

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

**A INFLUÊNCIA DA FORÇA E DA FLEXIBILIDADE NO BATIMENTO
DE PERNAS E SUA RELAÇÃO COM A PERFORMANCE TOTAL DE
NADADORES DE 100 METROS NADO CRAWL**

Jovir Luis Demari

Porto Alegre, dezembro de 2000.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA
MESTRADO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

***A INFLUÊNCIA DA FORÇA E DA FLEXIBILIDADE NO BATIMENTO
DE PERNAS E SUA RELAÇÃO COM A PERFORMANCE TOTAL DE
NADADORES DE 100 METROS NADO CRAWL***

Jovir Luis Demari

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Vaz

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Porto Alegre, dezembro de 2000.

FICHA CATALOGRÁFICA

D372i Demari, Jovir Luis.

A influência da força e da flexibilidade no batimento de pernas e sua relação com a performance total de nadadores de 100 metros nado crawl. / Jovir Luis Demari. - Porto Alegre: UFRGS, 2000.

78f., il., gráf., tab.

Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Educação Física. Mestrado em Ciências do Movimento Humano, 2000.

1.Natação: Flexibilidade. 2.Natação: Performance. 3 Natação: Força. 4. Propulsão: Batimento de Pernas. 5. Crawl. I.Título. II. Vaz, Marco Aurélio, orientador.

CDU: 796.012:797.2

A G R A D E C I M E N T O S

*A todos que, de alguma forma,
colaboraram, auxiliaram e torceram
para que este trabalho fosse
concluído.*

S U M Á R I O

FICHA CATALOGRÁFICA	3
AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	9
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	13
1. REVISÃO DE LITERATURA	17
1.1. Biomecânica do batimento de pernas	18
1.2. Propulsão e resistência	21
1.3. Flexibilidade e o batimento de pernas	24
1.4. Força muscular e o batimento de pernas	26
1.5. Problema	28
1.6. Objetivos	28
2. MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1. Delineamento da pesquisa	30
2.2. Amostra	30
2.3. Procedimentos	31
2.4. Avaliação antropométrica	31
2.5. Avaliação da flexão plantar	33
2.6. Verificação da capacidade de produção de força	33
2.6.1. Protocolo	34
2.7. Batimento de pernas	35
2.8. Verificação da performance do nadador	36
2.9. Análise dos resultados	37
2.10. Tratamento estatístico	38
3. RESULTADOS	40
3.1. Avaliação antropométrica	41
3.2. Flexão plantar direita e esquerda	42

3.3. Verificação da capacidade de produção de torque	43
3.3.1. Torque isométrico	43
3.3.2. Torque isocinético	44
3.4. Tempo de batimento de pernas	45
3.5. Performance total	45
3.6. Flexão plantar e batimento de pernas	46
3.7. Capacidade de produção de força e batimento de pernas	48
3.8. Batimento de pernas e performance total	51
4. DISCUSSÃO	54
5. CONCLUSÃO	59
6. DIREÇÕES FUTURAS	60
7. BIBLIOGRAFIA	62
8. ANEXOS	66
Anexo 1 - Consentimento para participação em pesquisa Científica	67
Anexo 2 - Ficha para coleta de dados	71
Anexo 3 - Tabela de valores antropométricos individuais	72
Anexo 4 - Tabela de valores individuais de flexão plantar	73
Anexo 5 - Tabela de valores individuais de extensão e flexão isocinéticas e extensão e flexão isométricas	74
Anexo 6 - Tabela de resultados individuais, propulsão de Membros inferiores e performance total	75
Anexo 7 - Tabela de valores individuais dos subgrupos da amostra, estratificados pelo tempo de propulsão dos membros inferiores	76
Anexo 8 - Gráficos de correlação de torque e tempo de batimento de pernas de toda amostra	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Medidas de idade, massa corporal, estatura e envergadura	40
Tabela 2 – Resultado de percentual de gordura, perímetro (cm) da coxa proximal e distal, e perna	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Medidas de flexão plantar	42
Figura 2 – Valores do torque resultante da extensão e da flexão do joelho em 60°	43
Figura 3 – Valores do torque resultante da extensão e da flexão do joelho em 370°/s	44
Figura 4 – Valores obtidos no teste de batimento de pernas.....	45
Figura 5 – Valores do teste performance obtidos em 100 metros, nado <i>crawl</i>	46
Figura 6 – Correlação entre batimento de pernas e flexão plantar	47
Figura 7 – Correlação entre batimento de pernas e flexão plantar nos subgrupos da amostra	48
Figura 8 – Correlação do torque resultante da extensão do joelho em 60° e batimento de pernas	49
Figura 9 – Correlação do torque resultante da flexão do joelho em 60° e batimento e pernas	49
Figura 10 – Correlação do torque resultante da extensão do joelho na velocidade de 370°/s e batimento de pernas	50
Figura 11 - Correlação do torque resultante da flexão do joelho na velocidade de 370°/s e batimento de pernas	51
Figura 12 - Correlação entre batimento de pernas e performance total em 100m nado <i>crawl</i>	52
Figura 13 - Correlação nos subgrupos entre batimento de pernas e performance total em 100m nado <i>crawl</i>	53

R E S U M O

O objetivo do presente estudo foi verificar a influência da força e da flexibilidade no batimento de pernas e sua relação com a performance de nadadores de 100 metros nado *crawl*. Os 23 melhores nadadores, na prova de 100 metros nado *crawl*, do Campeonato Estadual Júnior e Sênior de Inverno, do Estado do Rio Grande do Sul, foram selecionados para este estudo. Os nadadores foram submetidos a: (1) avaliação da flexibilidade (flexão plantar), (2) avaliação da capacidade de produção de força (torque) isométrica e isocinética dos músculos extensores e flexores do joelho, (3) avaliação do batimento de pernas na distância de 100 metros e (4) avaliação da performance do nado *crawl* na distância de 100 metros. Inicialmente, a influência da força e da flexibilidade no batimento de pernas, foi analisada. Em seguida, a influência do batimento de pernas na performance total dos nadadores foi analisada. Após este procedimento, a amostra foi dividida em três grupos, conforme o tempo obtido no teste de batimento de pernas (grupo I: do 1º ao 8º tempo; grupo II: do 9º ao 16º tempo; e grupo III:

do 17º ao 23º tempo), com o objetivo de verificar diferenças entre os grupos nas variáveis testadas. Os valores obtidos (n=23) para correlação entre flexão plantar e batimento de pernas não foram significativos. Já nos subgrupos da amostra, somente o grupo I obteve correlação significativa ($r=0,70 - p<0,05$) entre flexão plantar e batimento de pernas. Os valores obtidos da força (torque) isométrica, resultante da flexão e extensão do joelho em um ângulo de 60º e os valores da força (torque) isocinética obtidos na velocidade de 370º/s não se correlacionaram com os resultados obtidos no teste de batimento de pernas, tanto na análise do grupo todo, quanto nos grupos estratificados. Os tempos de batimento de pernas (n=23) mostraram correlação significativa ($r=0,70 - p<0,05$) com a performance total. A análise nos subgrupos mostrou valores significativos somente para o grupo III ($r=0,85 - p<0,05$), mas não mostrou valores significativos para os grupos I e II. Os resultados sugerem que a força (torque) resultante da flexão e extensão do joelho em 60º (isométrico) e na velocidade de 370º/s (isocinético) não tem influência no batimento de pernas, enquanto a flexibilidade esta influenciando no batimento de pernas somente no grupo I. O batimento de pernas tem importância significativa para a performance total de nadadores de 100 metros nado *crawl*.

Palavras Chaves: natação, flexibilidade, força, batimento de pernas.

A B S T R A C T

The purpose of this study was to investigate the correlation between strength and flexibility and leg propulsion. The correlation between leg propulsion and performance in 100 meters freestyle swimmers was also investigated. The best freestyle swimmers n=23 (100 meter distance) in Rio Grande do Sul Winter Senior and Junior State Competition were selected for this study. The measurements obtained from the athletes were (1) ankle plantar flexion, (2) knee flexor and extensor torque (isometric and isokinetic), (3) leg kicking propulsion in 100 meters, and (4) freestyle performance in 100 meters. Initially, the influence of force and flexibility in leg propulsion was studied. Secondly, the influence of lower extremity propulsion in the overall swimming performance was studied. Finally, the swimmers were divided into three subgroups according to results obtained in the leg propulsion test (subgroup I = first to eighth rank order; subgroup II = ninth to sixteenth rank order; and subgroup III = from the seventeenth to the twenty third rank order), in order to study differences in the variables tested. The correlation

between ankle plantar flexion and propulsion was not significant for the group as a whole. Among the subgroups, only subgroup I showed a significant correlation ($r = 0,70$), and subgroups II and III did not present any significant correlation. The torque results from flexion and extension of the knee at 60° (isometric) and at the speed of $370^\circ/s$ (isokinetic) did not correlate with the results from the lower extremity propulsion tests for the group as a whole nor for the subgroups. The results of lower extremity propulsion showed statistically significant correlation ($r=0,70 - p<0,05$) with the overall performance of the swimmers. In the subgroups, results correlated significantly in group I and group II ($r=0,96$ and $r=0,71$, $p<0,05$ respectively) but were not significant for subgroup III. The results suggest that the force represented by the resulting torque from knee flexion and extension at 60° (isometric) and at a speed of $370^\circ/s$ (isokinetic) has no influence on lower extremity propulsion. Flexibility was found to influence lower extremity propulsion only in subgroup I. Lower extremity propulsion seems to have significant influence in the overall performance of 100 meters freestyle swimmers.

Key words: swim, flexibility, force, propulsion, leg kick.

I N T R O D U Ç Ã O

O sucesso da performance do nadador é influenciado pela sua capacidade de gerar força propulsora e minimizar a resistência ao avanço no meio líquido. Isto acontece com a melhora da técnica, do padrão biomecânico e da condição física do atleta (Maglischo, 1999).

A propulsão no nado *crawl* depende da ação sincronizada dos membros superiores e inferiores. Vários estudos têm examinado a magnitude da contribuição de membros superiores na propulsão do nado *crawl* (Adrian et al., 1966; Counsilman, 1980a; Toussaint et al., 1992; Maglischo, 1999), e é de consenso, entre estes pesquisadores, que a ação de membros superiores no nado *crawl* é altamente propulsiva e responsável por 70% a 100% da propulsão total do nado. Isso vem influenciando técnicos e atletas a dedicarem várias horas de seu trabalho diário, na água e fora dela, aos membros superiores.

A contribuição da ação de membros inferiores (batimento de pernas) na propulsão do nado *crawl* foi, por muito tempo, desconsiderada ou negligenciada. Counsilman (1980b) relatava,

inclusive, que o batimento de pernas, em alguns nadadores, podia retardar a propulsão alcançada com os membros superiores. No entanto, parece haver interesse renovado em sua contribuição para a propulsão e a performance total do nado (Smith, 1978; Fitzgerald, 1980; Mookerjee et al., 1995; Hull, 1997; Deschodt et al., 1999).

O batimento de pernas tem sido considerado como responsável por auxiliar no alinhamento do corpo e na manutenção do equilíbrio e da posição horizontal próxima à superfície da água (sustentação do quadril). Já Counsilman (1980a), ao observar nadadores de nível mundial, constatou que sete entre oito finalistas na prova de 100 metros livre utilizavam, com grande intensidade, o batimento de pernas. Apesar da grande quantidade de oxigênio consumida durante a ação dos membros inferiores no nado *crawl* (Adrian et al., 1966; Maglischo, 1999), o batimento de pernas é muito importante na mecânica de nado e na diminuição da força de resistência ou de arrasto (Counsilman, 1980a; Maglischo, 1990).

A função do batimento de pernas na performance total do nadador foi investigada por alguns pesquisadores (Karpovich, 1935; Fitzgerald, 1980; Hollander et al., 1986; Mookerjee et al., 1995; Hull, 1997; Maglischo, 1999). No entanto, as opiniões divergem na magnitude exata da contribuição do batimento de pernas quando se trata de propulsão. Considerando que o batimento de pernas é parte integral de qualquer estilo de natação, é imprescindível um estudo mais

aprofundado deste tema.

Assumindo-se que quanto menor o tempo para percorrer uma determinada distância batendo pernas, maior é a propulsão oferecida, dois fatores têm sido propostos como responsáveis pela diferença na propulsão decorrente do batimento de pernas: a flexibilidade da articulação do tornozelo (flexão plantar) (Hull, 1997), e a força dos músculos que atuam no batimento de pernas (Hawley et al., 1992). No entanto, não foi encontrado, na literatura, um estudo sistemático que avaliasse a relação desses dois fatores com o batimento de pernas, assim como a relação existente entre o batimento de pernas e a performance de nado.

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi investigar a correlação da força e da flexibilidade no batimento de pernas e a influência do batimento de pernas na performance total de nadadores de 100 metros *crawl*.

Hipóteses

Assumindo-se que a flexibilidade e a força são variáveis importantes no batimento de pernas, e que o batimento de pernas é um fator importante na performance total de um nadador de 100 metros *crawl*, três hipóteses foram formuladas:

1. Nadadores com maior flexibilidade do tornozelo (flexão plantar) apresentam menor tempo no teste de batimento de pernas em um percurso de 100 metros.
2. Nadadores com maior produção de força nos músculos extensores e flexores do joelho apresentam menor tempo no teste de batimento de pernas em um percurso de 100 metros.
3. Nadadores com menor tempo de batimento de pernas apresentam melhor performance (menor tempo) em um percurso de 100 metros nado *crawl*.

1. REVISÃO DE LITERATURA

O batimento de pernas do nado *crawl* se executado de forma mecanicamente correta (vide item 1.1 Biomecânica do batimento de pernas, a seguir), e em alta intensidade pode proporcionar um deslocamento do corpo na água rápido, isto é, quanto menor o tempo de deslocamento maior a propulsão proporcionada pelo batimento de pernas, além de auxiliar no equilíbrio e sustentação do corpo diminuindo a resistência e aumentando a velocidade total do nado (Hay, 1981). A magnitude da contribuição do batimento de pernas na performance total de nadadores de 100 metros, nado *crawl*, ainda é matéria de debate. No entanto dois fatores parecem influenciar no batimento de pernas em se tratando de propulsão: a flexibilidade do tornozelo (flexão plantar) e a força com que os nadadores executam o batimento de pernas.

A fim de melhor entender a contribuição desses fatores na propulsão decorrente do batimento de pernas e este, na performance total de nadadores, aspectos referentes à biomecânica do batimento de

pernas, propulsão e resistência na natação, flexibilidade do tornozelo e capacidade de produção força serão revisados e discutidos a seguir.

1.1 **Biomecânica do batimento de pernas**

A propulsão de membros inferiores se dá a partir do batimento de pernas, e se caracteriza pela ação alternada e contínua dos membros inferiores, principalmente no plano vertical (Palmer, 1990).

Hay (1981) descreve o batimento de pernas (a chamada pernada ondulada) como sendo uma ação na qual as pernas se alternam em um movimento vertical ou quase vertical, para cima e para baixo. Para Maglischo (1999), o batimento de pernas do nado *crawl*, além dos movimentos alternados para cima e para baixo, pode, em alguns momentos, ter componentes laterais ou pernadas de adejamento (movimentos laterais e diagonais que auxiliam na propulsão do batimento de pernas).

Conforme Palmer (1990), Costill et al. (1992) e Maglischo (1999), o batimento de pernas divide-se em:

1 - *Batimento para cima* – Inicia com o quadril flexionado e o joelho estendido, com o membro inferior a uns 30 centímetros de profundidade. O membro inferior é elevado, estendido, até a linha da água, ou seja, até que ocorra uma extensão total do quadril. Costill et al. (1992) preconizam que, a maior parte do trabalho do batimento para

cima é efetuado com os músculos glúteos máximos, enquanto que os músculos que estão ao redor do tornozelo permanecem relaxados.

2 - *Batimento para baixo* – Com o membro inferior totalmente estendido, inicia-se a pernada para baixo com a flexão do quadril, seguida da flexão do joelho e da flexão plantar do tornozelo, estas últimas obtidas através da pressão da água sobre a perna e o dorso do pé. Antes que o pé apareça na superfície da água devido à flexão do joelho, inicia-se a extensão do joelho. O batimento para baixo vai até a extensão total do joelho. Os principais grupos musculares que agem no batimento de pernas para baixo são aqueles que atuam na extensão do joelho, ou seja, o reto femoral, vastos medial, intermediário e lateral, assim como o sartório (Palmer, 1990).

A amplitude articular de movimento para cima e para baixo dos membros inferiores ainda é muito questionada. A estabilização do corpo e a força propulsiva serão reduzidas caso a pernada de “adejamento” seja muito superficial (ou seja, caso a amplitude de movimento seja limitada), enquanto que o arrasto aumentará se o movimento de pernas for muito profundo (Maglischo, 1999). Allen (1948), citado por Hay (1981), constatou que uma amplitude de batimento de pernas de profundidade aproximada de 30 centímetros obtinha uma propulsão superior do que o batimento de pernas com profundidade de 15 centímetros. No batimento máximo de pernas, a tendência é que ocorra uma diminuição na amplitude do movimento e

um aumento na sua freqüência (Engesvik, 1992; Hull, 1997).

O ritmo do movimento de pernas se refere ao número de batimentos de pernas por ciclo de braços (execução do movimento completo com os dois braços). Um batimento de dois tempos, por exemplo, significa que o nadador executou dois movimentos com os membros inferiores para um ciclo completo de movimento com os membros superiores. Nadadores de classe mundial têm utilizado batimentos de dois, quatro e seis tempos, sendo este último o mais utilizado em provas de velocidade (Maglischo, 1999).

Hull (1997) afirma que, em provas de endurance (longa distância), as pernas são fatores que limitam a performance, porque fadigam mais precocemente. Adrian et al. (1966) verificaram que o batimento de pernas consumia mais energia que o movimento dos braços, isto é, nadadores que utilizavam somente os membros inferiores, consumiam quatro vezes mais oxigênio do que quando realizavam a mesma distância apenas com os movimentos dos membros superiores.

Todavia, Counsilman (1980b) advertiu que os melhores nadadores finalistas nas provas de 100 metros nado livre, realizavam batimentos de seis tempos, enquanto que finalistas nas provas de 1.500 metros nado livre, produziam duas batidas por ciclo de braçadas. Deduziu, então, que seis batimentos por ciclo de braçadas eram mais indicados para nadadores velocistas. Maglischo (1999) afirma que o batimento de pernas deve ser realizado para propulsão nas provas de velocidade e

durante os metros finais nas provas mais longas.

As afirmações dos autores acima, de que os nadadores utilizam o batimento de pernas em provas curtas e para finalizar provas mais longas, parece ser observado em vários nadadores vencedores nas diversas distâncias da prova de nado *crawl*, mas principalmente na prova de 100 metros. No entanto, poucas são as evidências apresentadas na literatura da influência do batimento de pernas na performance de nadadores de 100 metros *crawl*.

1.2 Propulsão e resistência

A velocidade de deslocamento de um nadador é resultado de duas forças: aquela que dificulta o avanço de seu corpo ou força de resistência — criada pela água — e a que impele o nadador para frente, chamada força de propulsão, criada pelos movimentos coordenados de membros superiores e inferiores (Counsilman, 1980b; Hay, 1981; Toussaint, 1992; Sanders et al. 1992). Segundo Maglischo (1999), treinadores tendem a focalizar a maior parte da atenção na força que seus nadadores devem executar para avançar na água, negligenciando as forças de resistência que os retém.

A água exerce um efeito retardador intenso nos objetos que se deslocam através dela. De acordo com Counsilman (1980b) e Hay (1981), o termo “força de resistência” está relacionado à força,

produzida pela água, que dificulta o avanço do nadador. O termo que vem sendo utilizado recentemente para descrever a resistência da água aos movimentos do nadador é “arrasto” (Maglischo, 1999).

De acordo com Maglischo (1999), existem três tipos de arrasto: arrasto friccional — causado pela fricção entre a pele dos nadadores e as moléculas de água que entram em contato com a pele; “arrasto de onda” — causado pela turbulência gerada na água pelos próprios nadadores; e o “arrasto de forma” — que é causado pelo tamanho e pela forma dos corpos dos nadadores em seu deslocamento propulsivo na água. A posição do corpo na água é de fundamental importância para redução dos níveis de arrasto, isto é, quanto mais horizontal o corpo do nadador estiver e quanto menos movimentos laterais executar, menor será a resistência ao avanço (Hay, 1981).

Inicialmente a ação propulsora do batimento de pernas no nado *crawl* foi verificada por Karpovich (1935), citado por Hay (1981), o qual testou as velocidades que nadadores de *crawl* poderiam desenvolver (1) usando apenas os membros superiores, (2) usando somente os membros inferiores e (3) usando os dois membros em conjunto. Concluiu que bons nadadores de *crawl* obtêm cerca de 70% da velocidade para frente de seus membros superiores, enquanto os 30% restantes são resultantes dos movimentos de seus membros inferiores.

Segundo Maglischo (1999), o batimento de pernas, durante a década de 60 e 70, tinha como funções o equilíbrio e sustentação do

corpo na água, tendo sido desconsiderada a possibilidade de propulsão com o batimento de pernas no nado *crawl*, provavelmente devido as idéias de pesquisadores como Counsilman (1980). Este período influenciou (e ainda influencia) técnicos e nadadores a menosprezarem o batimento de pernas, e a dedicarem várias horas de treinamento ao aprimoramento dos membros superiores.

No entanto, Watkins e Gordon (1983), citados por Hollander et al (1986), em um estudo mais recente, verificaram, em um grupo de 33 competidores (homens e mulheres), que somente 90% da velocidade máxima de nado podia ser alcançada em testes realizados apenas com propulsão de braços.

Hollander et al. (1986), testaram 18 nadadores (homens e mulheres), de nível nacional e olímpico, sob duas condições: (1) enquanto nadavam com movimentos completos na velocidade máxima e (2) enquanto executavam apenas os movimentos de braços na velocidade máxima, com suas pernas apoiadas em uma bóia de sustentação. A velocidade média quando executavam o nado completo foi 12% maior do que quando se deslocavam somente com os movimentos de braços.

Deschodt et al. (1999) analisaram a performance de oito (08) nadadores em uma prova de 25 metros em quatro situações: (1) usando somente um braço, (2) usando os dois braços, (3) usando um braço e as duas pernas e (4) os dois braços e as duas pernas. Observaram um

aumento de 10% (dez por cento) na velocidade total de nado quando utilizavam os dois braços e as duas de pernas.

Uma das limitações em relação à determinação do percentual de contribuição do batimento de pernas se deve ao fato de terem sido determinados através da subtração do tempo de performance total e do tempo obtido somente utilizando o batimento de pernas. Em outras palavras, não foi determinado o tempo real do batimento de pernas nesses estudos. Outro fator que pode talvez explicar a grande variação (10% a 30%) obtida na contribuição do batimento de pernas para a performance total para alguns estudos acima provavelmente está relacionado com a evolução que a própria natação sofreu de 1935 até a década de 80.

1.3 Flexibilidade e o batimento de pernas

Alguns nadadores são mais eficientes em seus movimentos de pernas do que outros. A intensidade da propulsão do batimento de pernas que o nadador pode transferir para a água depende, fundamentalmente, da flexibilidade do tornozelo (flexão plantar). De acordo com Maglischo (1999), os nadadores especialistas nos nados *crawl*, borboleta e costas que possuem maior flexão plantar são capazes de manter seus pés numa posição que desloca a água para trás por um período de tempo mais prolongado durante o batimento de

pernas para baixo.

Cureton (1930), citado por Hay (1981), afirma que os nadadores experientes com melhores batimentos de pernas apresentam maior flexibilidade nos tornozelos do que nadadores regulares com pernas mais fracas. Já Robertson (1960), citado por Hay (1981), obteve relações significativas entre flexibilidade do tornozelo e a força propulsiva. Para Hull (1997), se o pé do nadador curva mais que 90 graus (ou seja, realiza a flexão plantar), o nadador terá uma ótima pernada.

Analisando a posição que o pé do nadador adquire, com uma boa flexão plantar (o pé curva mais que 90 graus), durante o batimento de pernas, pode-se dizer que faz sentido a afirmação dos autores acima. Entretanto, Mookerjee et al. (1995), em um estudo envolvendo doze (12) nadadoras universitárias, e utilizando um goniômetro para medir a flexibilidade do tornozelo (flexão plantar), obtiveram uma média de 82 graus de flexão plantar, e não acharam relação significativa entre batimento de pernas e flexão plantar. Isso sugere que, durante a execução do batimento de pernas, mais fatores como por exemplo a força muscular podem influenciar na propulsão decorrente do batimento de pernas.

1.4 Força muscular e batimento de pernas

A força muscular pode ser definida como a força ou tensão que um músculo ou um grupo muscular consegue exercer contra uma resistência, num esforço máximo (Fox e Mathews, 1986).

Os trabalhos de treinamento força para nadadores nunca foram bem aceitos por atletas e técnicos. Acreditava-se que estes exercícios provocariam, além do aumento da força, aumento da massa muscular, hipertrofia e diminuição da flexibilidade, reduzindo, dessa forma, a agilidade do nadador. No entanto, Masley et al. (1952), citados por Fox e Mathews (1986), demonstraram que fisiculturistas eram, na verdade, mais flexíveis que a população em geral.

O aumento do músculo que resulta dos programas de treinamento com pesos, deve-se, principalmente, ao aumento da área transversal de cada fibra muscular. Esse aumento no diâmetro da fibra foi denominado de hipertrofia (Fox e Mathews, 1986). Esse ganho na massa muscular, segundo Maglischo (1999), seria responsável por um aumento na resistência de arrasto, e, portanto, diminuiria a propulsão do nadador. Em outras palavras, o ganho de força (e possivelmente uma melhora na propulsão) poderia ser anulado pelo aumento da resistência (arrasto) obtido com o ganho de massa muscular.

Poucos são os relatos de pesquisas envolvendo treinamento de nadadores com pesos. Entretanto, Strass (1988), citado por Maglischo (1999), detectou melhoras de 0,04 a 0,08m/s na velocidade média de

natação, em uma distância de 50 metros, após o treinamento de resistência com pesos. Isto significa uma redução de 0,50 a 1,00 segundo no tempo necessário para percorrer aquela distância. Como o treinamento de resistência com pesos aumenta a capacidade do indivíduo de produzir força por um período de tempo maior, este tipo de treinamento poderia ser o responsável pelo aumento na propulsão.

Hawley et al. (1992), em um estudo com doze (12) nadadores e dez (10) nadadoras observaram que medidas de força em laboratório têm relações significativas com a performance de nadadores em provas de curta (25 metros) e média duração (400 metros).

Mookerjee et al. (1995) examinaram a relação entre a força isocinética nas velocidades de 2,88 rad/s (165°/s), 6,28 rad/s (360°/s) e 7,85 rad/s (450°/s) e batimento de pernas nas distâncias de 25 e 50 jardas (22,86 e 45,72 metros, respectivamente), e obteve correlação ($r=0,82$) entre o torque resultante a 6,28 rad/s (360°/s) e batimento de pernas na distância de 25 jardas (22,86 metros).

O reduzido número de estudos envolvendo batimento de pernas deve-se, provavelmente, pela pequena contribuição à performance total de nado observada. Apesar dessa contribuição ser, em média, de aproximadamente apenas 10%, em um evento de natação, os oito finalistas podem estar separados por menos de um segundo, ou seja, o equivalente a 2% do tempo total de prova. Nesse sentido, talvez uma melhor performance, isto é, um menor tempo de batimento de pernas

pode estar relacionado a uma melhor performance total, e pode contribuir, decisivamente, para esses 2% de diferença entre atletas. Por outro lado, um estudo mais detalhado deste assunto se faz necessário a fim de esclarecer melhor este assunto.

1.5 Problema

Existe correlação entre a flexibilidade do tornozelo (flexão plantar) e o batimento de pernas de nadadores de 100 metros, nado *crawl*?

Existe correlação entre o torque dos músculos extensores e flexores do joelho e o batimento de pernas de nadadores de 100 metros, nado *crawl*?

Existe correlação entre o batimento de pernas e a performance total de nadadores de 100 metros, nado *crawl*?

1.6 Objetivos

O presente estudo tem por objetivos:

- a. Verificar a relação existente entre flexibilidade do tornozelo (flexão plantar) e o batimento de pernas de nadadores de 100 metros, nado *crawl*.
- b. Verificar a relação existente entre a capacidade de produção

de força (torque) e o batimento de pernas de nadadores de 100 metros, nado *crawl*.

- c. Verificar a relação entre o batimento de pernas e a performance total de nadadores de 100 metros nado *crawl*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Delineamento da pesquisa

O presente estudo é caracterizado por uma pesquisa do tipo correlacional, pois busca relacionar a influência da flexibilidade do tornozelo (flexão plantar) e da capacidade de produção de força no batimento de pernas, e a relação desta última com a performance total de nadadores de 100 metros livre.

2.2 Amostra

Participaram deste estudo os 23 melhores nadadores, categoria júnior e sênior, da prova de 100 metros nado *crawl*, do Campeonato Estadual Júnior e Sênior de Inverno do Estado do Rio Grande do Sul.

Antes de iniciar o estudo, todos os nadadores foram informados dos objetivos e procedimentos envolvidos na pesquisa, e deram seu consentimento verbal e por escrito (Anexo I).

Todos os sujeitos nadavam competitivamente por, no mínimo,

quatro (04) anos, treinavam cinco (05) vezes por semana, durante uma hora e meia por dia, e estavam na mesma fase de treinamento.

2.3 Procedimentos

Os procedimentos envolvidos neste estudo incluíram: avaliação antropométrica, avaliação da flexão plantar do tornozelo, avaliação da capacidade de produção de força, avaliação da propulsão decorrente do batimento de pernas e avaliação da performance total do nado *crawl*. Todos os testes laboratoriais foram realizados no Laboratório de Pesquisa do Exercício da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, enquanto que os demais testes foram realizados na piscina olímpica do Clube Grêmio Náutico União de Porto Alegre.

2.4 Avaliação antropométrica

Para caracterizar fisicamente e verificar a homogeneidade da amostra foram medidas a envergadura, os perímetros da coxa proximal e distal e da perna (panturrilha) e o percentual de gordura.

A medida de envergadura foi realizada com o indivíduo de pé, com a região peitoral encostada na parede, e com o ombro abduzido a 90 graus, a distância entre o dedo médio da mão direita e o dedo médio

da mão esquerda, foi então registrada. O perímetro proximal da coxa foi tomado no plano horizontal, um centímetro abaixo da dobra glútea, estando o peso corporal igualmente distribuído nos membros inferiores. O perímetro distal de coxa foi tomado no plano horizontal próximo ao epicôndilo femoral, estando o peso corporal igualmente distribuído nos membros inferiores. O perímetro da perna foi tomado no plano horizontal, na área de maior circunferência da panturrilha, estando o peso corporal igualmente distribuído nos membros inferiores (Heyward et al. 1996). Uma fita métrica, com leitura na ordem de 1 mm, foi utilizada e os valores obtidos foram registrados em uma ficha para coleta de dados (Anexo 2).

Para determinação das dobras cutâneas, foi utilizado plicometro "Cercorf", resolução 0,1mm, enquanto para a avaliação da composição corporal foi utilizada a equação de Pollock para homens (densidade corporal = $1,1093800 - 0,0009929 (x 2) + 0,0000016 (x 2)^2 - 0,0002574 (x 3)$) (Pollock et al. 1980). Três dobras cutâneas foram medidas, a saber: (1) tórax: determinada a partir de uma linha diagonal entre a linha axilar anterior e o mamilo, e medida na metade da distância dessa linha; (2) abdominal: determinada paralelamente ao eixo longitudinal do corpo, aproximadamente dois centímetros à direita da cicatriz umbilical; (3) coxa: determinada paralelamente ao eixo longitudinal do membro inferior, na metade da distância entre o ligamento inguinal e o bordo superior da patela.

2.5 Avaliação da flexão plantar

Para avaliação da flexão plantar foi utilizado o “Fleximeter”, desenvolvido e fabricado no Brasil pelo Instituto Code de Pesquisas (Reg. Um 8320-3 RJ). Esta avaliação foi executada com o indivíduo sentado em um banco sueco, com a articulação do tornozelo além da borda do banco. O flexímetro foi colocado no nível do metatarso, na parte interna do pé, paralelo à articulação do tornozelo. Partindo da posição neutra da articulação (onde coincide o zero grau com 360 graus no aparelho), o indivíduo executou a flexão plantar (ou extensão total) do tornozelo duas vezes, tendo sido registrado o maior valor (Achour Júnior 1997).

2.6 Verificação da capacidade de produção de força

Para a verificação da capacidade de produção de força muscular dos membros inferiores, um dinamômetro isocinético do tipo CYBEX (Modelo Norm; Lumex, Ronkonkoma, Nova Iorque) foi utilizado. O torque produzido pelos músculos extensores e flexores do joelho foi utilizado como representativo da força dos membros inferiores. Essa escolha foi determinada baseada no fato de essa ser a musculatura mais utilizada no batimento de pernas. A capacidade de produção de força foi avaliada a partir de um teste isométrico e de outro isocinético.

2.6.1 Protocolo

Os indivíduos, ao chegarem no laboratório, foram informados do objetivo da pesquisa e, logo após, foram coletados os dados antropométricos de massa corporal, estatura e envergadura (Anexo 2). Antes de iniciar os testes de força, os sujeitos realizaram aquecimento de cinco minutos em bicicleta ergométrica. Os indivíduos sentaram na cadeira do dinamômetro isocinético e foram presos à mesma por meio de um cinto de segurança na altura do quadril, e por fitas de velcro na coxa. Em seguida, o eixo da articulação do joelho foi alinhado com o eixo do dinamômetro. O braço do dinamômetro foi preso à perna do sujeito, aproximadamente 2 cm acima do maléolo lateral. Antes de iniciar o teste, os sujeitos foram informados sobre o procedimento do teste, e foi realizado um protocolo na velocidade angular de $370^\circ/\text{s}$ para familiarização do sujeito com o equipamento. Essa velocidade angular foi escolhida tanto para o teste de familiarização quanto para o teste isocinético com base nos estudos de Mookerjee et al. (1995). Os sujeitos realizaram, somente com a perna direita, três tentativas de flexão e extensão concêntricas máximas para essa velocidade, com um intervalo de repouso de dois minutos entre o protocolo de familiarização e o teste propriamente dito. Os indivíduos foram incentivados verbalmente para que realizassem contrações máximas durante o teste isocinético.

Após um intervalo de dois minutos, com o indivíduo na mesma

posição, iniciou-se o teste isométrico. Explicados os procedimentos do teste, um protocolo de familiarização com três contrações em um ângulo de 60° foi realizado. O ângulo de 60° foi escolhido para a avaliação, tendo em vista já ter sido demonstrado que o pico de torque dos extensores do joelho ocorre em um ângulo de aproximadamente 60° (Thorstensson et al. 1976). Uma contração máxima de 5 segundos foi realizada nesse ângulo. Os mesmos procedimentos adotados para obtenção do torque extensor foram adotados para as medidas do torque flexor do joelho. Inicialmente foram coletados os dados referentes à extensão do joelho e, após, foi avaliada a flexão do joelho no mesmo ângulo, com um intervalo de um minuto.

2.7 Batimento de pernas

O tempo para percorrer 100 metros somente com o batimento de pernas e o auxílio da prancha de batimento (ou flutuador), foi utilizado como representativo da propulsão, assumindo-se que os indivíduos que obtiveram os menores tempos de execução, possuem a maior propulsão. Portanto, para fins de discussão, os tempos de batimento de pernas serão referidos a partir daqui como sua propulsão decorrente do batimento de pernas. O tempo foi obtido por meio de cronômetro digital (marca "Casio" – 1/100Seg).

O teste foi conduzido em piscina de 50 metros. A temperatura da

água foi mantida em, aproximadamente, 28° centígrados. Antes de iniciar o teste, o objetivo e os procedimentos foram explicados e, em seguida, os indivíduos realizaram um aquecimento livre de 10 minutos. Após o aquecimento, os indivíduos iniciaram o teste dentro da piscina, com os pés no fundo, o quadril encostado na borda e as mãos em cima da prancha de batimento de pernas. Ao sinal sonoro (apito), executaram 100 metros batendo as pernas com intensidade máxima, com as duas mãos em cima da prancha. Para executar a virada, os atletas retiraram uma das mãos da prancha e se apoiaram na borda da piscina. Na chegada, os atletas chegaram com ambas as mãos em cima da prancha de batimento. O teste foi realizado em duplas para aumentar a competitividade e estimular o indivíduo a obter seu desempenho máximo. Após o teste de batimento de pernas, os indivíduos permaneceram na piscina para, em seguida, ser executada a verificação da performance. O intervalo entre os testes durou, aproximadamente, 20 minutos.

2.8 Verificação da performance do nadador

Antes de iniciar o teste, foram explicados o objetivo e os procedimentos do mesmo. Os indivíduos iniciaram o teste dentro da piscina, com os pés no fundo, o quadril encostado na borda e os braços estendidos a frente do corpo. Ao sinal sonoro (apito), os sujeitos

executaram 100 metros com o nado *crawl* em máxima intensidade, novamente em duplas, objetivando competitividade e estimulando o indivíduo a executar sua performance máxima.

A performance do nadador foi determinada a partir do tempo necessário para nadar a distância de 100 metros, nado *crawl*, partindo de dentro da piscina. Os tempos do percurso, em segundos, foram coletados por meio de cronômetro digital (marca “Cássio” - 1/100Seg).

2.9 Análise dos resultados

As variáveis usadas para análise dos resultados foram: a flexibilidade do tornozelo, os torques isocinético a 370°/s e isométrico em 60°, representativos da capacidade de produção de força, o tempo de batimento de pernas em 100 metros e o tempo de nado em 100 metros. Inicialmente, a correlação entre a flexibilidade do tornozelo e o tempo de batimento de pernas foi verificada. Em seguida, foi analisada a correlação existente entre a capacidade de produção de força e o tempo de batimento de pernas de todos os indivíduos e, por fim, foi verificada a relação existente entre o tempo de batimento de pernas e a performance total em 100 metros *crawl*. Após este procedimento, a amostra foi dividida em três grupos determinados conforme o tempo obtido no teste de batimento de pernas. Os oito melhores atletas foram definidos como pertencentes ao grupo um e, em uma competição,

disputariam a final “A”, ou seja, as posições de 1º a 8º colocado. Os oito tempos seguintes foram definidos como grupo dois, e, em uma competição, disputariam a final “B”, ou seja, as posições do 9º ao 16º lugar, e os sete tempos restantes foram definidos como grupo três, e não obteriam classificação para participar da final. O objetivo da divisão foi verificar se os grupos eram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$) em relação às suas características físicas, na capacidade produção de força de membros inferiores, na flexão plantar, no tempo de batimento de pernas e na performance total entre os subgrupos.

2.10 Tratamento estatístico

Com a finalidade de testar as hipóteses da presente investigação, os seguintes procedimentos foram adotados para as análises descritiva e inferencial.

1. Com o objetivo de verificar as relações entre a flexão plantar, capacidade de produção de força e o tempo de batimento de pernas foi utilizada a análise de correlação do produto momento de Pearson.
2. Com o objetivo de verificar a relação existente entre o tempo de batimento de pernas e a performance total do indivíduo foi utilizada a análise de correlação do produto momento de Pearson.

3. Para analisar possíveis diferenças nas variáveis estudadas entre os três grupos, estratificados pelo tempo obtido no teste de batimento de pernas, a *Análise de Variância de uma Via* (ANOVA) foi usada. No caso de diferenças significativas, foi usado um teste "*Post Hoc*" pelo método de *Tukey*. O nível de significância de $p < 0,05$ foi adotado para todos os casos.

Para análise estatística foi utilizado o programa SPSS.

3. RESULTADOS

Todos os resultados individuais das diferentes variáveis do estudo podem ser encontrados na seção de Anexos (Anexos 3 a 7). Os resultados da amostra (geral) e dos subgrupos I, II e III, estratificados pelo teste de batimento de pernas, serão apresentados no decorrer do trabalho, por meio da média e desvio padrão.

As medidas de idade, massa corporal, estatura e envergadura (tabela 1) não apresentaram diferenças significativas entre os subgrupos da amostra, demonstrando uma homogeneidade nestas variáveis.

		<i>Idade (anos)</i>	<i>MC (kg)</i>	<i>Estatura (cm)</i>	<i>Envergadura (cm)</i>
Geral	Média	19	78,38	182	194
	DP	± 2,3	± 7,9	± 6,2	± 7,9
Grupo I	Média	18	76,9	185	197
	DP	± 2	± 10	± 0,04	± 0,07
Grupo II	Média	19	79,4	180	197
	DP	± 3	± 9,1	± 0,08	± 0,09
Grupo III	Média	19	76,8	182	191
	DP	± 2,2	± 6,3	± 0,07	± 0,06

Tabela 1 - Medidas de idade, massa corporal (MC), estatura e envergadura da amostra e dos subgrupos estratificados pelo teste de batimento de pernas.

3.1 Avaliação antropométrica

As medidas de perímetros da coxa proximal (coxa P), da coxa distal (coxa D), da perna e o percentual de gordura não apresentam diferença significativa ($p > 0,05$) entre os subgrupos da amostra, demonstrando novamente uma homogeneidade com relação às medidas antropométricas nos grupos (tabela 2).

		Gordura (%)	Coxa P (cm)	Coxa D (cm)	Perna (cm)
Geral	Média	7,66	56,26	52,13	38,13
		± 2,52	± 3,44	± 2,89	± 2,07
Grupo I	Média	6,11	54,37	50,75	37,25
		± 2,34	± 4,24	± 3,49	± 2,37
Grupo II	Média	8,15	57,12	52,87	39,5
		± 2,13	± 2,90	± 2,94	± 1,85
Grupo III	Média	8,94	57,42	52,85	37,57
		± 2,44	± 2,29	± 1,57	± 1,13

Tabela 2 — Resultados de percentual de gordura e perímetros (cm) da coxa proximal, coxa distal e perna da amostra e subgrupos estratificados pela propulsão de membros inferiores.

3.2 Flexão plantar direita e esquerda

As avaliações de flexão plantar direita e esquerda não apresentam diferença significativa ($p < 0,05$) entre os subgrupos da amostra (figura 1). Em outras palavras, a flexibilidade do tornozelo para flexão plantar foi semelhante para os três grupos em ambos os tornozelos (direito e esquerdo).

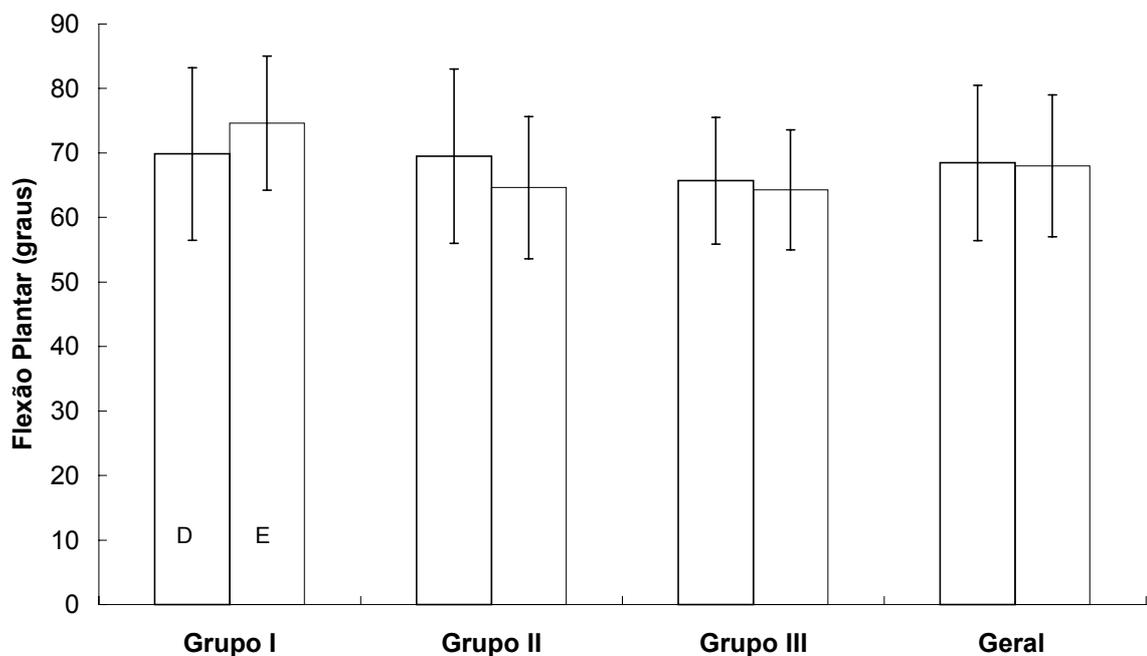


Figura 1 — Medidas (médias e desvio padrão) da flexão plantar. “D” (direita) e “E” (esquerda) dos grupos I, II, III e Geral (média de todos os indivíduos da amostra).

3.3 Verificação da capacidade de produção de torque

3.3.1 Torque isométrico

Os valores da força isométrica máxima, ou seja, do torque resultante da extensão e flexão do joelho no ângulo de 60°, não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os subgrupos da amostra (figura 2). A capacidade de produção de força dos músculos extensores e flexores da articulação do joelho foi, portanto semelhante entre os três grupos.

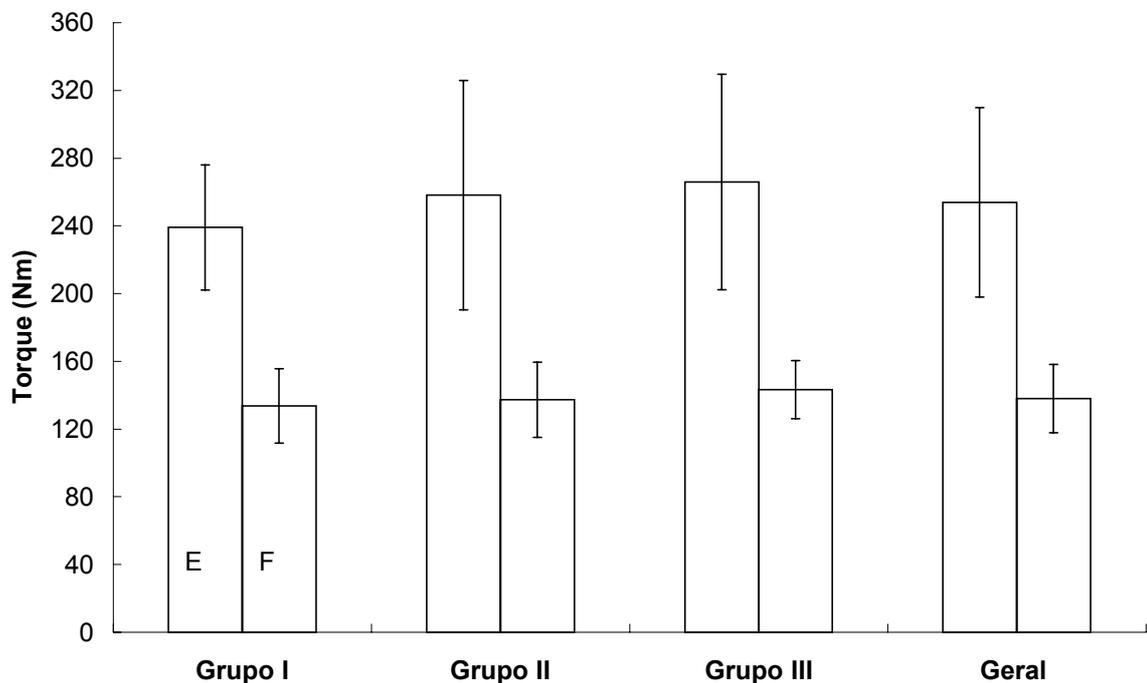


Figura 2 — Valores (média e desvio padrão) do torque resultante da extensão (E) e da flexão (F) do joelho em 60°, dos grupos I, II, III e Geral (de todos os indivíduos da amostra).

3.3.2 Torque isocinético

Os valores obtidos pela força isocinética, ou seja, do torque resultante da extensão e flexão do joelho, na velocidade de $370^\circ/s$, não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os subgrupos da amostra (figura 3). A capacidade de produção da força dinâmica foi, portanto, semelhante entre os três grupos da amostra, nos dois grupos musculares estudados.

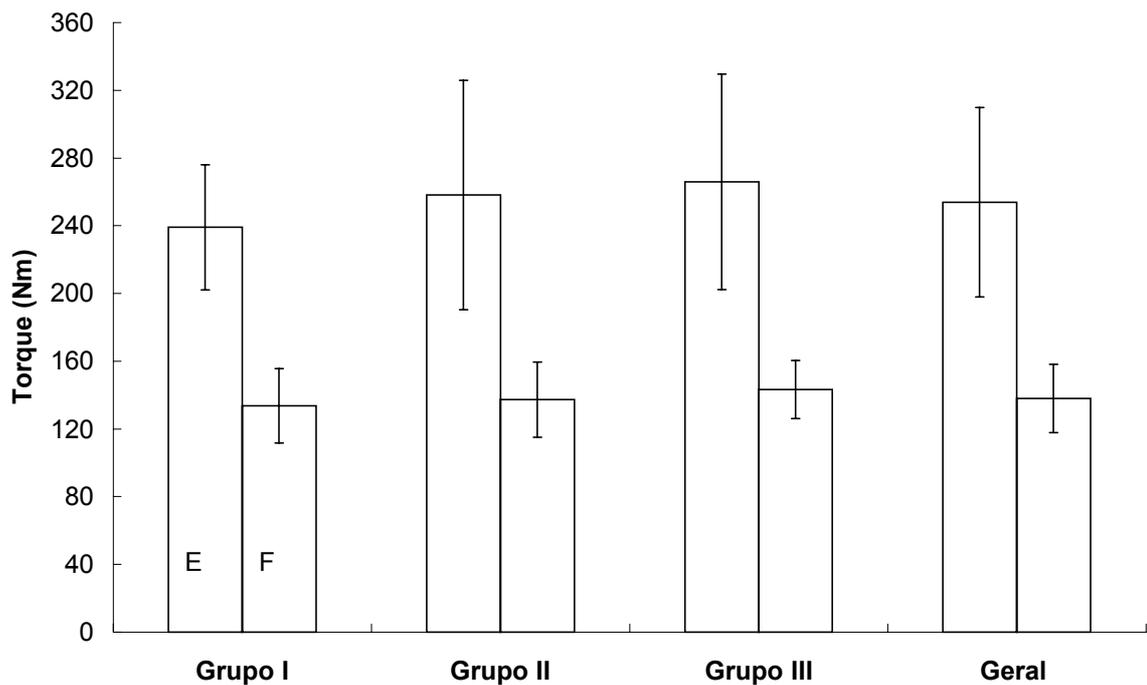


Figura 3 — Valores (média e desvio padrão) do torque resultante da extensão (E) e da flexão (F) do joelho na velocidade de $370^\circ/s$ nos três grupos da amostra e em todo grupo de atletas (geral).

3.4 Tempo de batimento de pernas

Os valores obtidos no teste de batimento de pernas apresentaram diferença ($p > 0,05$) entre os subgrupos da amostra (figura 4). O grupo I (melhor tempo) foi diferente do grupo II (tempo intermediário) e do grupo III (pior tempo); e o grupo II foi diferente do grupo III. O tempo de batimento de pernas foi diferente, portanto, entre os três grupos.

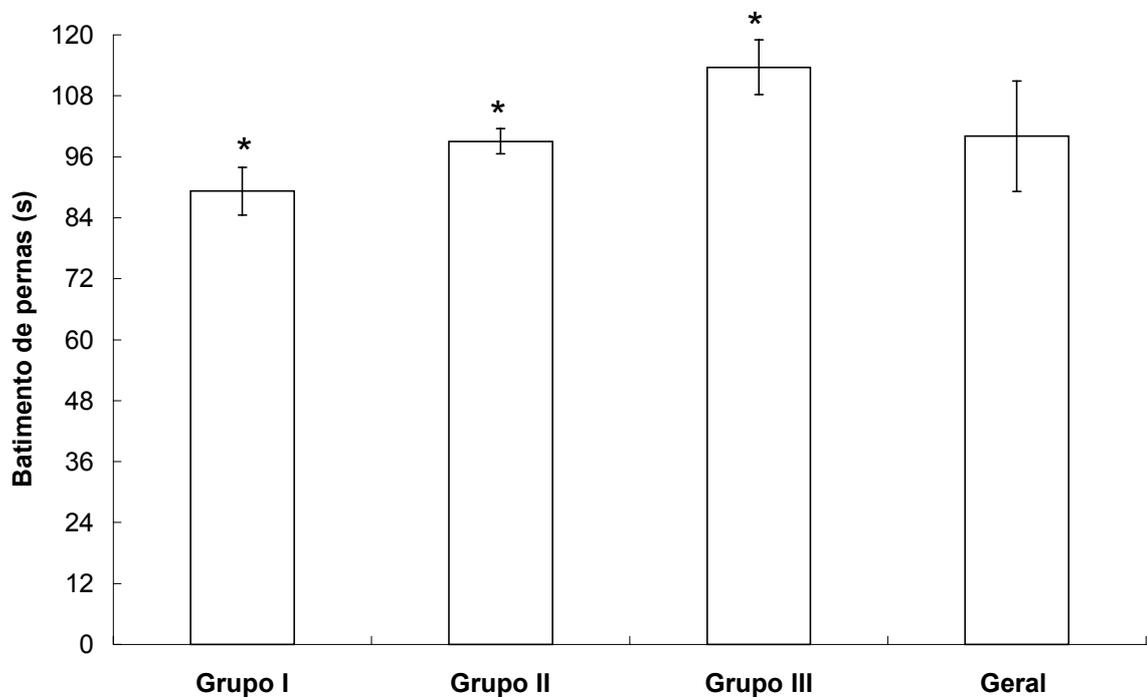


Figura 4 — Valores obtidos no teste de batimento de pernas, na amostra e nos subgrupos (* = $p < 0,05$).

3.5 Performance total

A análise estatística revelou que os valores de performance do

grupo I não são diferentes do grupo II ($p > 0,05$), mas se diferenciam do grupo III ($p < 0,05$). Além disso, os valores do grupo II não são diferentes do grupo III (figura 5). Existe diferença na performance, portanto, somente nos valores de performance entre os grupos I e III.

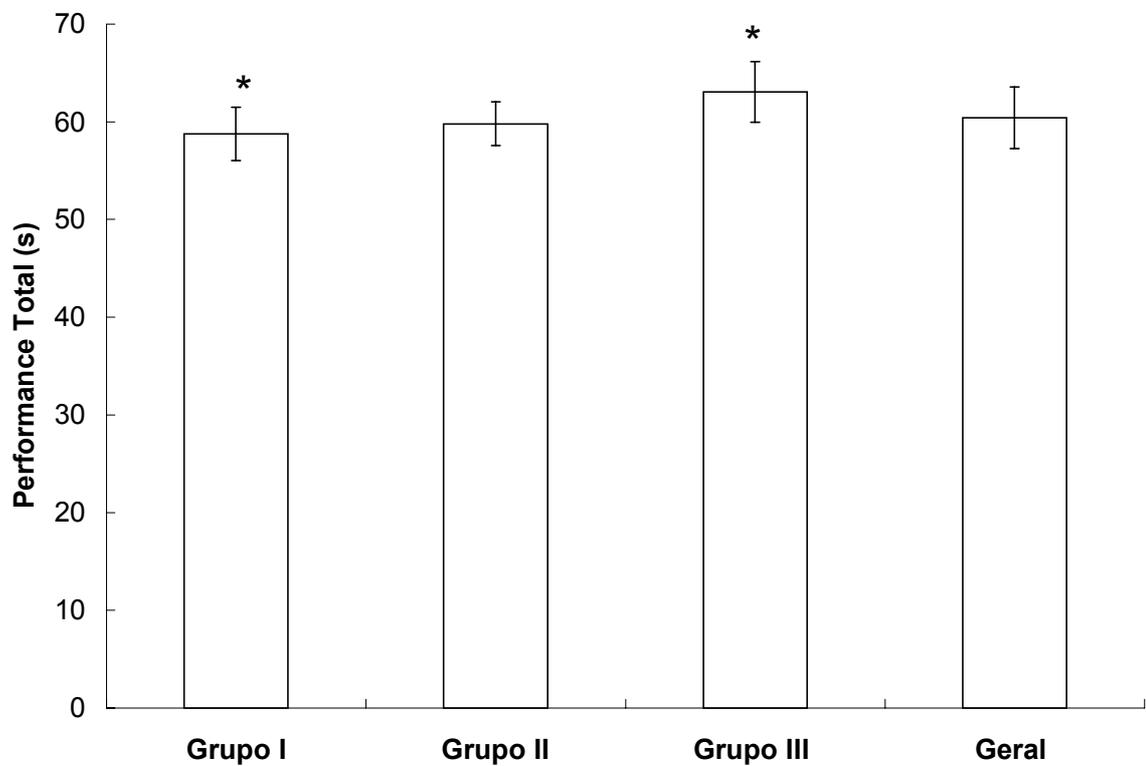


Figura 5 — Valores da performance obtidos em 100 metros, nado *crawl*, na amostra e subgrupos (* = $p < 0,05$).

3.6 Flexão plantar e batimento de pernas

Como não existiu diferença na flexibilidade do tornozelo entre os

lados direito e esquerdo, para a correlação entre flexão plantar e batimento de pernas, foram utilizados somente os valores de flexão plantar do tornozelo direito. Os valores obtidos para a correlação em todo o grupo da amostra ($r=-0,38$) não foram estatisticamente significativos ($p>0,05$) (figura 6).

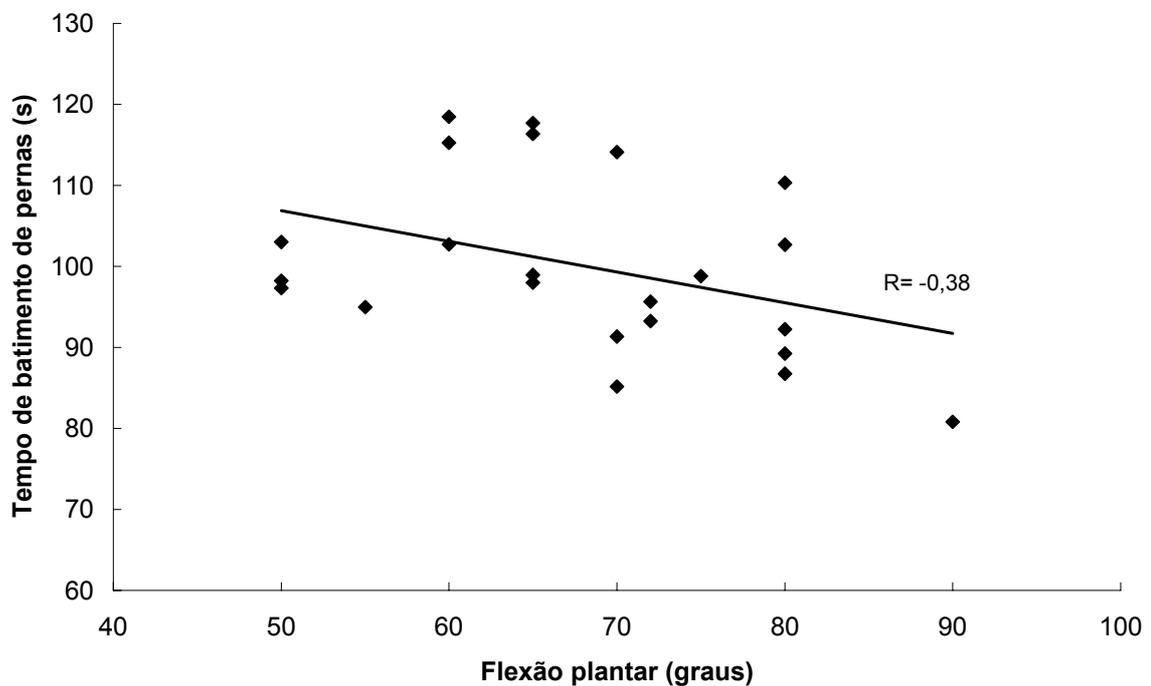


Figura 6 — Correlação entre flexão plantar e batimento de pernas para toda a amostra.

Já a correlação entre flexão plantar e tempo de batimento de pernas, nos grupos estratificados pelo resultado do teste de batimento de pernas, obteve correlação significativa para o grupo I ($r=-0,70$). Entre os grupos II ($r=0,24$) e III ($r=0,26$) não foram observados resultados estatisticamente significativos ($p> 0,05$) (figura 7).

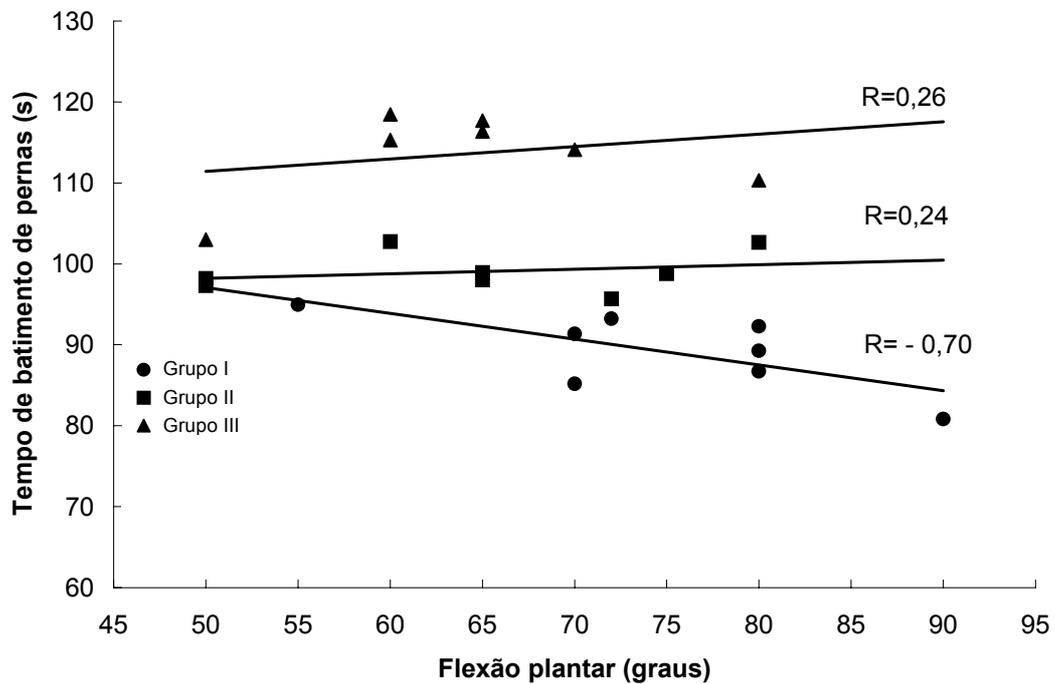


Figura 7 — Correlação entre flexão plantar e batimento de pernas, nos subgrupos da amostra (* = $p < 0,05$).

3.7 Capacidade de produção de força e batimento de pernas

Os valores de torque resultante da flexão e extensão do joelho em 60° (torque isométrico) e na velocidade de $370^\circ/s$ (torque isocinético), representativos da capacidade de produção de força, não se correlacionaram com os tempos obtidos no teste de batimento de pernas, tanto no grupo todo (anexo 8), quanto nos grupos estratificados (figuras 8, 9, 10 e 11).

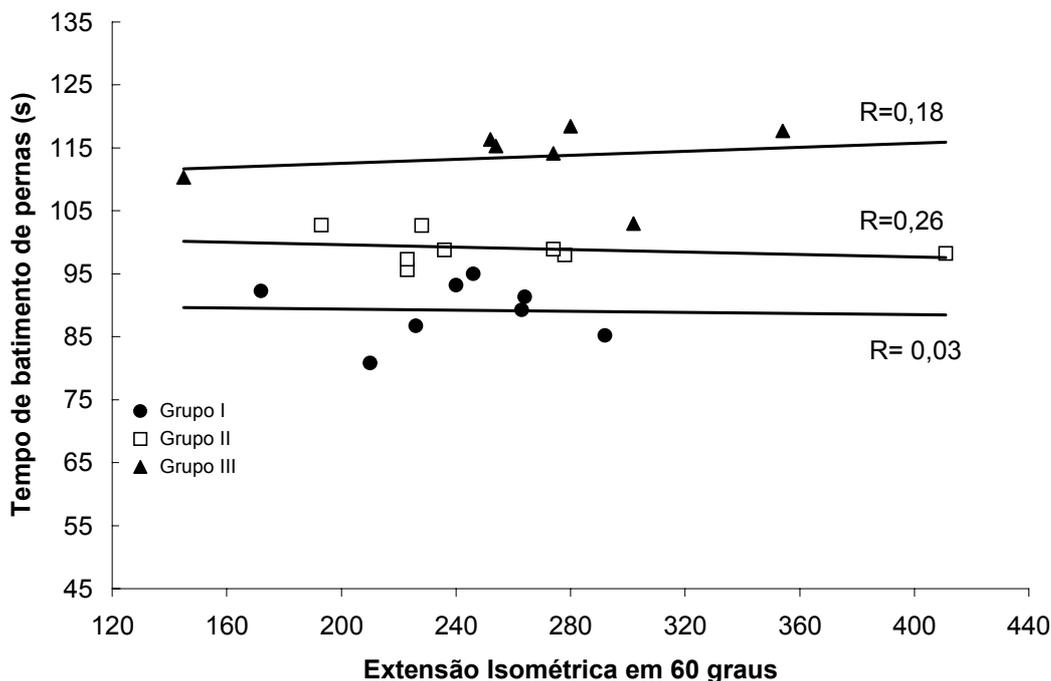


Figura 8 — Correlação do torque resultante da extensão do joelho em 60° e do tempo de batimento de pernas nos subgrupos.

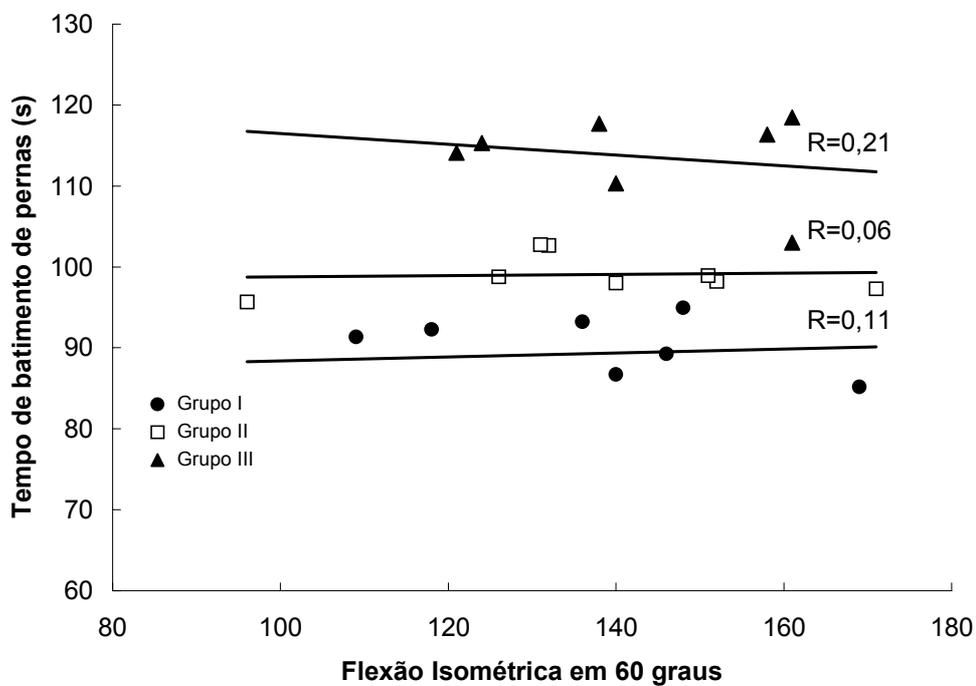


Figura 9 — Correlação do torque resultante da flexão do joelho em 60° e do tempo de batimento de pernas nos subgrupos.

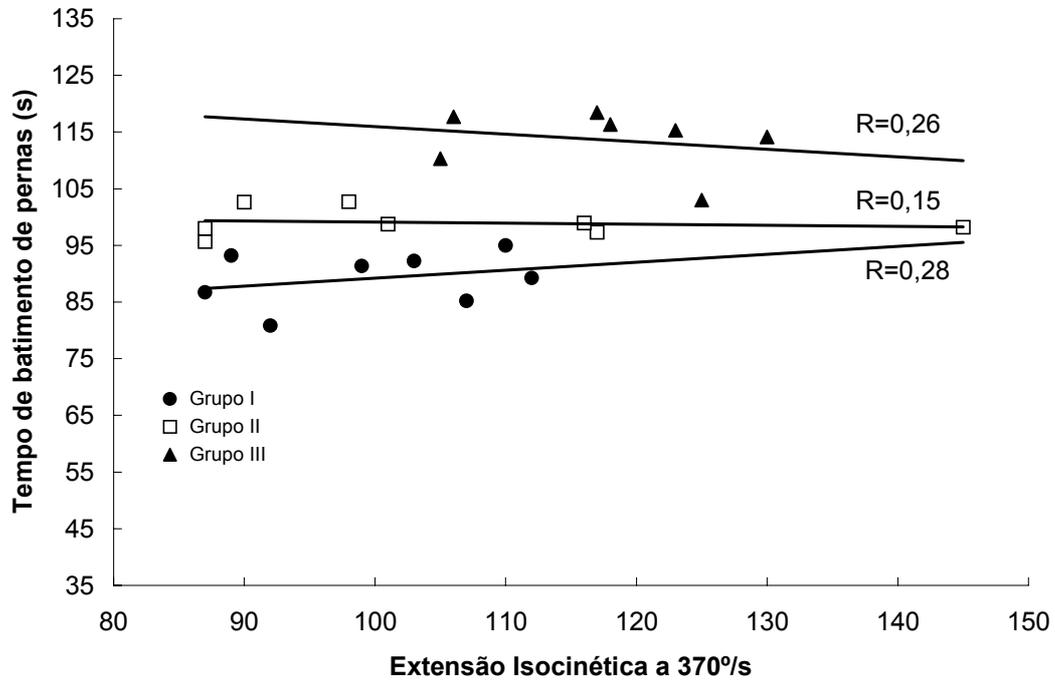


Figura 10 — Correlação do torque resultante da extensão do joelho em 370°/s e do tempo de batimento de pernas nos subgrupos.

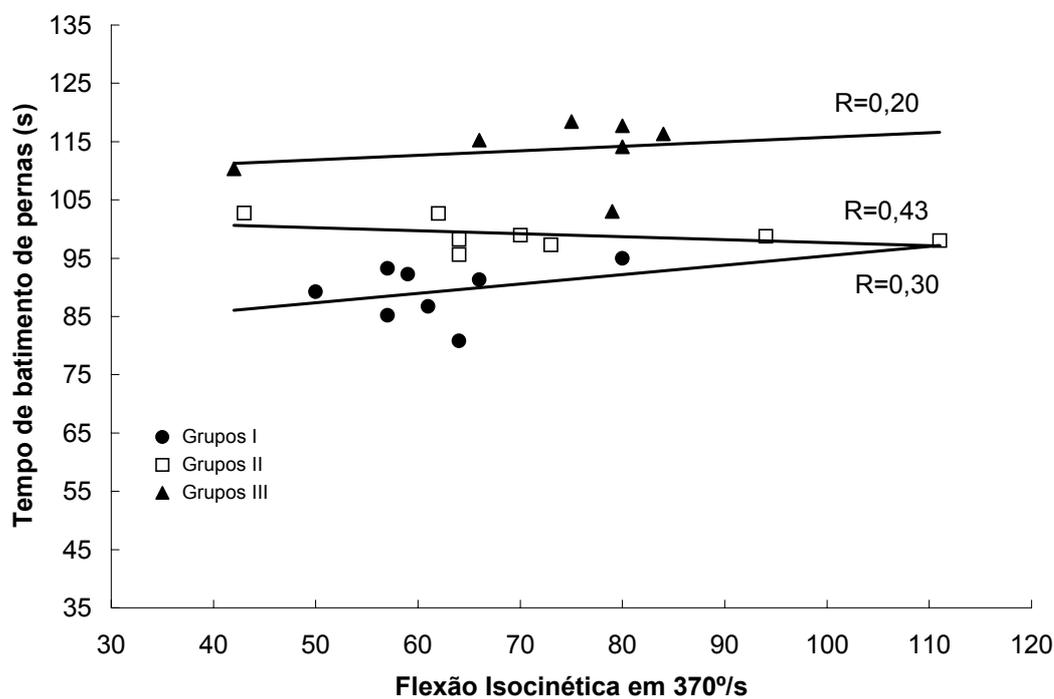


Figura 11 — Correlação do torque resultante da flexão do joelho em 370°/s e do tempo de batimento de pernas nos subgrupos.

3.8 Batimento de pernas e performance total

Os valores de tempo de batimento de pernas mostraram correlação estatisticamente significativa ($r=0,70$) com performance total para a amostra (figura 12).

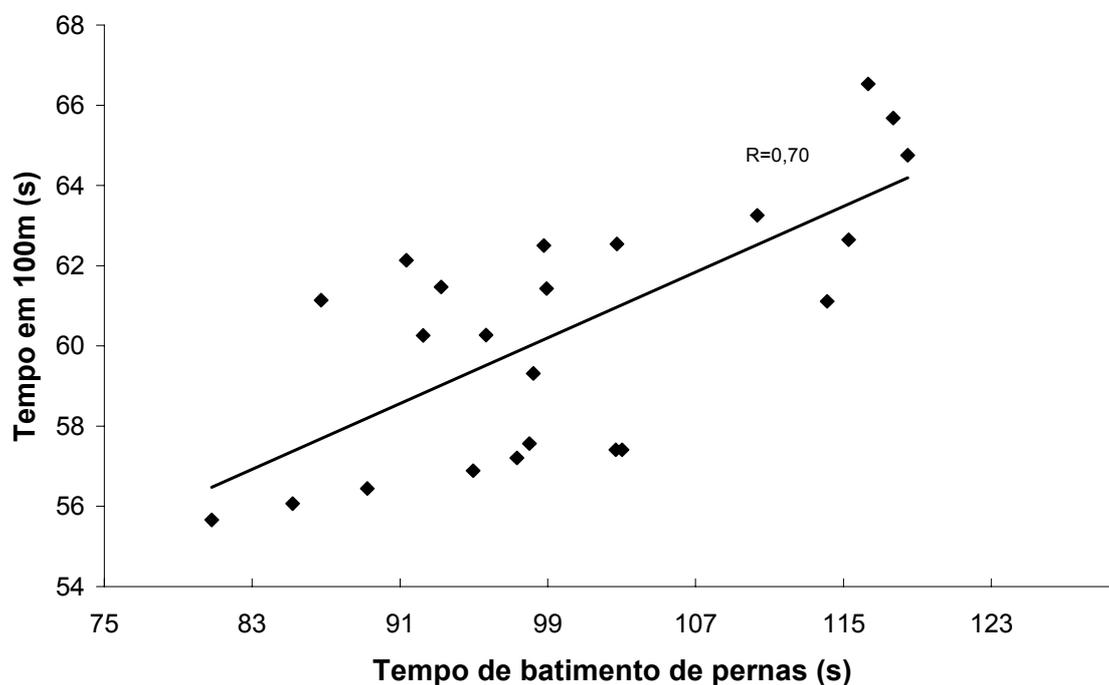


Figura 12 — Correlação entre tempo de batimento de pernas e performance total avaliada através do tempo de 100 metros nado crawl.

A correlação entre batimento de pernas e performance total nos subgrupos mostrou valores estatisticamente significativos para o grupo III ($p > 0,05$), mas não mostrou valores significativos para esta correlação nos grupos I e II (figura 13).

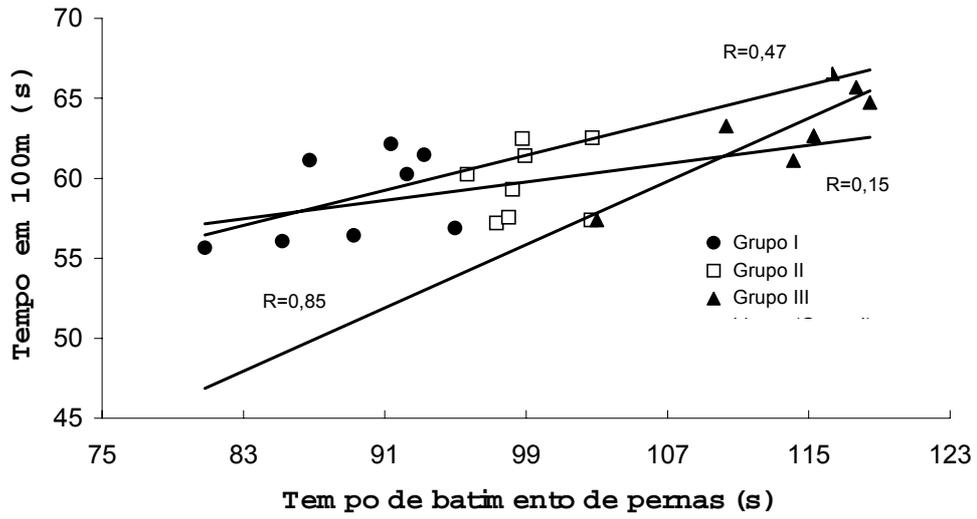


Figura 13 — Correlação entre batimento de pernas e performance total em 100 metros nado *crawl* nos subgrupos (* $p > 0,05$).

4. D I S C U S S Ã O

Nas medidas antropométricas, não foram encontrados valores estatisticamente diferentes entre os subgrupos, demonstrando a existência de uma homogeneidade da amostra. Isso, de certa forma, já era antecipado, tendo em vista tratar-se de atletas de uma mesma modalidade esportiva, mesma faixa etária e mesmo nível de treinamento.

Segundo a primeira hipótese do presente estudo, esperava-se encontrar correlação entre a flexibilidade do tornozelo e o batimento de pernas, tendo em vista ter sido sugerido na literatura que uma maior flexibilidade resultaria num menor tempo de batimento de pernas (Fitzgerald, 1980; Hull, 1997; Maglischo, 1999).

Os valores encontrados para a flexão plantar (figura 1) não foram diferentes entre os subgrupos da amostra, demonstrando um nível de flexibilidade de tornozelo semelhante entre os três grupos de atletas. Não foi encontrada correlação entre flexibilidade geral e os valores obtidos no teste de batimento de pernas (figura 6), o que

aparentemente poderia ser interpretado como uma total inexistência de relação entre flexibilidade e batimento de pernas, não confirmando, portanto, a hipótese número 1. No entanto, após a estratificação dos grupos, foi observada correlação no grupo I entre flexibilidade e batimento de pernas ($r=0,70$; $p<0,05$; figura 7). Já nos grupos II e III, as correlações não foram estatisticamente significativas ($p>0,05$). Esses resultados confirmam a hipótese somente para o grupo I, mas não para os grupos II e III.

Alguns autores, (Fitzgerald, 1980; Hull, 1997; Maglischo, 1999), relataram que a flexão plantar é importante para uma boa propulsão decorrente do batimento de pernas. Maglischo (1999) sugere que uma boa flexão plantar é de 70 graus ou maior. Hull (1997) divide em pernada ruim, moderada e ótima para, respectivamente, menor de 90 graus, 90 graus e maior que 90 graus de flexão plantar. A amostra aqui estudada apresentou uma média de 69° de flexão plantar de tornozelo, o que está próximo aos valores sugeridos por Maglischo (1999), mas está distante dos valores sugeridos por Hull (1997). Isso sugere que, segundo Hull (1997) a amostra deve melhorar neste aspecto, mas segundo Maglischo (1999) os resultados estão relacionados com uma boa flexibilidade. A comparação entre estes relatos no entanto, deve ser realizada com cautela, pois os autores citados não demonstraram estudos sobre o assunto.

A segunda hipótese do estudo propunha que indivíduos com

maior capacidade de produção de força apresentariam maior propulsão decorrente do batimento de pernas. Quanto à capacidade de produção de força (torque) isométrica e isocinética, não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) para os torques isométrico e isocinético, resultante da flexão e extensão do joelho, entre os subgrupos (figuras 2 e 3). Além disso, não foi encontrada correlação significativa ($p > 0,05$) entre o torque e o batimento de pernas (figuras 8 a 11). Esses resultados sugerem não existir qualquer relação entre capacidade de produção de força (nas condições aqui estudadas) e o batimento de pernas, o que não confirma, portanto, a segunda hipótese.

O fato de existir diferença significativa ($p > 0,05$) entre os subgrupos para a variável batimento de pernas (figura 4), mas não existir diferença para a flexibilidade e capacidade de produção de força, além de não existir correlação entre estas duas variáveis e o batimento de pernas, sugere que outras variáveis são, talvez, mais importantes na determinação da propulsão decorrente do batimento de pernas.

Nossos resultados, portanto, não confirmam as afirmações de Hawley et al. (1992) e de Mookerjee et al. (1995), de que a força seja fator determinante para um melhor tempo de batimento de pernas, mas confirma parcialmente as afirmações de Hull (1997) e de Maglischo (1999) de que a flexão plantar é um fator determinante para melhora do

tempo de batimento de pernas.

Todavia, Mookerjee et al. (1995), observaram correlações significativas (em seu estudo com nadadoras) nos torques gerados a 6,28 rad./s (360°/s) e batimento de pernas nas distâncias de 25 e 50 jardas. Talvez a correlação esperada exista somente para percursos menores, onde a fadiga muscular não chega a interferir com os resultados de força.

Segundo a terceira hipótese deste estudo, nadadores com melhores tempos de batimento de pernas deveriam apresentar melhor performance em um percurso de 100 metros nado *crawl*. O fato de ter sido observada correlação entre batimento de pernas e a performance dos indivíduos (figura 12) aparentemente demonstra a importância do batimento de pernas para a performance total, confirmando a hipótese acima. No entanto a correlação entre batimento de pernas e performance total nos subgrupos mostrou valores estatisticamente significativos somente para o grupo III, e não mostrou valores significativos para esta correlação nos grupos I e II. Estes resultados confirmam a terceira hipótese somente para o grupo III e não para os grupos I e II não dando consistência a correlação apresentada para a amostra, pelo fato de os grupos I e II serem os grupos com menor tempo de batimento de pernas e não existir correlação nestes grupos.

Se observarmos os valores de performance, verificamos que há diferença significativa entre os grupos I e III mas não foram observadas

diferenças entre os grupos I e II e entre os grupos II e III (figura 5). Estes dados sugerem que os resultados de performance obtidos pelos grupos I e II podem estar sendo influenciados por outra variável que não o batimento de pernas, enquanto no grupo III o batimento de pernas esta influenciando diretamente a performance alcançada. A propulsão de membros superiores parece ser um forte candidato para explicar os resultados dos grupos I e II, tendo em vista que eles têm menores tempos de batimento de pernas que o grupo III, mas a performance total é semelhante nos grupos I e II. Contudo, como a propulsão de membros superiores não foi estudada separadamente, não foi possível avaliar essa possibilidade. A diferença existente entre os grupos I e III em relação à performance também pode ser observada em relação ao tempo de batimento de pernas, demonstrando, desta forma, que neste caso outros fatores, como por exemplo a técnica de movimento, podem estar influenciando nos resultados obtidos pelos grupos.

5. C O N C L U S Ã O

Os resultados deste estudo mostraram que a flexibilidade representada pela flexão plantar de tornozelo, não influenciou no batimento de pernas da amostra. Quando estratificada em grupos observou-se correlação somente para o grupo I.

A capacidade de produção de força, representada pelo torque isométrico e isocinético resultante da flexão e extensão do joelho, não influenciou no batimento de pernas nas duas situações, tanto para o grupo todo, quanto para os subgrupos.

O batimento de pernas influenciou na performance total de nadadores de 100 metros, nado *crawl*, indicando que, nadadores que apresentam um melhor batimento de pernas, também apresentam a melhor performance total. Nos subgrupos, o batimento de pernas, influenciou na performance somente do grupo III.

6. DIREÇÕES FUTURAS

Nosso objetivo com o presente estudo não foi de esgotar o assunto, mas sim, propor algumas conclusões e ser um referencial para novos estudos. Durante a análise dos resultados surgiram alguns questionamentos que seriam marcos para outros estudos como:

Poderiam ser incluídas medições de comprimento dos membros inferiores e tamanho do pé, objetivando um controle maior de variáveis.

Outra questão a ser discutida é o instrumento utilizado na avaliação da capacidade de produção de força (dinamômetro isocinético) ou, ainda, a medida realizada em laboratório. Hawley et al. (1992) observaram relação significativa entre testes de laboratório (teste Anaeróbico Wingate) e batimento de pernas nas distâncias de 50 e 400 metros. Já Costill et al. (1992) sugerem que os métodos de avaliação de força devem ser aplicados de forma específica, respeitando a especificidade da atividade em questão. Nesse sentido, talvez, se a força fosse medida dentro da piscina, diferenças na

capacidade de produção de força poderiam ser observadas entre os grupos, o que poderia explicar a existência de diferença entre os grupos para o batimento de pernas.

A avaliação dos movimentos de perna (padrão biomecânico do movimento) a partir da filmagem do indivíduo durante a realização dos testes na piscina também possibilitaria avaliar os fatores biomecânicos relacionados com a performance dos nadadores. No entanto, devido à inexistência de tecnologia adequada em nossa Instituição para a realização da filmagem subaquática durante o percurso nos testes não foi possível avaliar a influência desse fator na performance dos nadadores.

7. BIBLIOGRAFIA

- ACHOUR JÚNIOR, A. *Avaliando a Flexibilidade: Fleximeter / Abdalah Achour Júnior*. Londrina: Midiograf, 1997, p.79.
- ADRIAN, M.J., SINGH M., KARPOVICH P.V. Energy cost of leg kick, arm stroke, and whole crawl stroke. *J. Appl. Physiol.*, 21:1763-1766, 1966.
- ALLEN, R.H. A study of the leg stroke in swimming the crawl stroke. (Master of Arts Thesis, State University of Iowa, 1948).
- COSTILL, D.L., MAGLISCHO, E.W., RICHARDSON, A.B. *Natación, Aspectos Biológicos y Mecánicos. Técnica y Entrenamiento. Tests, Controles y Aspectos Médicos*. Barcelona: Hispano Europea, 1992. 256p.
- COUNSILMAN, J.E. *Natación Competitiva: Entrenamiento Técnico y Táctico*. Barcelona: Hispano Europea, 1980a. 703p.
- _____. *A Natação: Ciência e Técnica*. Rio de Janeiro: Libero Americano, 1980b. 536p.
- CURETON, T.K. Mechanics and Kinesiology of swimming (The crawl flutter kick) *Res. Quart.* p. 87-121, 1930.
- DESCHODT, D.J., MARSOC, L.M., ROUARD A.H. Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front – crawl swimming. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 80(3):192-199, 1999.

ENGESVIK, F. The importance of leg movements in the freestyle. *Swimming Tech.*, 29 (1):14–6, 1992.

FITZGERALD, J. Some thought on the mechanism for body propulsion in swimming. *Swimming Tech.* V. 16, 109, 1980.

FOX, E.L., MATHEWS, D.K. *Bases Fisiológicas da Educação Física e Desporto*. Rio de Janeiro, Guanabara: 1986. 488p.

HAWLEY J.A., WILLIAMS M.M., VICKOVIC M.M., HANDCOCK P.J. Muscle power predicts freestyle swimming. *British. J. Sports. Med.* 26 (3):151-155, 1992.

HAY, J.G. *Biomecânica das Técnicas Desportivas*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981. 443p.

HEYWARD, V., STOLARCZYK, L. *Applied Body Composition Assessment*. Champaign: *Human Kinetics Books*, 1996. 221p.

HOLLANDER, A.P., de ROOT, G., van INGEN SCHENAU, G.J. Measurement of drag during crawl arm stroke swimming. *J. Sport Sci.* 4:21–30,1986.

HULL, M. The flutter kick. *Swimming technique.* 24:27–30, 1997.

KARPOVICH, P.V. *Analysis of the propelling force in the crawl stroke*. *Res. Quart.*, VI (supl ement): 49–58,1935.

MAGLISCHO, E. W. *Nadando Ainda Mais Rápido*. São Paulo: Manole, 1999. 689p.

. *Nadar Mas Rapido: Tratado Completo de Natación*. Barcelona: Hispano Europea, 1990. 462p.

MASLEY, J. HAIRABEDIAN, A. DONALDSON, D. Weight training in relation to strength, speed and coordination. *Res. Quart.*, 24:308-315, 1952.

- MOOKERJEE, S., BIBI, K.W., KENNEY, G.A., COHEN, L. Relationship between isokinetic strength, flexibility, and flutter kicking in female collegiate swimmers. *J. Strength Condit. Res.*, 9 (2):71-74, 1995.
- PALMER, M. L. *A Ciência do Ensino da Nataçãõ*. São Paulo: Manole, 1990. 359p.
- POLLOCK, M.L., SCHMIDT, D.H., JACKSON, A.S. *Measurement of Cardio respiratory Fitness and Body Composition in the Clinical Setting*. *Comprehensive Therapy*, 6 (9), p. 12-17, 1980.
- ROBERTSON, D. F. Relationship of strength of selected muscle groups and ankle flexibility to the flutter kick in swimming. (M. A. thesis, State University of Iowa, 1960).
- SANDERS, R. D., COSTILL, L., TRAPPE, T. A. Principles relating to the production of propulsive forces. *Swimming tech.*, 1:11-13, 1992.
- SANDINO, A. *Natación Deportiva*. Comité Olímpico Español Madrid, 1968. 635p.
- SMITH, L. Anthropometrics measurements and arm and leg speed performance of male and female swimmers as predictors of swim speed. *J. Sports Med.*, 18:153-168, 1978.
- STEVEN, J.F., WILLIAM J.K. *Fundamento do Treinamento de Força*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999. 247p.
- STRASS, D. Effects of maximal strength training on sprint performance of competitive swimmers. *Int. Series Sport Sci.*, 18:149-156, 1988.
- THORSTENSSON, A., GRIMBY, G., KARLSSON, J. Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *J. Appl. Physiol.* 40:12-16, 1976.
- TOUSSAINT, H.M. Performance determining factors in front crawl swimming. *Swimming Sci VI*, pp. 13-32, 1992.

- TOUSSAINT, H.M., WAKAYOSHI, K., HOLLANDER, A.P., OGITA, F. Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30: 144-151, 1998.
- WATKINS, J., GORDON, A.T. The effects of leg action on performance in the sprint front crawl stroke. In Holander, A.P., Huijing, P.A. & de Groot, G. (eds) *Biomechanics and Medicine Swimming*. Champaign, (Illinois): *Human Kinetics*, pp. 310-314, 1983.

8. A N E X O S

Anexo 1

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Universidade de Caxias do Sul
Mestrado em Ciência do Movimento Humano

Consentimento para participação em pesquisa científica

Nome do Sujeito:

Data:

Este termo de consentimento, cuja cópia lhe foi entregue, é apenas parte de um processo de consentimento informado de um projeto de pesquisa do qual você participará como sujeito. Ele deve lhe dar uma idéia básica do que trata o projeto, e o que sua participação envolverá. Se você quiser mais detalhes sobre algo mencionado aqui, ou informação não incluída, sinta-se livre para solicitar. Por favor, leia atentamente este termo, a fim de que você tenha entendido plenamente o objetivo deste projeto e o seu envolvimento neste estudo como sujeito participante. O investigador tem o direito de encerrar o seu envolvimento neste estudo, caso isto se faça necessário. De igual forma, você pode retirar seu consentimento em participar no mesmo a qualquer momento.

Linha de Pesquisa: Neuromecânica do movimento.

Título do Projeto: Influência da força, flexibilidade e da propulsão dos membros inferiores e sua relação com a performance total de nadadores de 100 metros nado *crawl*.

Objetivo: O objetivo do presente estudo é investigar a influência da força, da flexibilidade na propulsão dos membros inferiores e sua relação na performance de nadadores de 100 metros nado *crawl*.

Investigadores: Marco Aurélio Vaz e Jovir Luis Demari.

Procedimentos: Para determinar a força dos membros inferiores nos sujeitos deste estudo, um aparelho denominado Dinamômetro Isocinético CYBEX, modelo NORM será utilizado. Este aparelho permite que sejam realizados esforços musculares em velocidades controladas e amplitudes de movimento previamente estabelecidas. Após o aquecimento de cinco minutos em bicicleta ergométrica, os sujeitos realizarão contrações isocinéticas, na velocidade de $370^{\circ}/s$, e contrações isométricas, no ângulo de 60° , máximas dos músculos flexores e extensores do joelho. Um intervalo de um minuto será observado entre cada contração máxima.

Duração do teste: Aproximadamente 20 minutos.

Riscos e Benefícios: Desconforto muscular devido a esforços máximos poderão ocorrer e deverão desaparecer em 24 a 48 horas após o teste, não ocasionando qualquer tipo de problema muscular. Apesar de não haver um benefício direto pelo seu envolvimento neste estudo, você nos ajudará a melhor compreender os mecanismos relacionados à propulsão de membros inferiores no nado *crawl*.

Confidencialidade: Todas as informações obtidas neste estudo permanecerão confidenciais. Somente os investigadores e você terão acesso aos seus resultados. Qualquer documento publicado apresentando os resultados deste estudo, não identificará os participantes.

A sua assinatura neste formulário indica que você entendeu satisfatoriamente a informação relativa à sua participação e que você concorda em participar como sujeito. De forma alguma este consentimento lhe faz renunciar aos direitos legais, nem libera os investigadores, patrocinadores ou instituições envolvidas de suas responsabilidades pessoais ou profissionais. Você está livre para se retirar do estudo, a qualquer momento, se assim o desejar. A sua participação continuada deve ser tão bem informada, quanto o seu consentimento inicial, de modo que você deve se sentir à vontade para solicitar esclarecimento ou novas informações durante sua participação. Se tiver qualquer dúvida referente a assuntos

relacionados com a pesquisa, favor contatar o mestrando Jovir Demari (fones – 54-225.2838 ou 9118.1546) ou Dr. Marco Aurélio Vaz (fone – 51- 316.5818).

Assinatura do Participante

Assinatura do Investigador

Nome por extenso

Nome por extenso

Anexo 2**Ficha para coleta de dados**

Data ___/___/___ Fone contato _____

Nome: _____ Data de Nasc.: ___/___/___

Massa: _____Kg. Estatura: _____ cm. Envergadura: _____cm

Flexibilidade do tornozelo: Direito _____ G°. Esquerdo _____ G°.

Dobras Cutâneas				
	Medida I	Medida II	Medida III	Medida Final
Tórax				
Abdome				
Coxa				
Perímetros				
Coxa Proximal				
Coxa Distal				
Perna				

	Controle Isométrico			Controle Isocinético	
<i>Graus</i>	<i>Extensor</i>	<i>Flexor</i>	<i>Veloc</i>	<i>Extensor</i>	<i>Flexor</i>
60			370		

*Avaliação na água:*100 m. nado *crawl*: _____

100 m. de batimento de pernas: _____

Tempo de treinamento: _____

Fase de treinamento: _____

Anexo 3

Tabela de valores antropométricos individuais

Indiv.	Idade anos	Massa kg	Estat. cm	Enverg cm	Gordura %	Coxa P cm	Coxa D cm	Perna cm
1	23	63,3	1,82	1,88	4,7	50	48	35
2	16	84	1,84	1,96	8,9	61	57	42
3	18	69,8	1,86	1,97	5,1	51	49	36
4	18	78,4	1,85	1,93	5,1	56	53	39
5	19	73,9	1,76	1,81	10,7	60	53	38
6	18	64,3	1,83	1,95	5,1	51	49	35
7	19	67,9	1,8	1,97	4,2	52	46	36
8	20	79,9	1,92	2,09	5,1	54	51	37
9	18	76,3	1,8	1,94	12,5	57	53	38
10	18	76,4	1,76	1,99	8	57	52	40
11	21	81	1,88	2	6,1	56	52	40
12	26	92	1,87	2,03	6,6	59	56	43
13	17	70,6	1,71	1,8	8	59	56	40
14	19	87,3	1,91	2,07	8,9	62	56	40
15	19	71,5	1,88	2,06	7	53	49	37
16	19	69,1	1,77	1,9	-----	54	49	38
17	20	89,3	1,87	1,97	10,7	59	54	39
18	19	71,3	1,82	1,92	6,1	54	52	36
19	17	72,3	1,73	1,85	8,9	58	54	39
20	20	75,6	1,72	1,83	13,4	61	54	38
21	24	77,4	1,83	1,91	8	56	52	37
22	18	81,3	1,92	2,02	8,5	58	54	37
23	21	75,8	1,83	1,93	7	56	50	37
Média	19,435	78,38	1,8277	1,954	7,6636	56,261	52,13	38,13
DP	2,3321	7,9805	0,0695	0,0794	2,5292	3,4406	2,8968	2,0737

Anexo 4***Tabela de valores individuais de flexão plantar***

Indiv	Flexi D	Flexi E
1	87	90
2	75	70
3	85	80
4	75	80
5	65	70
6	70	80
7	62	72
8	55	55
9	67	72
10	65	50
11	80	65
12	55	50
13	90	75
14	60	65
15	84	80
16	55	60
17	55	50
18	78	80
19	65	70
20	57	60
21	80	65
22	60	65
23	65	60
Média	69,13	68
DP	11,379	11,008

Anexo 5

Tabela de valores individuais de extensão e flexão isocinéticas e extensão e flexão isométricas

Indiv	370°/s Extensores	370°/s Flexores	Indiv	60° Extensores	60° Flexores
1	92	64	1	210	104
2	107	57	2	292	169
3	112	50	3	263	146
4	110	80	4	246	148
5	117	73	5	223	171
6	125	79	6	302	161
7	90	62	7	228	132
8	87	111	8	278	140
9	145	64	9	411	152
10	103	59	10	172	118
11	87	64	11	223	96
12	130	80	12	274	121
13	87	61	13	226	140
14	116	70	14	274	151
15	89	57	15	240	136
16	99	66	16	264	109
17	101	94	17	236	126
18	98	43	18	193	131
19	123	66	19	254	124
20	105	42	20	145	140
21	117	75	21	280	161
22	106	80	22	354	138
23	118	84	23	252	158
Média	107,1	68,7	Média	253,9	137,9
DP	15,41	15,79	DP	55,94	20,14

Anexo 6***Tabela de resultados individuais, propulsão de membros inferiores e performance total***

Ind.	Batimento de pernas	Performance Total
1	80,82	55,66
2	85,19	56,07
3	86,74	61,14
4	89,24	56,44
5	91,34	62,14
6	92,25	60,26
7	93,23	61,47
8	94,97	56,89
9	95,65	60,27
10	97,32	57,21
11	98	57,57
12	98,22	59,31
13	98,78	62,5
14	98,94	61,43
15	102,67	57,41
16	102,74	62,54
17	103,01	57,41
18	110,33	63,26
19	114,12	61,11
20	115,28	62,65
21	116,34	66,53
22	117,7	65,68
23	118,47	64,75
Média	100,05	60,42
DP	10,88	3,15

Anexo 7

Tabela de valores individuais dos subgrupos da amostra, estratificados pelo tempo de propulsão dos membros inferiores

Indi	Flexi D	Flexi E	Pernas	Nadar	60°	60°	370 Nm	370 Nm
1	87	90	80,82	55,66	210	104	92	64
2	75	70	85,19	56,07	292	169	107	57
3	75	80	86,74	61,14	263	146	112	50
4	55	55	89,24	56,44	246	148	110	80
5	65	50	91,34	62,14	223	171	117	73
6	55	50	92,25	60,26	302	161	125	79
7	84	80	93,23	61,47	228	132	90	62
8	80	65	94,97	56,89	278	140	87	111
Média	72	67,5	89,223	58,759	255,25	146,38	105	72
DP	12,41	15,119	4,7173	2,7362	33,868	21,967	13,836	18,928
Indi	Flexi D	Flexi E	Pernas	Nadar	60°	60°	370 Nm	370 Nm
1	55	50	95,65	60,27	411	152	145	64
2	70	80	97,32	57,21	172	118	103	59
3	67	72	98	57,57	223	96	87	64
4	65	70	98,22	59,31	274	121	130	80
5	85	80	98,78	62,5	226	140	87	61
6	60	65	98,94	61,43	274	151	116	70
7	62	72	102,67	57,41	240	136	89	57
8	50	70	102,74	62,54	264	109	99	66
Média	64,25	69,875	99,04	59,78	260,5	127,88	107	65,125
DP	10,58	9,5085	2,4828	2,2458	69,566	20,167	21,574	7,2592
Indi	Flexi D	Flexi E	Pernas	Nadar	60°	60°	370 Nm	370 Nm
1	90	75	103,01	57,41	236	126	101	94
2	55	60	110,33	63,26	193	131	98	43
3	57	60	114,12	61,11	254	124	123	66
4	78	80	115,28	62,65	145	140	105	42
5	65	60	116,34	66,53	280	161	117	75
6	60	65	117,7	65,68	354	138	106	80
7	80	65	118,47	64,75	252	158	118	84
Média	69,28	66,42	113,61	63,056	244,85	139,71	109,71	69,14
DP	13,41	8,01	5,3847	3,1009	65,85	14,72	9,5519	20,08

Anexo 8

Gráficos de correlação de torque e batimento de pernas de toda amostra

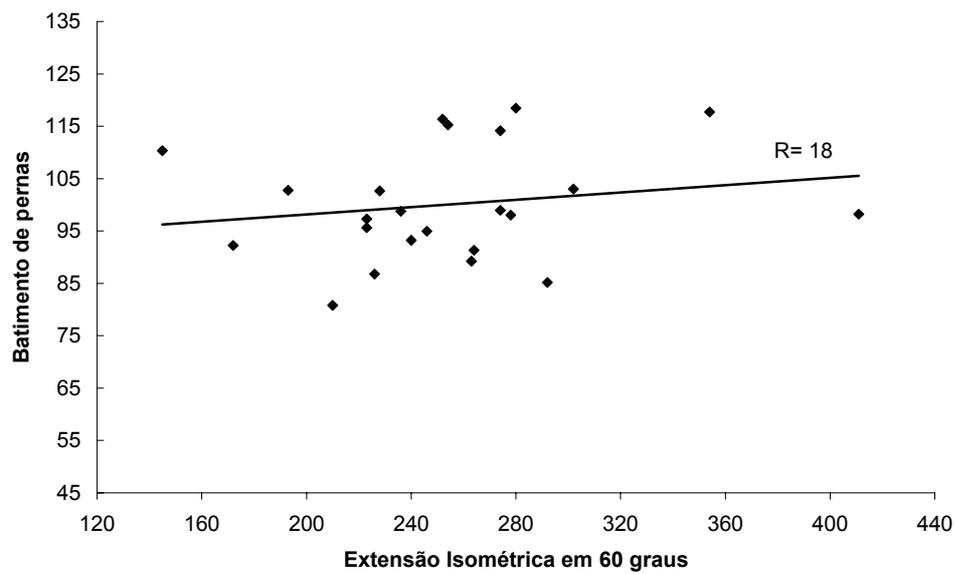


Figura 8 — Correlação entre torque extensor isométrico em 60° e a propulsão de membros inferiores.

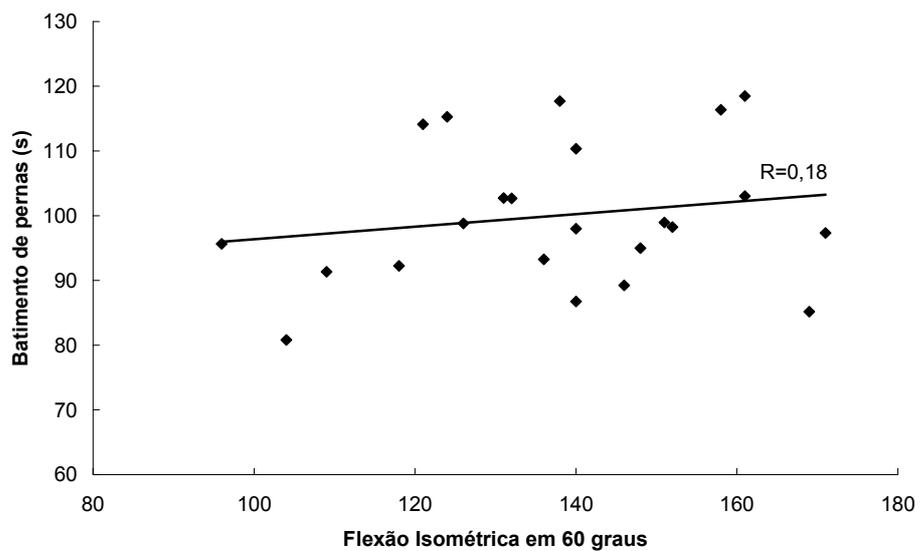


Figura 9 — Correlação entre torque flexor isométrico em 60° e a propulsão de membros inferiores.

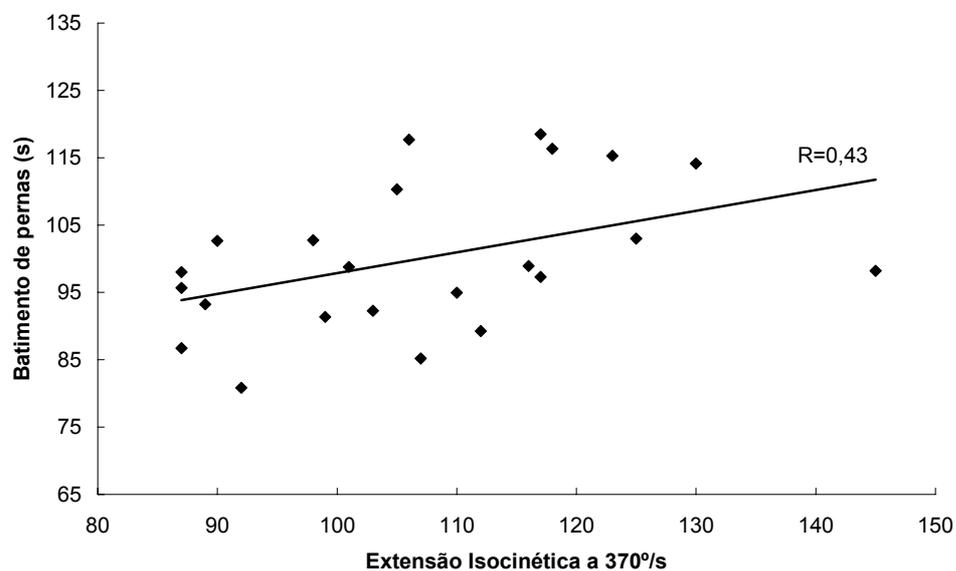


Figura 10 — Correlação entre torque extensor isocinético na velocidade de 370°/s e propulsão de membros inferiores.

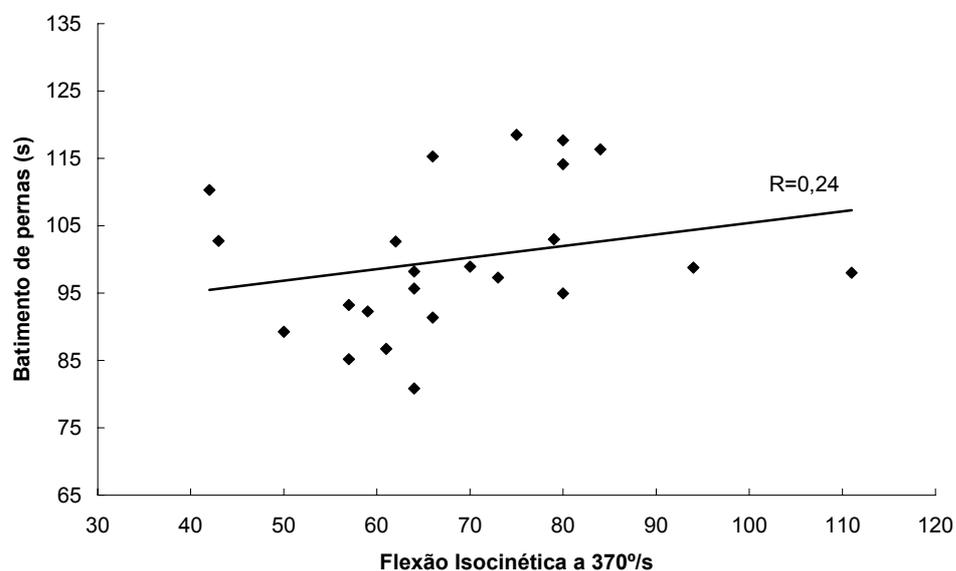


Figura 11 — Correlação entre torque flexor isocinético na velocidade de 370°/s e propulsão de membros inferiores.