

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

CURSO DE INSTRUTOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA

ALUNO: **Jurandir** Farias de Oliveira Junior — 1º Tenente

ORIENTADORA: Maria Claudia Pereira Nunes da Cunha – Profª Drª

COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS DE DINAMOMETRIA
DE ROTADORES DE OMBRO ENTRE ATLETAS DE PENTATLO MILITAR
E JOVENS ATIVOS.

Rio de Janeiro - RJ

2019

ALUNO: **Jurandir** Farias de Oliveira Junior – 1º Ten

**COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS DE DINAMOMETRIA
DE ROTADORES DE OMBRO ENTRE ATLETAS DE PENTATLO MILITAR
E JOVENS ATIVOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para conclusão da graduação em Educação Física na Escola de Educação Física do Exército.

ORIENTADORA: Maria Claudia Pereira Nunes da Cunha – Prof^ª Dr^ª

Rio de Janeiro - RJ

2019

MINISTÉRIO DA DEFESA

EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

ALUNO: Jurandir Farias de Oliveira Junior – 1º Ten

TÍTULO: Comparação de variáveis biomecânicas de dinamometria de rotadores de ombro entre atletas de pentatlo militar e jovens ativos.

Aprovado em _____ de _____ de 2019

Banca de Avaliação

Maria Claudia Pereira Nunes da Cunha – Profª Drª / EsEFEx

Angela Nogueira Neves – Profª Drª / EsEFEx

Laércio Camilo Rodrigues – Maj Cav / EsEFEx

OLIVEIRA JUNIOR, Jurandir Farias. Comparação de variáveis biomecânicas de dinamometria de rotadores de ombro entre atletas de pentatlo militar e jovens ativos. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Educação Física). Escola de Educação Física do Exército. Rio de Janeiro – RJ, 2019.

RESUMO

INTRODUÇÃO: Com a finalidade de compreender como o equilíbrio entre variáveis de dinamometria isocinética dos músculos rotadores de ombro pode auxiliar no desempenho e na prevenção de lesões, diversos estudos vêm sendo realizados comparando atletas e não atletas. O presente estudo teve como objetivo comparar variáveis biomecânicas de dinamometria de rotadores de ombro e de desempenho na prova de lançamento de granadas entre atletas de pentatlo militar e jovens ativos. **MÉTODOS:** Participaram do estudo oito atletas da equipe masculina de pentatlo militar da Comissão de Desportos do Exército (idade: $26,5 \pm 2,2$ anos; massa: $73,3 \pm 2,9$ kg) e 13 jovens ativos oriundos do Curso de Instrutor de Educação Física do Exército, compondo o grupo controle (idade: $27,0 \pm 2,6$ anos; massa: $78,5 \pm 7,1$ kg). A avaliação isocinética dos rotadores de ombro foi realizada em dinamômetro isocinético *Biodex System 4 Pro*. O protocolo de teste consistiu em cinco contrações concêntricas/concêntricas máximas de rotadores externos e internos de ombro nas velocidades de $60^\circ/s$ e 120% , seguindo ordem contrabalanceada e respeitando o intervalo de recuperação de um minuto entre as velocidades. Da mesma forma, foi realizada uma prova de lançamento de granadas segundo regras do CISM com a finalidade de coletar a distância máxima de lançamento para cada amostra, não sendo avaliado no estudo a precisão do lançamento. As variáveis foram comparadas entre os grupos estudados utilizando-se ou o teste t de Student ou o teste de Mann-Whitney. O nível de significância adotado foi de 5%. **RESULTADOS:** Houve diferença significativa entre os grupos estudados para as variáveis de trabalho total de rotadores externos a $60^\circ/s$, trabalho total de rotadores internos a $60^\circ/s$, trabalho total de rotadores internos a $120^\circ/s$ e distância máxima no lançamento de granadas, sendo encontrados maiores valores para os atletas em todas as comparações. **CONCLUSÃO:** Atletas de pentatlo militar apresentaram valores superiores para diferentes variáveis de dinamometria isocinética, bem como melhor desempenho na distância máxima para arremesso de granadas em comparação aos jovens ativos. Os valores da razão convencional de força para rotadores de ombros também mostraram equilíbrio de força entre os músculos avaliados de ambos os grupos estudados.

Palavras-chave: isocinético; pico de torque; trabalho total.

ABSTRACT

INTRODUCTION: In order to understand how the balance between isokinetic dynamometry variables of shoulder rotator muscles can help the performance and prevention of injuries, several studies have been conducted comparing athletes and non-athletes. The purpose of this study was to compare biomechanical variables of shoulder rotator dynamometry and grenade throwing performance among military pentathlon athletes and active youth. **METHODS:** Eight athletes from the *Comissão de Desportos do Exército* (CDE) men's pentathlon team (age: 26.5 ± 2.2 years; mass: 73.3 ± 2.9 kg; height: 180.1 ± 6) participated in the study. 9 cm) and 13 active young people from the *Escola de Educação Física do Exército* (EsEFEx) Instructor Course, composing the control group (age: 27.0 ± 2.6 years; mass: 78.5 ± 7.1 kg). The isokinetic evaluation of shoulder rotators was performed using a Biodex System 4 Pro isokinetic dynamometer. The test protocol consisted of five maximum concentric/concentric contractions of external and internal shoulder rotators at speeds of $60^\circ/\text{s}$ and $120^\circ/\text{s}$, following counterbalanced order and respecting the one minute recovery interval between speeds. Similarly, a grenade throwing test was performed according to CISM rules with the use of collecting the maximum throw distance for each sample, and the accuracy of the launch was not evaluated in the study. The variables were compared between the studied groups using the Student's t-test or the Mann-Whitney test. The adopted significance level was 5%. **RESULTS:** There was a significant difference between the groups studied for the total external rotator work at $60^\circ/\text{s}$, total internal rotator work at $60^\circ/\text{s}$, total internal rotator work at $120^\circ/\text{s}$ and maximum grenade throwing distance. Higher values were found for athletes in all comparisons. **CONCLUSION:** Military pentathlon athletes presented higher values for different isokinetic dynamometry variables, as well as better performance in the maximum grenade throwing distance compared to active youth. Conventional strength ratio values for shoulder rotators also showed strength balance between the evaluated muscles of both groups.

Keywords: isokinetic; peak torque; total work.

INTRODUÇÃO

O pentatlo militar reúne as provas de lançamento de granada, natação utilitária, tiro, pista de obstáculos e corrida, e é um dos diversos esportes regulados pelo *International Military Sports Council* - CISM, que organiza competições entre os 140 países membros em busca da paz e solidariedade entre as nações. Dentre as provas realizadas nesta modalidade, duas delas dependem diretamente da articulação do ombro para sua execução e podem ser influenciadas pelo equilíbrio dos músculos diretamente envolvidos nesses movimentos. Tais provas são o lançamento de granadas e a natação utilitária. Na prova de lançamento de granadas, o atleta deve arremessar primeiramente com uma das mãos um simulacro de granada de 575 gramas em círculos demarcados às distâncias de 20, 25, 30 e 35 metros e, posteriormente esse mesmo implemento deve ser arremessado à máxima distância possível. A prova de natação utilitária constitui transposição de quatro obstáculos ao longo de 50 metros de natação em piscina. Durante o percurso, o atleta utiliza as estruturas da pista para se projetar de forma subaquática e aérea, realizando seguidos movimentos de puxada e empurrão com os braços (22).

A articulação glenoumeral apresenta a maior amplitude de movimento dentre as articulações do corpo humano, o que também lhe confere grande instabilidade. A estabilidade dessa região se dá tanto pela cápsula articular e ligamentos, quanto pela musculatura do ombro(1). Os quatro músculos do manguito rotador - supra-espinhal, infra-espinhal, redondo menor e subescapular - têm função essencial de estabilização em toda a articulação glenoumeral(2). A ação desses músculos confere forças agonistas e antagonistas, que juntas dão estabilidade aos diversos gestos esportivos desenvolvidos por atletas de modalidades que englobem movimentos de impulsão com o braço por sobre a cabeça(1).

Esportes que utilizam lançamento, arremesso ou saque na composição do seu gesto motor são citados em estudos pelo termo “*overhead sports*”. Este termo é usado para definir qualquer esporte cujo movimento envolva impulsionar algo (bola, raquete, dentre outros) com ação do braço acima da cabeça(1)(3)(4). Tal definição é importante, pois permite observar o gesto motor que utiliza musculaturas comuns em diferentes esportes como vôlei, natação, badminton, tênis e baseball, e chegar a parâmetros de força muscular relacionados à prevenção de lesões e à busca por melhores desempenhos esportivos(5).

A avaliação de variáveis biomecânicas de dinamometria realizada por meio de dinamômetro isocinético facilita a comparação entre estudos, uma vez que esse equipamento tem sido amplamente utilizado, além de ser considerado padrão-ouro em avaliações neuromusculares. A partir dos dados de dinamometria isocinética é possível avaliar o equilíbrio muscular da articulação glenoumeral calculando-se a chamada razão convencional da força de rotadores

internos e externos de ombro(6)(7)(8). Essa razão é obtida dividindo-se o pico de torque concêntrico dos rotadores externos pelo pico de torque concêntrico dos rotadores internos de ombro.

A fim de verificar o equilíbrio entre os músculos rotadores internos e externos de ombro e auxiliar no desempenho e prevenção de lesões, diversos estudos vêm sendo realizados comparando atletas e não atletas, como também atletas de diferentes modalidades esportivas entre si. Batalha et al.(9) compararam um grupo de jovens atletas de natação com jovens sedentários e encontraram valores para a razão convencional de força dos rotadores de ombro superiores a 0,66 (9). Outro estudo que avaliou atletas profissionais de badminton, de ambos os sexos, observou que o braço dominante apresentou valores de pico de torque de rotação interna maiores que os de rotação externa. A razão convencional para os músculos rotadores de ombro nesse estudo variou entre 0,71 – 0,72% para homens e 0,73 – 0,77 para mulheres(7).

Além disso, um estudo comparou 201 atletas de vôlei, handebol e tênis, encontrando valores da razão convencional de força para rotadores de ombro, mensurada por meio de dinamômetro manual, entre 0,59 – 1,02(8). Ellenbecker e Roetert(10) compararam jogadores de tênis de alto nível de ambos os sexos, chegando a valores de razão convencional de força para rotadores internos e externos de ombro variando entre 0,66 – 0,75 (10).

Noffal(11) e seus colaboradores avaliaram o desempenho de rotadores internos e externos de ombro de atletas arremessadores e não arremessadores, concluindo que sucessivas repetições do gesto motor levaram a um aumento desproporcional da força de rotação interna em atletas, aumentando o risco de lesão devido ao desequilíbrio. Juneja et al.(12) avaliaram 52 atletas de críquete e encontraram valores de razão convencional da força de rotadores externos e internos de ombro entre 0,82 – 0,90 para grupos que não apresentavam dores articulares e valores de 0,60 no grupo que apresentavam dor(12).

Portanto, é possível observar na literatura que, apesar de diversos autores terem apresentado valores para equilíbrio de ombro relacionados aos mais variados esportes, até o presente momento não foram encontrados estudos comparando atletas de pentatlo militar a jovens ativos não praticantes da modalidade. Mais estudos acerca desta modalidade amplamente difundida no âmbito militar possibilitaria uma melhor prescrição de treinamento para atletas, melhorando condições de treinamento e por conseguinte melhor desempenho esportivo com menos riscos aos competidores. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar as variáveis biomecânicas de dinamometria isocinética de rotadores de ombro e as distâncias máximas de lançamento de granadas entre atletas de pentatlo militar e jovens ativos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostra

A amostra do presente estudo foi não probabilística, assim os atletas de Pentatlo Militar da Comissão de Desporto do Exército do sexo masculino foram convidados a participar. Da mesma forma, convidado para compor o grupo controle jovens ativos do sexo masculino do Curso de Instrutores do ano de 2019 da Escola de Educação Física do Exército. Foram excluídos do estudo os indivíduos que apresentaram qualquer histórico de lesão osteomioarldcular de membro superior dominante nos últimos seis meses e que sentiram alguma dor e/ou desconforto no momento do teste. No grupo controle não puderam fazer parte da amostra atletas ou ex-atletas de pentatlo militar. O grupo de atletas foi composto por oito indivíduos (idade: $26,5 \pm 2,2$ anos; massa: $73,3 \pm 2,9$ kg; estatura: $180,1 \pm 6,9$ cm) e o grupo controle por 13 indivíduos (idade: $27,0 \pm 2,6$ anos; massa: $78,5 \pm 7,1$ kg).

O presente estudo foi previamente submetido para apreciação junto a um Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Capacitação Física do Exército CEP-CCFEx. Antes da coleta de dados todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 1) a fim de tomarem ciência dos procedimentos, riscos e benefícios relacionados ao estudo. Além disso, os indivíduos preencheram uma anamnese (Apêndice 2) utilizada para caracterização da amostra e identificação de fatores que pudessem impedir a participação no estudo. As coletas de dados foram realizadas no Laboratório de Biomecânica do Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército (IPCFEx).

Procedimentos Experimentais

Para avaliação do torque dos rotadores de ombro foi utilizado o dinamômetro isocinético *Biodex System 4 Pro* (*Biodex Medical System, Inc., Shirley, NY*). O equipamento foi calibrado seguindo as recomendações do fabricante. Antes da coleta de dados todos os participantes foram submetidos a um aquecimento geral composto por 30 polichinelos, 15 circunduções de ombros para frente e 15 circunduções de ombros para trás.

Após o aquecimento, cada participante foi posicionado sentado, sendo fixado à cadeira do dinamômetro por meio de faixas na região do tórax e da cintura, a fim de evitar movimentos compensatórios. O membro superior dominante foi apoiado sobre um suporte atrelado ao braço de força do dinamômetro. O ombro foi posicionado a 45° de abdução e 30° de flexão, utilizando-se um goniômetro analógico (Trident, Itapuí, SP, Brasil). O pico de torque de rotadores de ombro foi mensurado durante a execução de cinco contrações concêntricas/concêntricas máximas de

rotadores externos e internos de ombro nas velocidades de 60°/s e 120%. Antes das repetições máximas, em cada velocidade avaliada, o participante realizou uma série de cinco repetições submáximas a fim de se familiarizar com o movimento. A ordem de execução das velocidades foi contrabalanceada a cada indivíduo. O movimento inicial para todas as séries foi o de rotação externa houve um intervalo de recuperação de um minuto entre as séries. Foram adotadas as amplitudes de movimento de 25° de rotação interna e 40° de rotação externa, ambas partindo do antebraço do participante posicionado horizontalmente (0°). Todos os participantes receberam incentivo verbal por parte do pesquisador responsável a fim de favorecer o desempenho máximo durante o teste. Os picos de torque de rotadores internos e externos de ombro foram normalizados pela massa corporal do indivíduo (newtons-metro/kg) mensurada por meio de balança digital (Filizola, São Paulo, SP, Brasil) antes do início do aquecimento corporal. A partir da avaliação da força em cada uma das velocidades estudadas foram calculados: os picos de torque, maior valor de força registrado durante o movimento; as razões convencionais para os músculos rotadores de ombro obtidas pelas divisões dos picos de torque de rotadores externos pelos picos de torque de rotadores internos de ombro, multiplicando-se por 100; e os trabalhos totais, em *Joules*, obtidos pelos produtos das forças realizadas pelo manguito rotador e a amplitude de movimento considerada.

Figura 1 – Coleta de Dados



Amostra posicionada na cadeira do dinamômetro isocinético Biodex System 4 Pro.

Além das variáveis biomecânicas de dinamometria, foi avaliado o desempenho em uma das provas de pentatlo militar que depende do equilíbrio dos músculos rotadores de ombro, por meio da máxima distância no lançamento de granadas. Foi realizada com uma semana de antecedência da avaliação isocinética de cada grupo estudado, uma prova simulada de lançamento de granadas no Destacamento Desportivo da Vila Militar (DDVM) em Deodoro, Rio de Janeiro.

Análise Estatística

Os dados foram apresentados na forma descritiva de média \pm desvio padrão para variáveis aderentes à normalidade e de mediana (amplitude) para variáveis não aderentes à normalidade. A aderência à normalidade dos dados foi verificada utilizando-se o teste de Shapiro-Wilk.

Havendo normalidade, as variáveis foram comparadas entre o grupo de atletas e o grupo controle, utilizando-se o teste t de Student para amostras independentes. Quando não houve normalidade, os dados foram comparados entre grupos por meio do teste de Mann-Whitney. A análise dos dados foi realizada por meio do *software* BioEstat 5.3 e o nível de significância (alfa) adotado foi de 5%.

RESULTADOS

Todas as variáveis coletadas foram normalizadas pela massa (kg) de cada indivíduo e multiplicada por 100 a fim de possibilitar comparações entre os grupos.

Para os valores de trabalho total de rotadores externos a 60°/s (TT RE 60°/s) foi encontrada diferença significativa ($U = 22$; $p = 0,030$) entre os grupos estudados. Os atletas apresentaram valores mais altos (Md = 243,60) comparados aos jovens ativos (Md = 194,66) (Figura 1). Também os valores de trabalho total de rotadores internos a 60°/s (TT RI 60°/s) foram significativamente ($U = 17$; $p = 0,011$) mais altos no grupo de atletas (Md = 387,99) comparado ao grupo de jovens ativos (Md = 258,38) (Figura 1).

O trabalho total de rotadores internos a 120°/s (TT RI 120°/s) foi significativamente diferente entre os grupos estudados ($U = 19$; $p = 0,017$). Os atletas também apresentaram valores mais altos (Md = 318,36) comparados aos jovens ativos (Md = 203,56) (Figura 1).

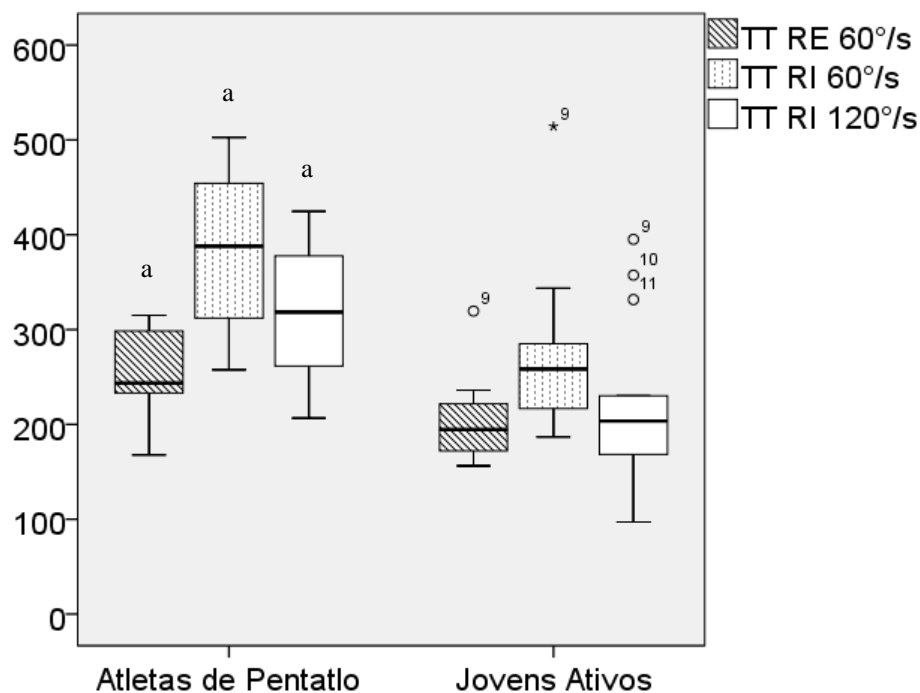


Figura 1 – Box plot do trabalho total de rotadores de ombro com diferenças significativas em *Joules* (J).

Comparação do trabalho total de rotadores externos a 60°/s (TT RE 60), trabalho total de rotadores internos a 60°/s (TT RE 60), trabalho total de rotadores internos a 120°/s (TT RI 120) entre o grupo de atletas e grupo de jovens ativos a - Diferença significativa entre os grupos estudados ($p < 0,05$).

Houve diferença significativa ($U = 23$; $p = 0,036$) entre grupos para os valores de pico de torque de rotadores externos realizado a 120°/s (PT RE 120°/s), onde atletas apresentaram valores mais altos (Md = 56,25) comparados aos jovens ativos (Md = 45,70) (Figura 2).

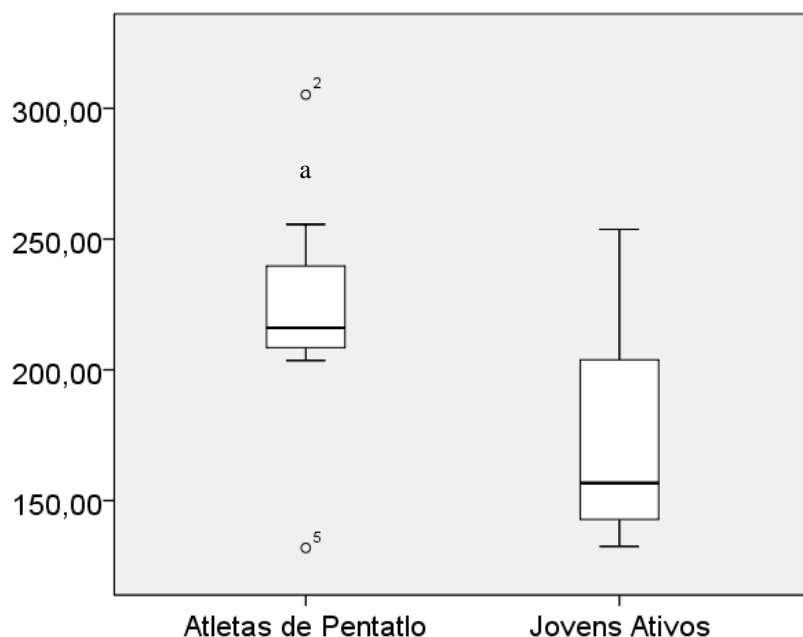


Figura 2 – Box plot do pico de torque de rotadores externos a 120°/s em Newtons (N).
a - Diferença significativa entre os grupos estudados ($p < 0,05$).

Por fim, os valores atingidos no lançamento de granadas em distância máxima (Dist. Máx.) foram significativamente diferentes ($U = 7$; $p = 0,001$) entre os grupos estudados. Os atletas apresentaram valores mais altos (Md = 50,39) comparados aos jovens ativos (Md = 39,84) (Figura 3).

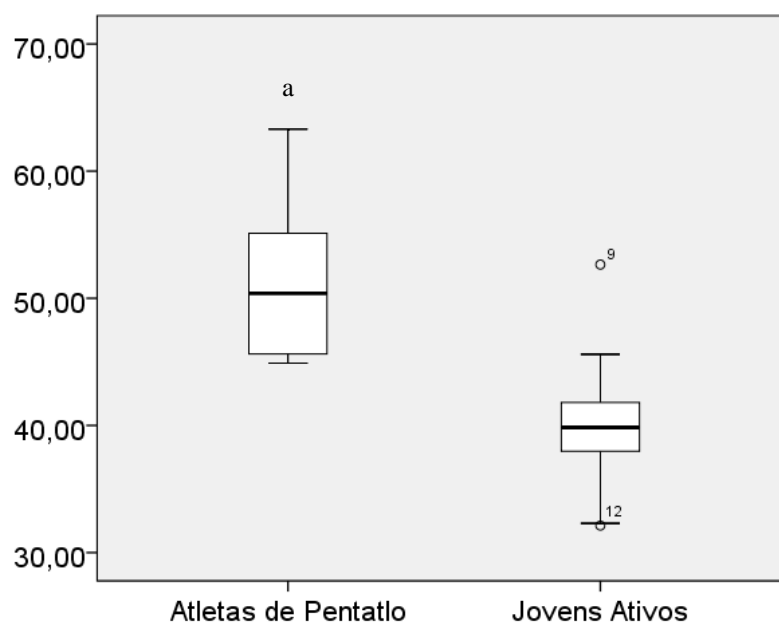


Figura 3 – Box plot da distância máxima de arremesso de granadas em metros (m).
Box plot referente aos valores de distância máxima atingidos pelo o grupo de jovens ativos e grupo de atletas.
a - Diferença significativa entre os grupos estudados ($p < 0,05$).

As demais variáveis que não apresentaram diferenças significativas entre os grupos estão descritas na Tabela 1, quando variáveis não paramétricas, com os valores de mediana, amplitude e valor de p.

Tabela 1 – Variáveis não paramétricas sem diferença significativa entre as amostras.

	Jovens Ativos		Atletas de Pentatlo		Valor de <i>p</i>
	Mediana	Máx - Min	Mediana	Máx - Min	
PT RI 120°/s	55,30	102,7 - 43,3	76,55	102,6 - 52,6	0,082
PT RI 60°/s	63,10	117,7 - 42,6	83,85	111,7 - 53,4	0,096
TT RE 120°/s	156,68	253,71 - 132,49	216,07	305,2 - 131,9	0,096

PT RI 120°/s = Pico de rotadores internos a 120°/s em *Newtons* (N); PT RI 60°/s = Pico de rotadores internos a 60°/s em *Newtons* (N); TT RE 120°/s = Trabalho total de rotadores externos a 120°/s em *Joules* (J).

As variáveis paramétricas com distribuição normal que da mesma forma não mostraram diferença significativa entre os grupos estão descritas na Tabela 2 com valores de média, desvio padrão e valor de p.

Tabela 2 – Variáveis paramétricas sem diferença significativa entre as amostras.

	Jovens Ativos		Atletas de Pentatlo		Valor de <i>p</i>
	Média	DP	Média	DP	
PT RE 60°/s	50,80	9,46	56,23	10,13	0,229
Razão PT 120°/s	0,78	0,10	0,75	0,10	0,425
Razão PT 60°/s	0,74	0,10	0,68	0,08	0,204

DP= desvio padrão; PT RE 60 = Pico de rotadores externos a 60°/s em *Newtons* (N); Razão PT 120°/s = razão de força para rotadores de ombro a 120°/s; Razão PT 60°/s = razão de força para rotadores de ombro a 60°/s.

DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi comparar variáveis biomecânicas de dinamometria isocinética entre jovens ativos e atletas de pentatlo militar. De uma forma geral, fica evidente a diferença significativa de desempenho muscular entre os grupos estudados, com resultados superiores no grupo treinado especificamente para a modalidade de pentatlo militar.

Inicialmente é possível destacar que os valores de distância máxima na prova de lançamento de granadas evidenciam a diferença entre o desempenho atlético entre os dois grupos, onde atletas com melhor desempenho neuromuscular (evidenciado pelas variáveis biomecânicas) obtiveram melhores marcas.

Nos estudos que analisaram o movimento de lançamento de implemento por cima da cabeça, na prática de Basebol, dividiram-se esse movimento em seis fases, sendo elas: *wind-up* (preparação) – movimento inicial para geração de força com empunhadura do implemento; *early cocking* (armar inicial) – início da extensão do braço dominante e passada a frente para ganho de velocidade; *late cocking* (armar final) – projeção do troco à frente e conclusão da passada; *acceleration* (aceleração) – flexão de tronco e ombro com transferência de velocidade para o implemento; *deacceleration* (desaceleração) – abandono do implemento no ar com desaceleração do braço até a posição neutra; e *follow-through* (acompanhamento) – fase final do movimento(13)(14)(5).

Ao analisar a atividade eletromiográfica dos músculos de membros superiores atuantes durante as fases do lançamento de implemento sobre a cabeça, DiGiovine et al. encontraram para os músculos do manguito rotador moderada atividade durante a fase de armar inicial; atividade muito alta durante a fase de armar final; atividade alta durante a fase de aceleração e atividade moderada a muito alta durante a fase de desaceleração(14).

Nesse sentido, a atividade eletromiográfica evidenciada por DiGiovine et al. pode ter relação com os resultados de trabalho total maiores para o grupo de atletas do presente estudo, por dominarem a técnica de lançamento. O trabalho total é calculado por meio da soma do torque gerado durante toda a amplitude de movimento do gesto motor considerado(15). A alta atividade eletromiográfica do músculo redondo menor (único componente do manguito rotador com ação rotadora externa) evidenciada no estudo de DiGiovine et al. durante a sobrecarga na fase de desaceleração em oposição ao trabalho gerado nas fases anteriores, pode justificar os maiores valores de trabalho total de rotadores externos a 60°/s para o grupo de pentatletas. Da mesma forma, os valores significativos de trabalho total de rotadores internos a 60°/s e a 120°/s, sugerem uma maior força durante todo o arco de movimento nas fases de armar final e aceleração, momento em que é realizada a rotação interna à máxima tração com o braço estendido.

Os resultados do presente estudo mostraram também valores significativos de PT RE 120°/s, o que pode estar associado ao fato de que o recrutamento dos rotadores externos a uma maior velocidade possa maximizar o armazenamento de energia pelos componentes elásticos (tecido conjuntivo, tendões e músculos) a fim de potencializar os movimentos subsequentes (13)(16). Essa afirmativa é reforçada quando Forthomme et al., em seu estudo com atletas de lançamento de dardo, sugeriram a hipótese que o ciclo de alongamento-encurtamento dos músculos rotadores externos a altas velocidades, durante a fase de armar inicial (*early cocking*), promova uma resposta potencializadora da força gerada na fase de aceleração pelos rotadores internos(17). No entanto, o PT RE 60°/s não foi significativamente diferente entre os grupos. É possível que somente o pico de torque a maiores velocidades esteja relacionado à utilização de componentes elásticos uma vez que baixas velocidades não se assemelham ao gesto motor utilizado.

Segundo Neves Brás um dos sete mecanismos básicos de ocorrência de lesão e incidência de distúrbios crônicos no ombro, é o desequilíbrio muscular(18), tornando essa variável um bom parâmetro para prevenção de lesões na articulação em questão. Foram encontrados no presente estudo valores de razão de convencional de força de rotadores de ombro às velocidades de 60°/s de $0,68 \pm 0,08$ e a 120°/s de $0,75 \pm 0,10$ para os atletas de pentatlo militar. Já o grupo de jovens ativos apresentou os valores a 60°/s de $0,74 \pm 0,10$ e a 120°/s de $0,78 \pm 0,09$. Cabe ressaltar que os valores não divergiram entre os grupos estudados e estão de acordo com os encontrados por Batalha et al. para atletas de jovens nadadores ($> 0,66$), por Cools et al. para atletas cujos esportes envolvem lançamento de implementos por cima da cabeça ($0,73 - 0,77$), por Ellenbecker et al. para atletas juniores de elite de tênis ($0,66 - 0,75$) e Cingel et al. para atletas de badminton ($0,64 - 0,80$).

Corroborando com os resultados do presente estudo, Teixeira comparou a razão de equilíbrio de ombros entre atletas de elite de polo aquático ($0,80 \pm 0,06$) e jovens fisicamente ativos ($0,77 \pm 0,12$)(19) e também não encontrou diferença significativa entre os grupos. Byram et al. concluíram que valores entre 0,75 e 0,80 para razão de equilíbrio de ombros são parâmetros saudáveis para a prática de esportes de lançamento(20), o que significa que os músculos rotadores externos podem ser de 75 a 80% tão fortes quanto os músculos rotadores internos. Já Ellenbecker et al. sugeriram que valores normais de razão equilíbrio de ombros próximos a 0,66(21).

Portanto, a partir da comparação entre os valores encontrados por este estudo com aqueles previamente descritos na literatura, destaca-se que de uma forma geral ambos os grupos estiveram dentro da faixa considerada saudável para equilíbrio de ombro e realização do gesto esportivo de lançamento de granadas. Sendo assim, se fortalece a afirmativa de que o protocolo de treinamento dos grupos estudados, jovens treinados recreacionalmente e atletas de pentatlo militar, além de

gerar melhorias no desempenho neuromuscular superior para os atletas, não foi capaz de diferenciar o nível de equilíbrio de força dos músculos rotadores de ombro.

Por fim, uma das limitações do presente estudo foi não avaliar a razão funcional de equilíbrio de ombros, a qual considera também a ação muscular excêntrica responsável principalmente pela desaceleração do braço, muito importante na prevenção de lesões no manguito rotador (19). Além disso, os grupos estudados contaram com amostras pequenas, o que limita a extrapolação dos resultados para as populações relacionadas. Portanto, sugere-se que novos estudos sejam realizados a fim de expandir o número de amostras, bem como coletar dados biomecânicos de ações excêntricas e concêntricas dos músculos do manguito rotador.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo chegaram a valores para a razão de força de rotadores de ombro, não relatados para atletas de pentatlo militar na literatura até o momento, indicando normalidade para o grupo de pentatletas e de jovens ativos e representando baixo risco de lesão na musculatura do manguito rotador. Foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para as variáveis: trabalho total de rotadores externos a $60^\circ/s$, trabalho total de rotadores internos a $60^\circ/s$, trabalho total de rotadores internos a $120^\circ/s$, pico de torque de rotadores externos a $120^\circ/s$ e distância máxima de lançamento de granadas, com valores maiores para atletas em todas as variáveis. As diferenças significativas na distância máxima para a prova de lançamento de granadas, no grupo de atletas de pentatlo militar, bem como os maiores valores de diversas variáveis biomecânicas de dinamometria isocinética de rotadores internos e externos de ombro, sugerem uma melhor utilização dos componentes elásticos no gesto de arremessar por esses indivíduos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Berckmans K, Maenhout AG, Matthijs L, Pieters L, Castelein B, Cools AM. The isokinetic rotator cuff strength ratios in overhead athletes: Assessment and exercise effect. *Phys Ther Sport*. 2017;27:65–75. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2017.03.001>
2. Helm FCT Van Der. Analysis Of The Kinematic And Dynamic Behaviour Of The Shoulder Mechanism. *J Biomech*. 1994;27(5):527–50.
3. Radaelli R, Bottaro M, Weber F, Brown LE, Pinto RS. Influence of body position on shoulder rotator muscle strength during isokinetic assessment. *Isokinet Exerc Sci*. 2010;18(3):119–24.
4. Dischler JD, Baumer TG, Finkelstein E, Siegal DS, Bey MJ. Association Between Years of Competition and Shoulder Function in Collegiate Swimmers. *Sports Health*. 2018;10(2):113–8.
5. Gabriel Y., Patrick C. A study of antagonist/agonist isokinetic work ratios of shoulder rotators in men who play badminton. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2002;32(8):399–404.
6. Reid DC, Oedekoven G, Kramer JF, Saboe LA. Isokinetic muscle strength parameters for shoulder movements. *Clin Biomech*. 1989;4(2):97–104.
7. van Cingel R, Kleinrensink GJ, Mulder P, de Bie R, Kuipers H. Isokinetic strength values, conventional ratio and dynamic control ratio of shoulder rotator muscles in elite badminton players. *Isokinet Exerc Sci*. 2018;15(4):287–93.
8. Cools AMJ, Vanderstukken F, Vereecken F, Duprez M, Heyman K, Goethals N, et al. Eccentric and isometric shoulder rotator cuff strength testing using a hand-held dynamometer: reference values for overhead athletes. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2016;24(12):3838–47.
9. Batalha NM, Raimundo AM, Tomas-Carus P, Barbosa TM, Silva AJ. Shoulder Rotator Cuff Balance, Strength, and Endurance in Young Swimmers During a Competitive Season. *J Strength Cond Res*. 2013 Sep;27(9):2562–8. Disponível em: <https://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201309000-00026>
10. Ellenbecker T, Roetert EP. Age specific isokinetic glenohumeral internal and external rotation strength in elite junior tennis players. *J Sci Med Sport*. 2003;6(1):63–70.
11. Noffal GJ. Isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of the shoulder rotator muscles in throwers and nonthrowers. *Am J Sports Med*. 2003;31(4):537–41.
12. Juneja H, Verma SK, Khanna GL. Isometric Peak Force of Shoulder Rotators in Cricketers with and without History of Shoulder Pain. *J Exerc Sci Physiother*. 2015;7(1):42.
13. Chang ES, Bishop ME, Baker D, West R V. Interval Throwing and Hitting Programs in

- Baseball: Biomechanics and Rehabilitation. *Am J Orthop* (Belle Mead NJ). 2016;45(3):157–62.
14. DiGiovine NM, Jobe FW, Pink M, Perry J. An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *J Shoulder Elb Surg*. 1992;1(1):15–25. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S1058-2746\(09\)80011-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1058-2746(09)80011-6)
 15. Zabka FF, Valente HG, Pacheco AM. Avaliação isocinética dos músculos extensores e flexores de joelho em jogadores de futebol profissional. *Rev Bras Med do Esporte*. 2011;17(3):189–92.
 16. Fleisig GS, Barrentine SW, Escamilla RF, Andrews JR. Biomechanics of overhand throwing with implications for injuries. *Sport Med*. 1996;21(6):421–37.
 17. Forthomme B, Crielaard JM, Forthomme L, Croisier JL. Field performance of javelin throwers: Relationship with isokinetic findings. *Isokinet Exerc Sci*. 2007;15(3):195–202.
 18. Neves Brás PM. Análise Do Desequilíbrio Entre Rotadores Externos E Internos Da ArticulaçãO Do Ombro Em Nadadores De Nível Nacional, Com História De Sintomatologia Dolorosa – Estudo Caso. Faculdade De Ciências Do Desporto E Educação Física. 2015;1–70. Disponível em: [https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/30906/1/Tese Pedro Brás%28doc final_01_02_2015.pdf](https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/30906/1/Tese%20Pedro%20Brás%28doc%20final_01_02_2015.pdf)
 19. Gomes Teixeira F. Universidade Estadual Paulista Instituto De Biociências Campus De Rio Claro Avaliação Biomecânica Dos Músculos Rotadores Do Ombro Em Atletas De Elite De Polo Aquático E Jovens Fisicamente Ativos. 2017;
 20. Byram IR, Bushnell BD, Dugger K, Charron K, Harrell FE, Noonan TJ. Preseason shoulder strength measurements in professional baseball pitchers: Identifying players at risk for injury. *Am J Sports Med*. 2010;38(7):1375–82.
 21. Ellenbecker TS, Davies GJ. SUBJECT INDEX. In: *Dust Explosions*. Elsevier; 1982. p. 240–3. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444509659500161>
 22. Military Pentathlon Regulations 2019. International Military Sports Council; 2019. Parte A: Regulações Gerais; [revisado em 2019 Nov 26; citado 2019 Sep 14]; disponível em: <http://www.military-pentathlon.info/cms/news/military-pentathlon-regulations-2019.html>

APÊNDICE - 1

MINISTÉRIO DA DEFESA EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Convidamos o senhor a participar do projeto de pesquisa intitulado como “Comparação da razão de força dos rotadores internos e externos de ombro entre atletas de pentatlo militar e jovens ativos”, sob a responsabilidade do pesquisador Jurandir Oliveira e orientação da professora Dra. Maria Claudia Pereira.

Diversos estudos vêm sendo realizados com a finalidade de se obter parâmetros de força muscular dos rotadores de ombro relacionados à prevenção de lesões e à busca por melhores desempenhos esportivos. O pentatlo militar é uma modalidade dependente também da força produzida pelos músculos que rotacionam o ombro. No entanto, até o presente momento nenhum estudo foi realizado comparando o equilíbrio dos músculos rotadores de ombro entre atletas de pentatlo militar e jovens não praticantes dessa modalidade. Portanto, o objetivo do presente estudo é comparar razão de força dos músculos que rotacionam o ombro entre atletas de Pentatlo Militar da Comissão de Desporto do Exército e jovens ativos do Curso de Instrutores do ano de 2019 da Escola de Educação Física do Exército.

O senhor receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa e lhe asseguramos que seu nome não aparecerá, sendo mantido o mais rigoroso sigilo pela omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo.

A sua participação consistirá em uma visita ao Laboratório de Biomecânica do Instituto da Capacitação Física do Exército - IPCFEx, em horário e a ser acordado. Antes da coleta de dados todos os participantes serão submetidos a um aquecimento geral composto por 30 polichinelos, 15 giros de braços para frente e 15 giros de braços para trás. A força dos músculos rotadores de ombro será avaliada por meio de um equipamento chamado de dinamômetro isocinético. Após o aquecimento cada participante será posicionado sentado, sendo fixado à cadeira do dinamômetro por meio de faixas na região do tórax e cintura, a fim de evitar movimentos compensatórios. O membro superior dominante será apoiado sobre um suporte atrelado ao dinamômetro, estando o cotovelo flexionado a 90°. A avaliação da força será feita durante cinco rotações máximas de ombro para a frente e para trás em duas velocidades distintas (60 e 120°/segundo) e controladas pelo dinamômetro. Antes das repetições máximas em cada velocidade avaliada o participante realizará uma série de cinco repetições submáximas a fim de familiarizá-lo com o movimento. Será respeitado o intervalo de um minuto entre cada série de cinco repetições, sendo ela de esforço máximo ou submáximo.

O estudo não envolve gastos aos participantes. Todos os materiais e equipamentos necessários para os testes serão providenciados pelos pesquisadores. Os exercícios a serem utilizados não possuem contraindicações à população considerada no estudo. Contudo, exercícios físicos podem gerar dor muscular tardia que desaparece em poucos dias. Caso o participante sinta algum mal-estar que impossibilite a realização do teste ou detectada qualquer anormalidade, este será imediatamente interrompido.

Informamos que o Senhor pode se recusar a responder qualquer questão ou a participar de qualquer procedimento que lhe traga constrangimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o senhor. Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração.

Os participantes poderão ter acesso e solicitar a exclusão de seus dados a qualquer momento. O objetivo do estudo é coletar informações para a elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do pesquisador responsável e para a publicação de artigos científicos e/ou

trabalhos em congressos. Os participantes poderão ter acesso a esses documentos por intermédio do pesquisador responsável ou por meio de bases de dados digitais que contenham os periódicos escolhidos para publicação. Independentemente de se obter os resultados esperados, os dados serão publicados e divulgados, sendo resguardada a identidade dos participantes. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sob a guarda do pesquisador responsável por um período de no mínimo cinco anos, após isso serão destruídos ou mantidos na instituição.

Qualquer dúvida que porventura venha a surgir antes ou durante a pesquisa será esclarecida pelo pesquisador responsável, que se coloca a inteira disposição para contato (Jurandir Oliveira, telefone 67 99209-7636, e-mail jurandir_11@hotmail.com). Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido encontra-se redigido em duas vias, sendo uma para o participante e outra para o pesquisador. Havendo dúvidas você também poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Capacitação Física do Exército (CEP-CCFEx) pelo telefone 21 2586-2297 Av. João Luiz Alves, s/n - Urca, Rio de Janeiro – RJ, de segunda a quinta-feira, no horário de 10 às 15h

Tendo lido o ‘Termo de Consentimento Livre e Esclarecido’ e sido devidamente esclarecido sobre os objetivos, riscos e demais condições que envolverão minha participação no referido estudo, a ser realizado pelo pesquisador responsável Jurandir Oliveira e orientado pela professora Dra. Maria Claudia Pereira, declaro que tenho total conhecimento dos direitos e das condições que me foram apresentadas e asseguradas assim como manifesto livremente a minha vontade em participar do projeto supracitado.

Participante
Nome / assinatura

Pesquisador Responsável
Nome / assinatura

Rio de Janeiro, _____ de _____ de _____.

APÊNDICE - 2



ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO
"Berço da Educação Física no Brasil"

Data da avaliação:

___/___/___

ID:

ANAMNESE PARA AVALIAÇÃO DE ROTADORES DE OMBRO

Nome (sublinhe o nome de guerra):

Data de nascimento: _____ Sexo: () Feminino () Masculino **Altura**

(cm): _____ **Massa (kg):** _____

Membro superior dominante: () Direito () Esquerdo

Teve alguma lesão de ombro e/ou cotovelo nos últimos 6 meses: () sim () não

Caso a resposta tenha sido afirmativa, especifique o tipo e o local da lesão:

Sente alguma dor e/ou desconforto durante movimentação de ombro e/ou cotovelo?

() sim () não

Caso a resposta tenha sido afirmativa, especifique o local:

Faz uso de algum medicamento? Qual? _____

Quando foi seu último treino? _____

Qual foi o tipo de treino? _____

O treino envolveu membros superiores? _____