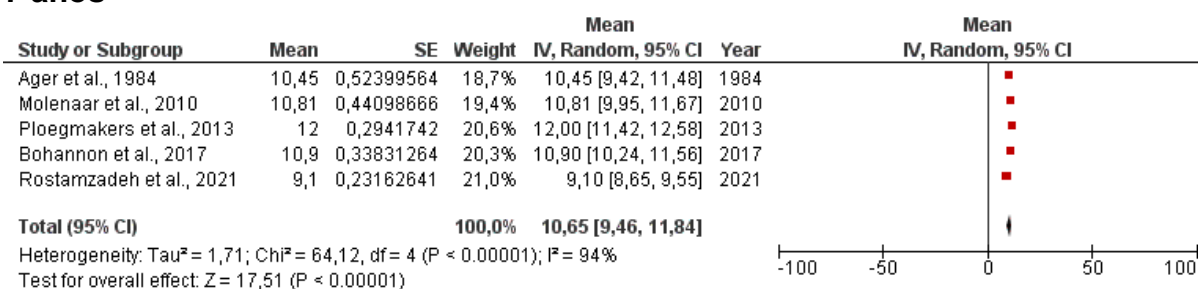
## 5 anos



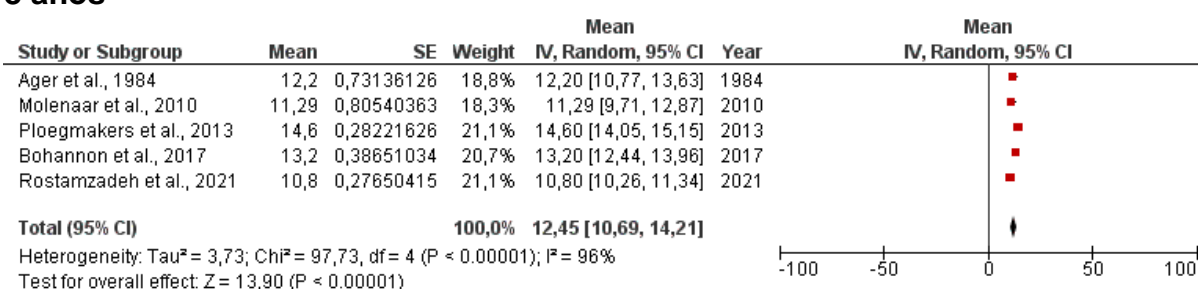
## 6 anos



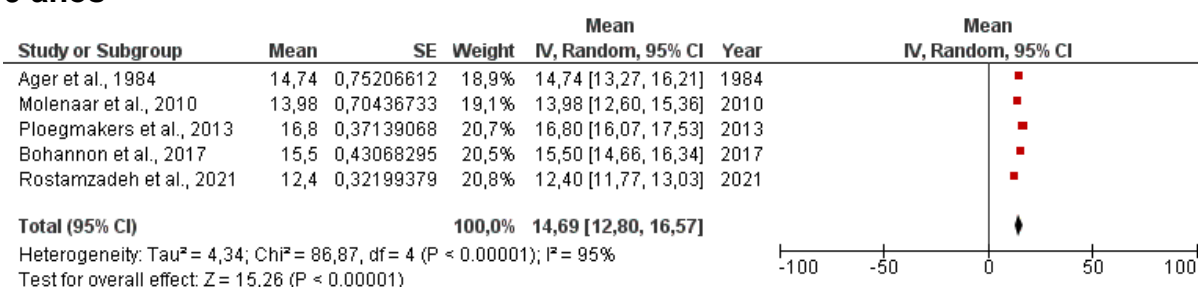
## 7 anos



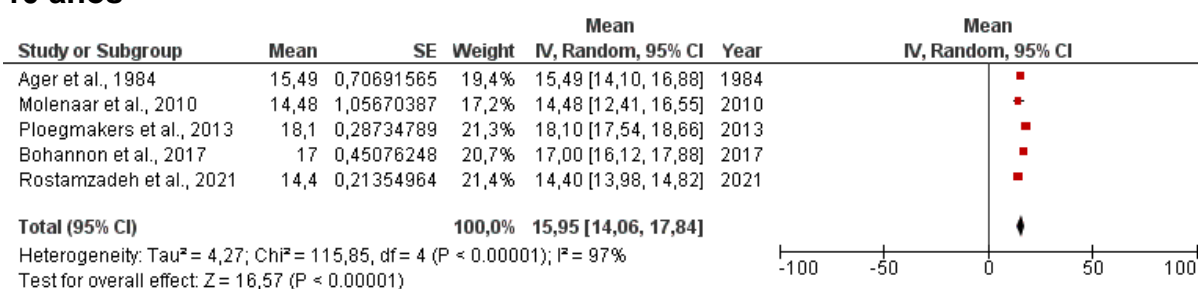
## 8 anos



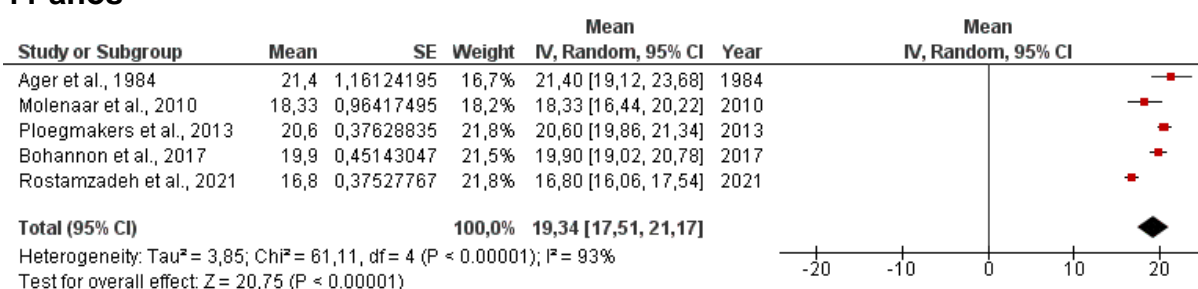
## 9 anos



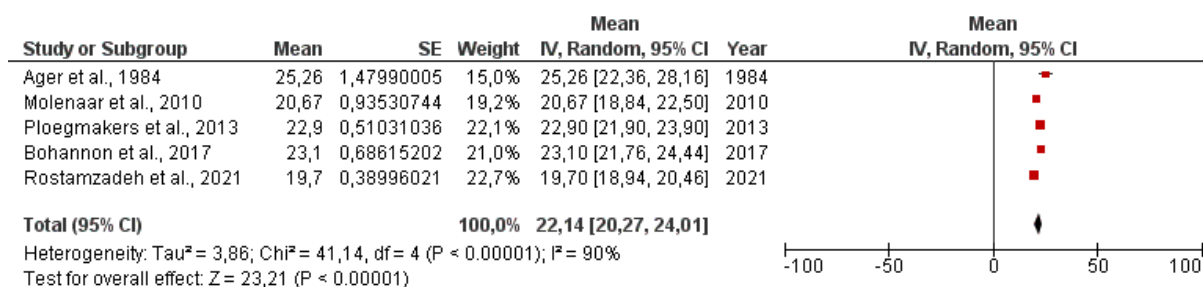
## 10 anos



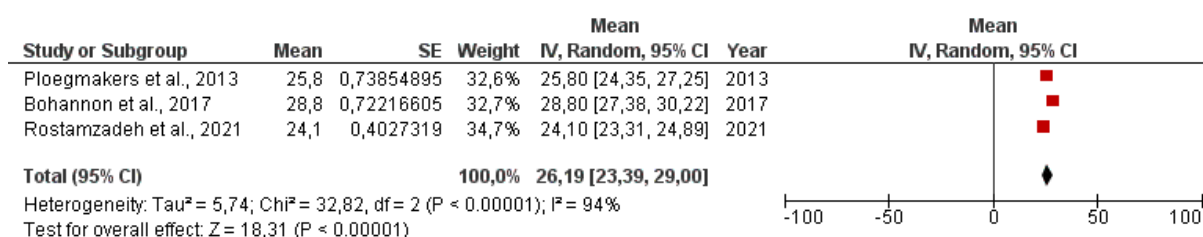
## 11 anos



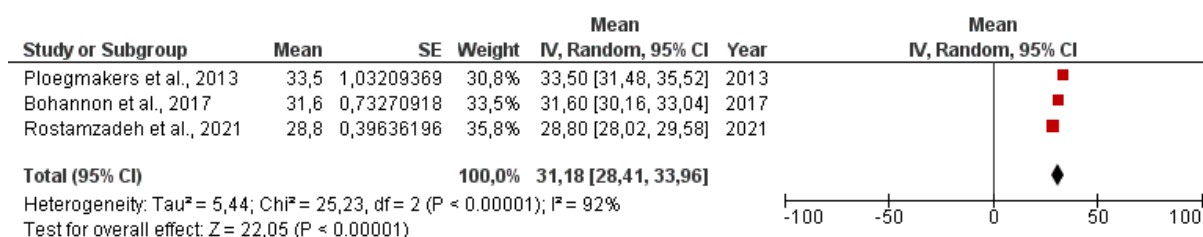
## 12 anos



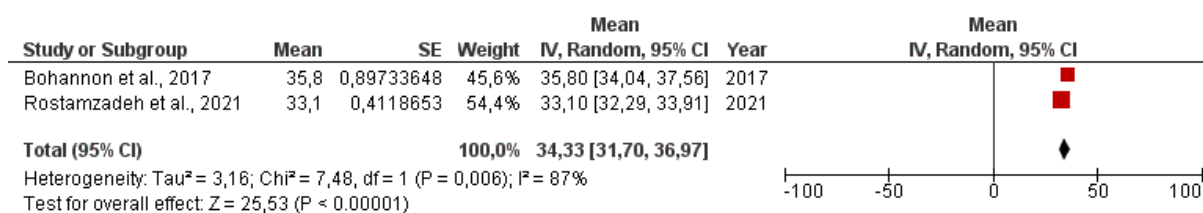
## 13 anos



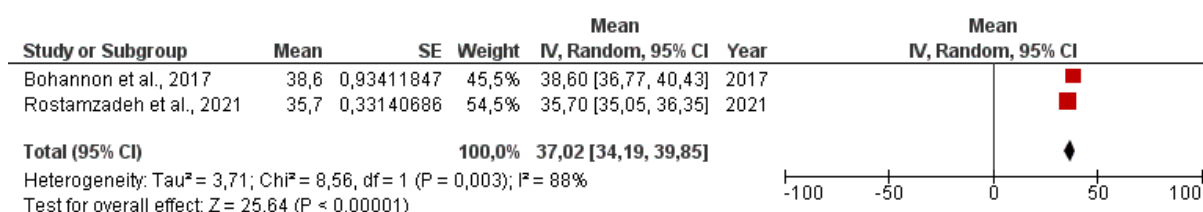
## 14 anos



## 15 anos

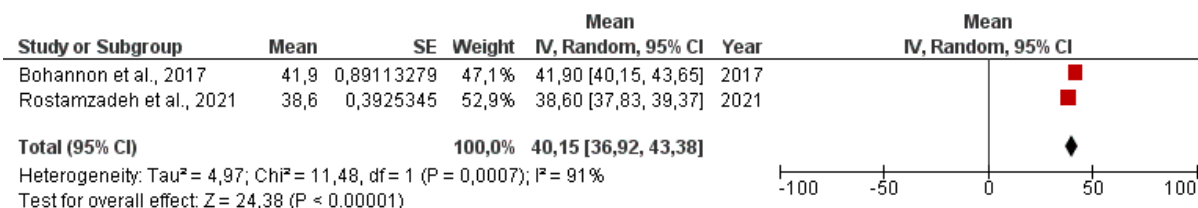


## 16 anos



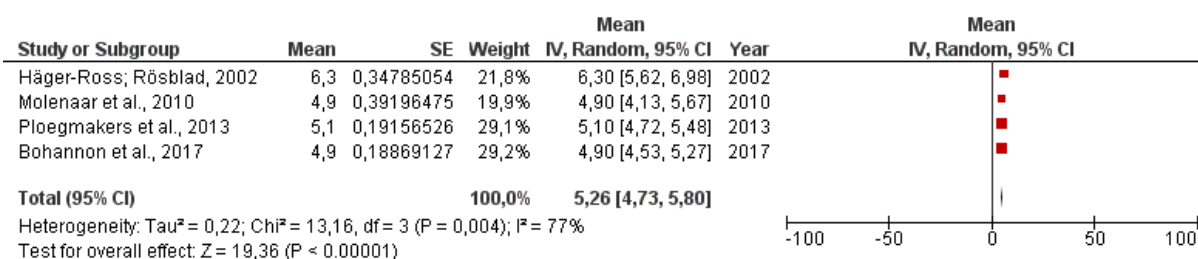


## 17 anos

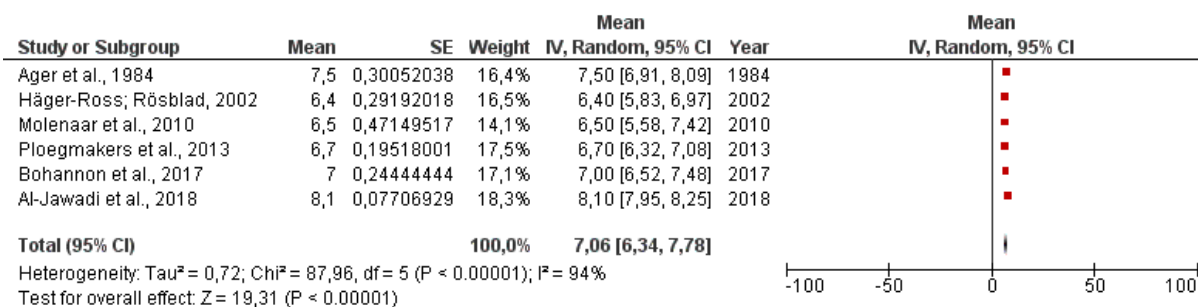


## MENINAS – Mão Dominante

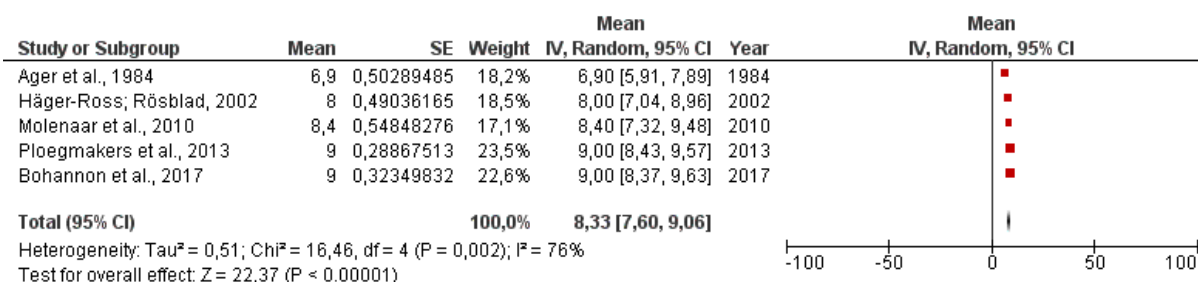
## 4 anos



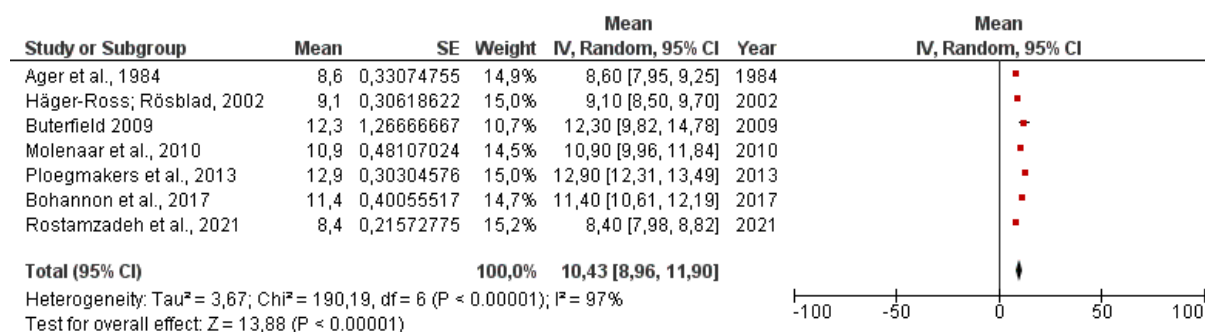
## 5 anos



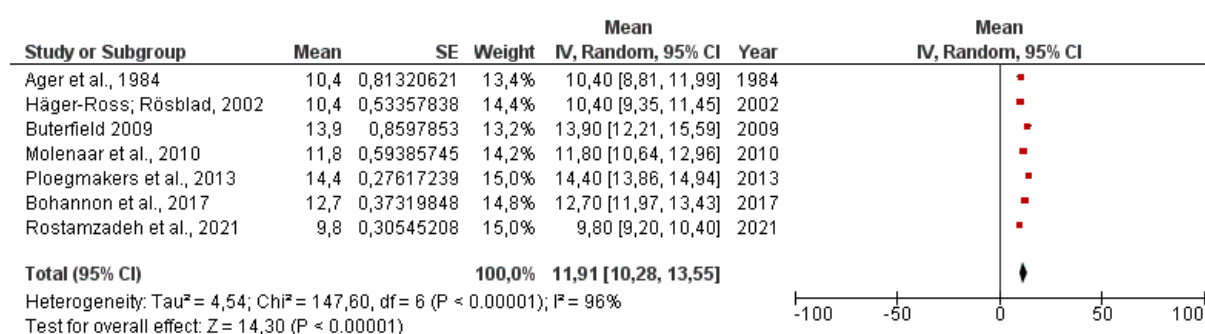
## 6 anos



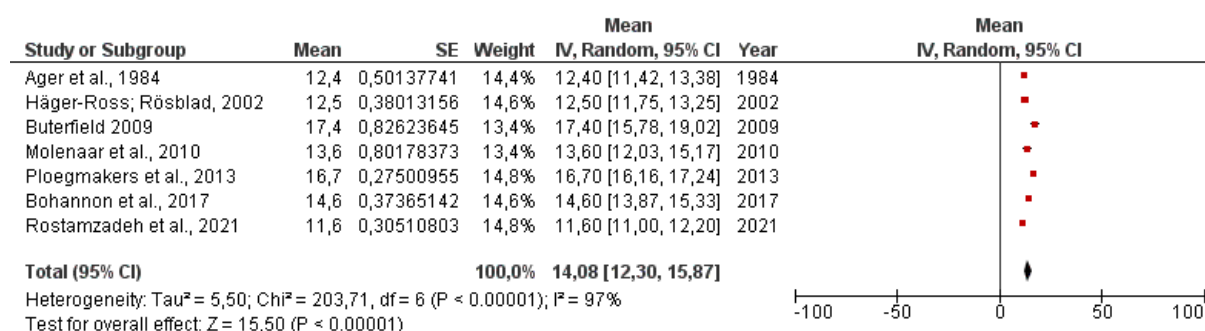
## 7 anos



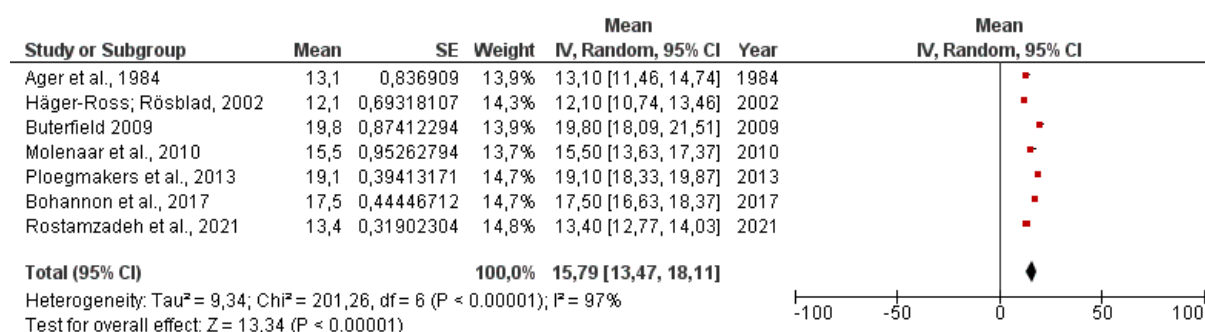
## 8 anos



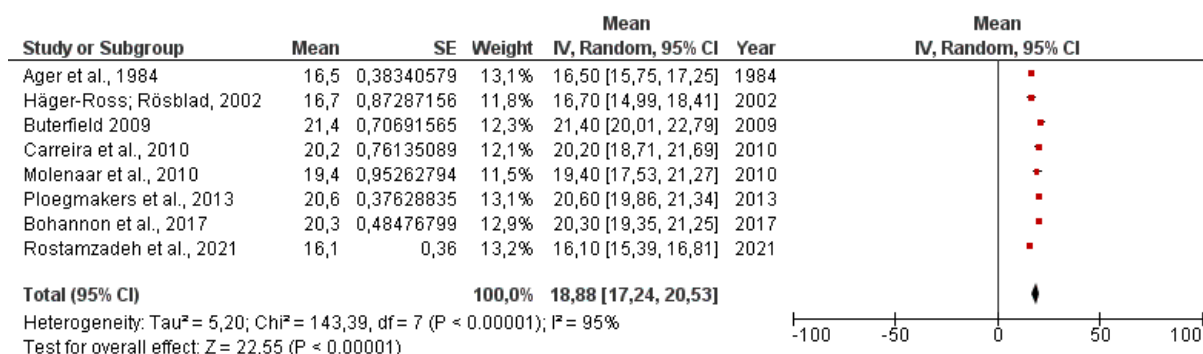
## 9 anos



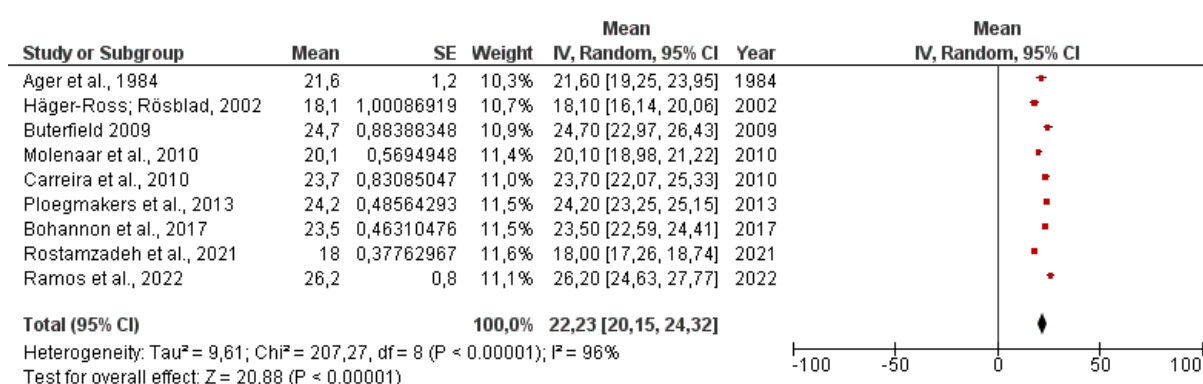
## 10 anos



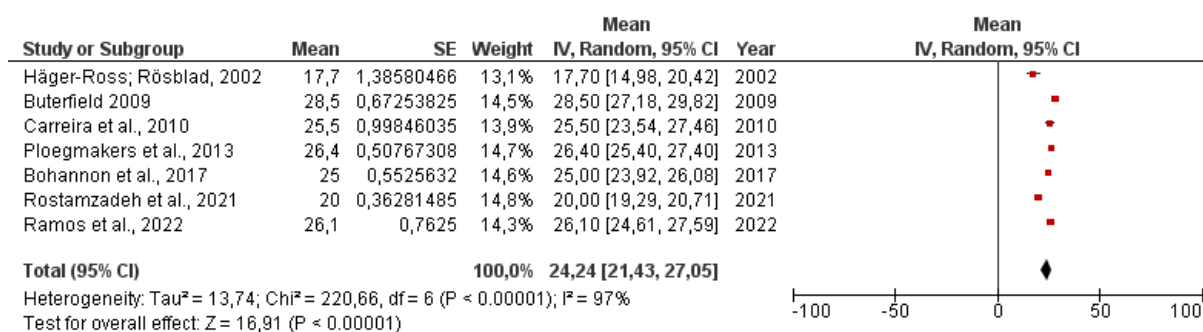
## 11 anos



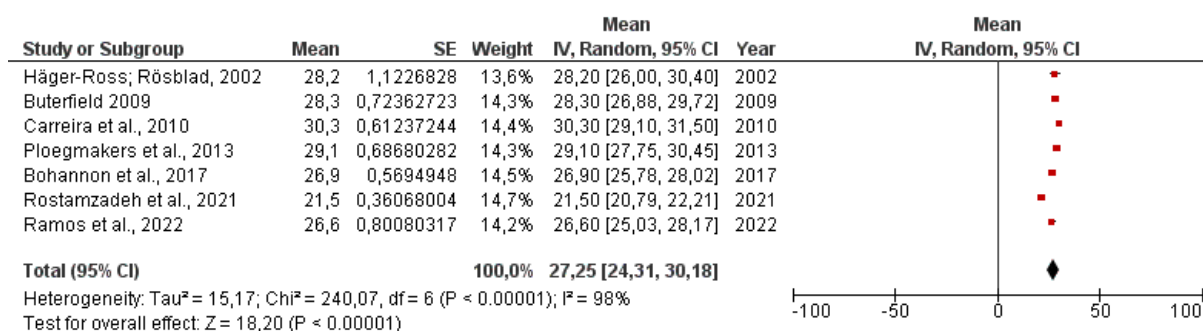
## 12 anos



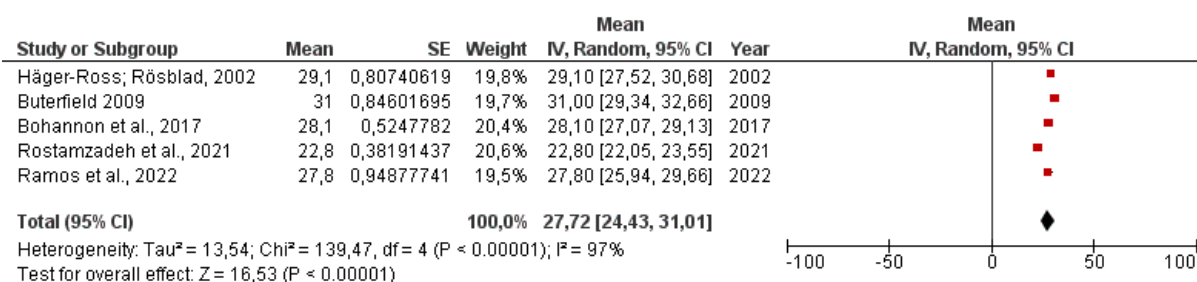
## 13 anos



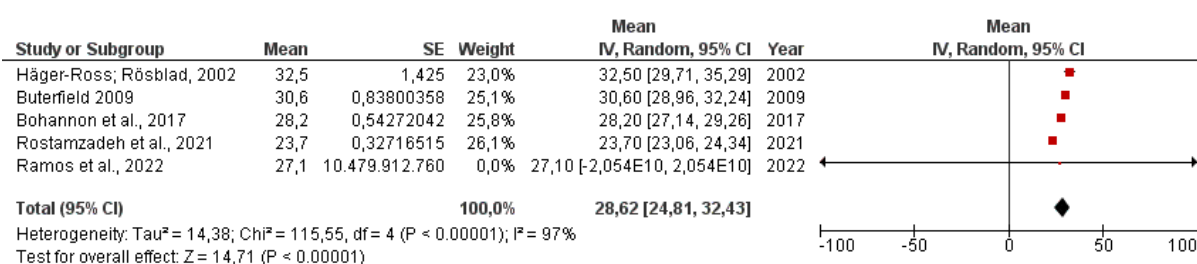
## 14 anos



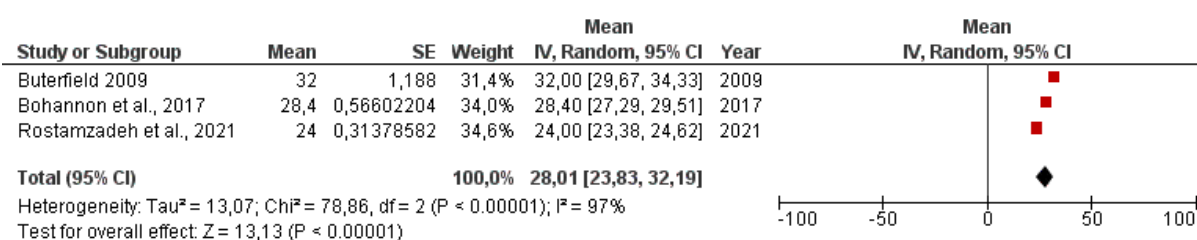
## 15 anos



## 16 anos

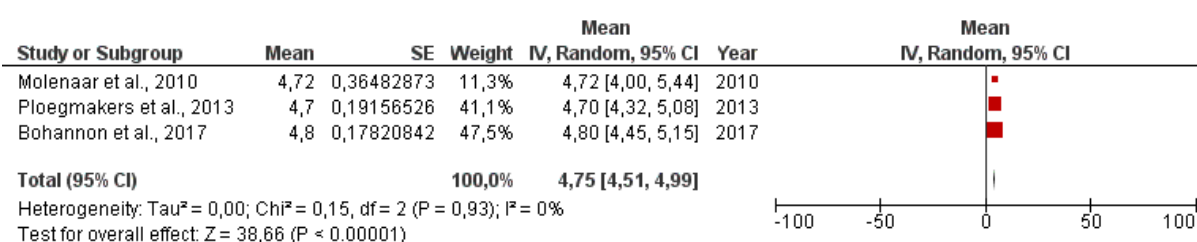


## 17 anos

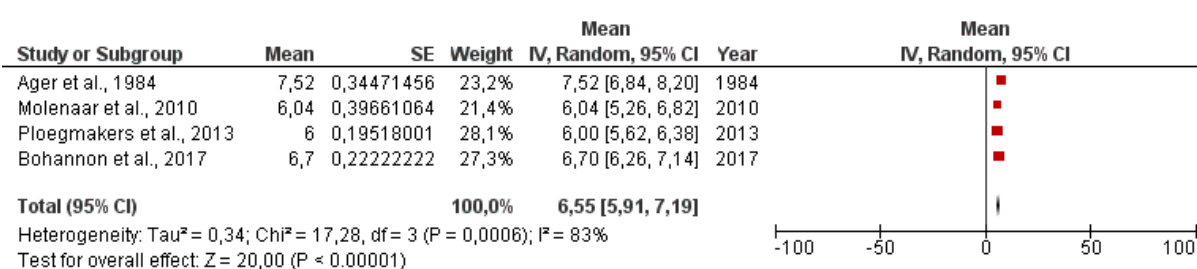


## MENINAS – Mão Não Dominante

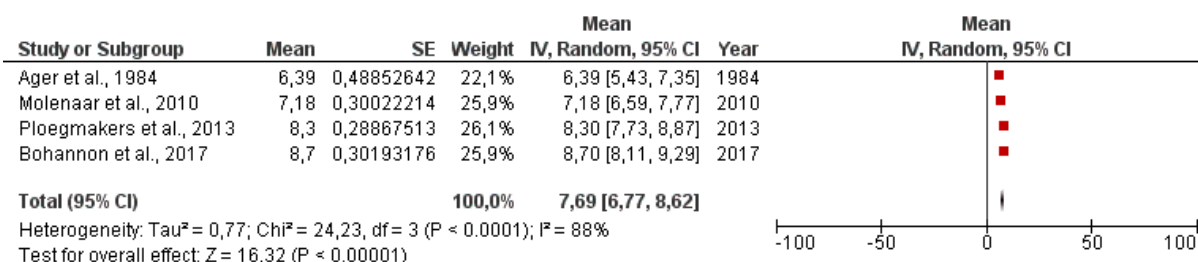
## 4 anos



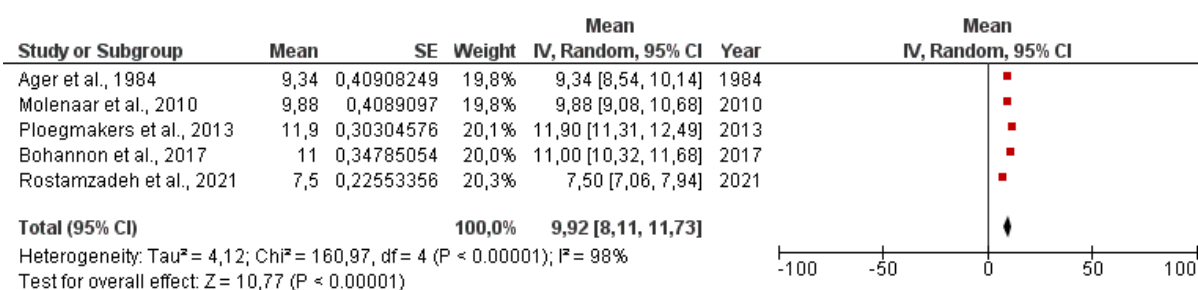
## 5 anos



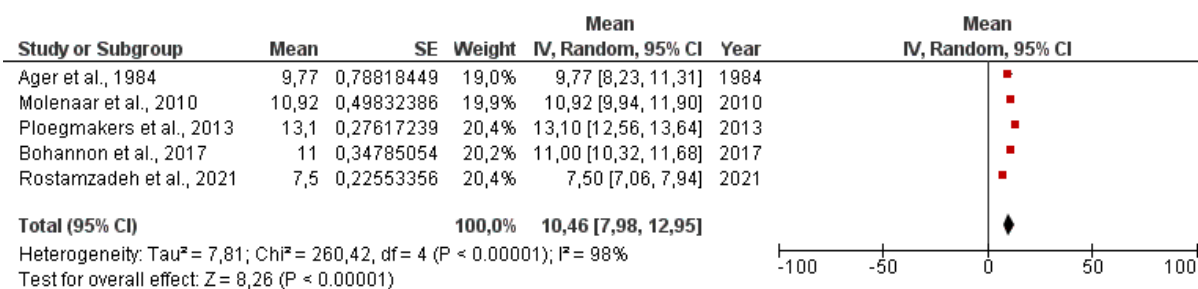
## 6 anos



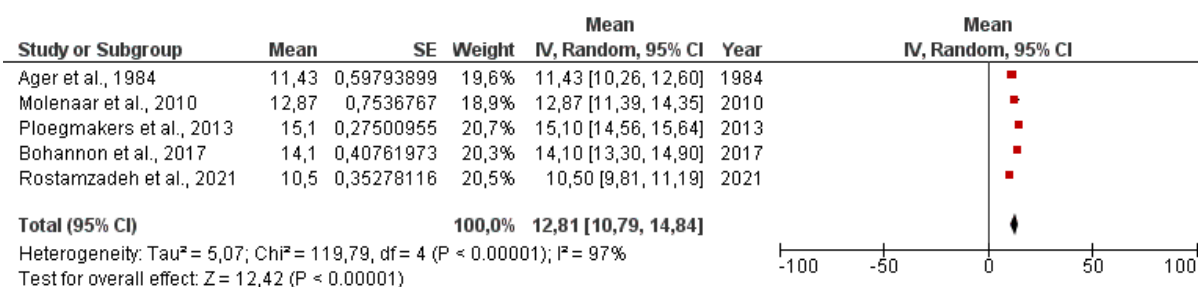
## 7 anos



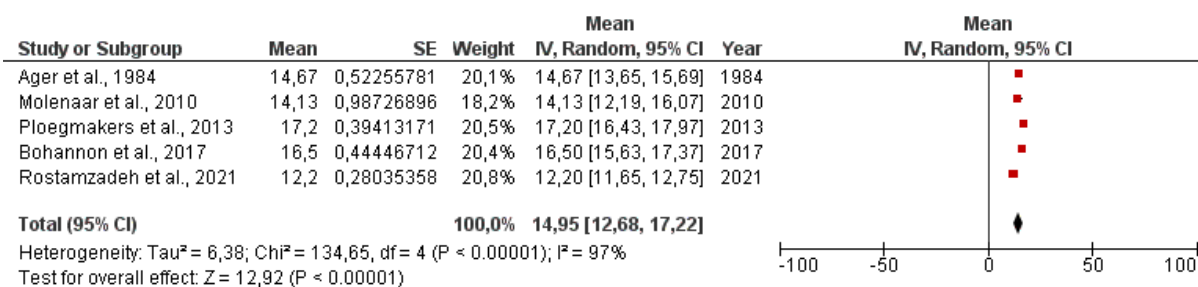
## 8 anos



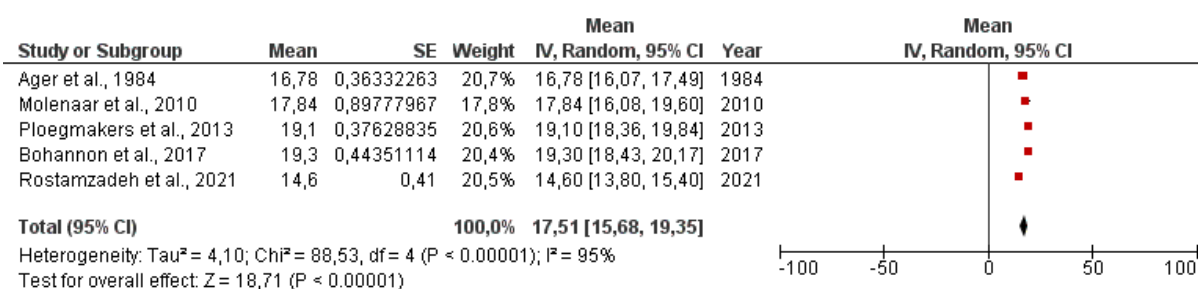
## 9 anos



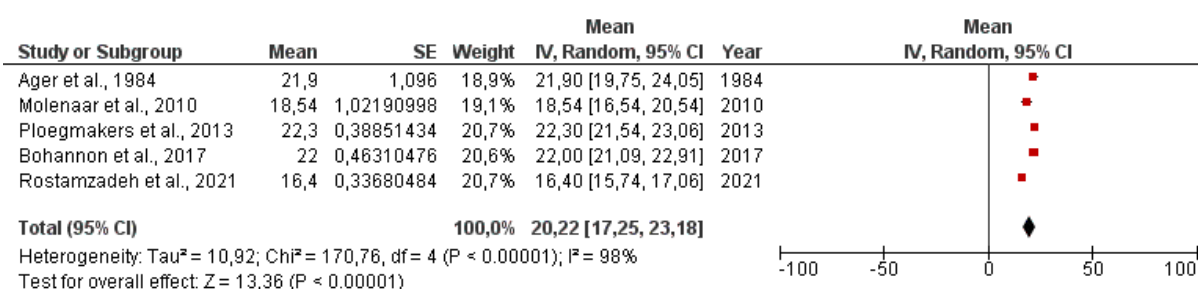
## 10 anos



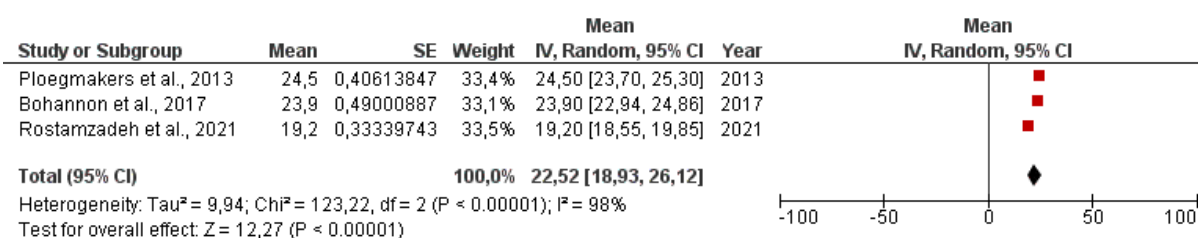
## 11 anos



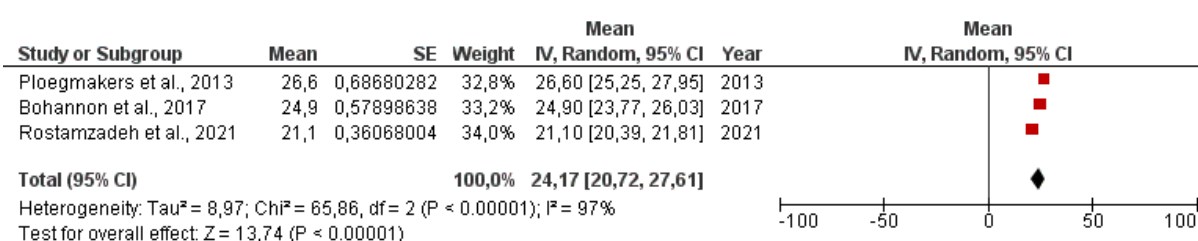
## 12 anos



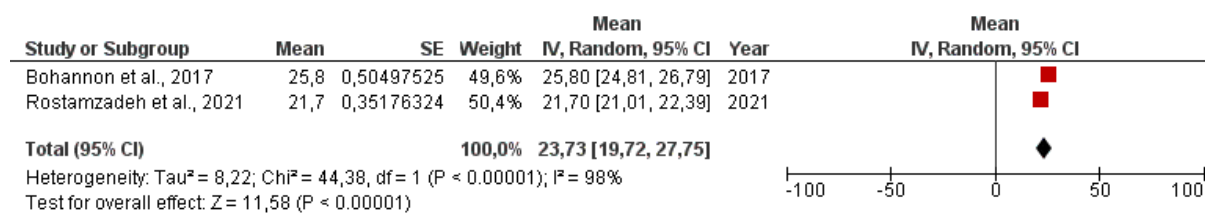
## 13 anos



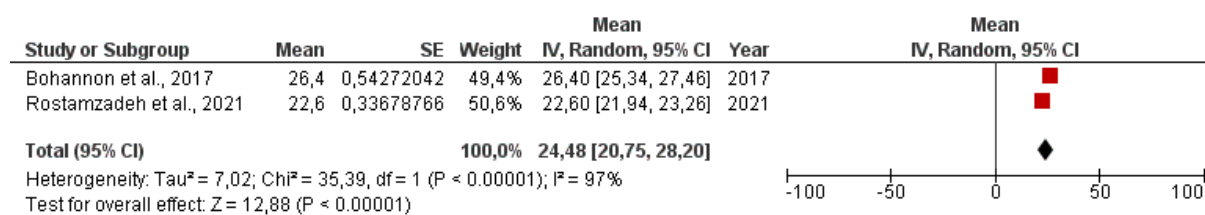
## 14 anos



## 15 anos



## 16 anos



## 17 anos

