

FACULDADE DE MEDICINA  
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Milton Mizumoto

Avaliação do teor de água corporal intracelular e extracelular  
após dietas de “carga de carboidrato” para carregamento de  
glicogênio muscular

(Versão corrigida. Resolução CoPGr nº 6018, de 13 de outubro de 2011.  
A versão original está disponível na Biblioteca FMUSP)

São Paulo

2023

**MILTON MIZUMOTO**

**Avaliação do teor de água corporal intracelular e extracelular  
após dietas de “carga de carboidrato” para carregamento de  
glicogênio muscular**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Medicina da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de Mestre em Ciências

Programa de Ciências do Sistema  
Musculoesquelético.

Orientador: Prof. Dr. Arnaldo José Hernandez

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Gualano

(Versão corrigida. Resolução CoPGr nº 6018, de 13 de outubro de 2011.

A versão original está disponível na Biblioteca FMUSP)

**São Paulo**

**2023**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Preparada pela Biblioteca da  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Mizumoto, Milton

Avaliação do teor de água corporal intracelular e extracelular após dietas de "carga de carboidrato" para carregamento de glicogênio muscular / Milton Mizumoto. -- São Paulo, 2023.

Dissertação (mestrado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Ciências do Sistema Musculoesquelético.

Orientador: Arnaldo Jose Hernandez.

Coorientador: Bruno Gualano.

Descritores: 1.Composição corporal  
2.Antropometria 3.Glicogênio 4.Metabolismo  
5.Resistência física 6.Treino aeróbico 7.Hidratação  
8.Exercício 9.Corrída 10.Dieta

USP/FM/DBD-268/23

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

## **AGRADECIMENTOS**

À minha esposa, Andrea, por apoiar meus sonhos e ser fundamental nas minhas conquistas, por inspirar todo dia com sua alegria matinal.

Aos meus pais, Yosiro e Kumiko, pelo legado transmitido, disciplina e perseverança.

Ao meu irmão gêmeo, Nelson, meu valor de referência na vida acadêmica.

Aos meus filhos, Marina, Carolina, Carlos Eduardo, Bruna e Bianca, por inspirarem nos meus momentos difíceis.

Ao Prof. Dr. Olavo Pires de Camargo por permitir esta oportunidade na minha vida profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Arnaldo José Hernandez, por acreditar e apoiar minhas ideias e meus ideais.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Bruno Gualano, pelo esforço e generosidade ao compartilhar seu conhecimento.

Ao fisiologista Bryan Saunders pela dedicação nas análises estatísticas e compartilhar seu conhecimento.

Ao Dr. Luís Augusto Riani Costa por transmitir seus conhecimentos nas técnicas de biópsia muscular.

À técnica Viviane Christine Miranda pela dedicação nas análises do glicogênio muscular.

Aos atletas participantes por contribuírem com a ciência e serem exemplos de dedicação voluntária.

*“Navigare necesse;...”*

*Gneu Pompeo Magno, 106-48 a.C.*

## SUMÁRIO

Lista de abreviaturas e símbolos

Lista de figuras, tabelas e gráficos

Resumo

Abstract

1. INTRODUÇÃO

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo primário

2.2. Objetivo secundário

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Hidratação e glicogênio em corridas de longa distância

3.2. Depleção e ressíntese do glicogênio muscular

3.3. Estratégias dietéticas na utilização do carboidrato

3.4. Glicogênio muscular como determinante do desempenho

3.5. Glicogênio muscular em diferentes gêneros

4. MÉTODOS

4.1. Desenho do estudo

4.2. Amostra

4.2.1. Cálculo da amostra

4.2.2. Critérios de elegibilidade

4.2.2.1. Critérios de inclusão

4.2.2.2. Critérios de exclusão

4.2.3. Recrutamento

4.3. Detalhamentos dos acessos e das coletas nas intervenções

4.3.1. Detalhamento da randomização dos acessos A e B

4.3.2. Detalhamento das coletas nas intervenções

- 4.4. Questionário clínico e alimentar
  - 4.4.1 Questionário clínico: patologias anteriores e atividade física
  - 4.4.2. Questionário alimentar habitual
- 4.5. Avaliação da composição corporal
- 4.6. Análise dos elementos bioquímicos plasmáticos
- 4.7. Biópsia muscular
- 4.8. Estatística
- 5. RESULTADOS
  - 5.1. Característica da amostragem
  - 5.2. Perda de seguimento
  - 5.3. Água intracelular
  - 5.4. Água extracelular
  - 5.5. Potássio sanguíneo
  - 5.6. Glicogênio muscular
  - 5.7. Glicogênio muscular e AIC ou AEC
  - 5.8. Glicogênio muscular e potássio plasmático
- 6. DISCUSSÃO
  - 6.1. Considerações finais
    - 6.1.1. Comparativo de AIC e AEC nas intervenções
    - 6.1.2. Comparativo de AIC e AEC nas etapas das intervenções
    - 6.1.3. Potássio nas etapas de ambas as intervenções
    - 6.1.4. Glicogênio nas etapas de ambas as intervenções
    - 6.1.5. Quantidade de calorias ingeridas em carboidratos
    - 6.1.6. Utilização dos três tipos de glicogênio durante o exercício
    - 6.1.7. Utilização da BIS como método de avaliação da AIC e AEC
  - 6.2. Limitações do estudo

6.2.1. Erro no resultado de três voluntários

6.2.2. Validade interna comprometida

6.2.3. Número de voluntários

7. CONCLUSÕES

7.1. Objetivo primário

7.2. Objetivo secundário

8. ANEXOS

8.1. Número do protocolo da Comissão Científica – IOT

8.2. Parecer consubstanciado do CEP

8.3. Nota fiscal do e-mail marketing

8.4. Comprovante do e-mail marketing

8.5. Questionário de avaliação clínica

8.6. Dieta para carregamento de carboidratos

8.7. Impresso dos resultados da BIS

8.8. Tabela de dados da intervenção de Bergström

8.9. Tabela de dados da intervenção de Sherman

9. REFERÊNCIAS



## LISTA DE ABREVIATURAS

ACT	Água corporal total
AEC	Água extracelular
AIC	Água intracelular
AMPK	Proteína quinase ativada por 5' monofosfato de adenosina
ATP	Adenosina trifosfato
BIS	Bioimpedância multifrequencial
Ca	Cálcio
CHO	Carboidrato
GLUT-4	Transportadores de glicose-4
GS	Glicogênio sintetase
IG	Índice glicêmico
K	Potássio
MG	Massa de gordura em kg
MME	Massa muscular esquelética em kg
MMM	Massa muscular magra em kg
Na	Sódio
RED'S	Deficiência relativa de energia no esporte
RMN-DT	Ressonância magnética nuclear no domínio do tempo
TMB	Taxa metabólica basal

## LISTA DE SÍMBOLOS

cm	centímetros
°C	graus Celsius
g	grama
kg	quilograma
km	quilômetro
kHz	quilohertz
mg	miligrama
mL	mililitros
nm	nanômetro
g/kg/h	grama/ quilograma/hora
kcal/kg/ km	quilocalorias/peso corporal/quilometro
mmol /g	milimol/grama
VO <sub>2max</sub>	consumo máximo de oxigênio/peso corporal/minuto

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desidratação e alterações homeostáticas.....	15
Figura 2 - Erros na estimativa do estado de hidratação da massa corporal .....	16
Figura 3 - Glicogênio e intensidade do exercício.....	17
Figura 4 - Estratégia dietética de Bergström .....	23
Figura 5 - Glicogênio muscular e tempo de exercício na estratégia de Bergström.....	24
Figura 6 - Tipos de estratégias e tempo de exercício .....	25
Figura 7 - Níveis de glicogênio e pré e pós-desempenho .....	25
Figura 8 - Níveis de glicogênio muscular Bergstrom vs. Sherman .....	26
Figura 9 - Níveis de localização do glicogênio muscular.....	28
Figura 10 - Glicogênio e grau de condicionamento físico .....	30
Figura 11 – Recrutamento.....	34
Figura 12 – Voluntários que participaram do início da pesquisa.....	35
Figura 13 - Detalhamento dos acessos A e B .....	35
Figura 14 - Detalhamento da intervenção de Bergström .....	36
Figura 15 - Detalhamento da intervenção de Sherman .....	37
Figura 16 - Modelo de Cole-Cole para objetos biológicos .....	39
Figura 17 - Coleta de dados da análise bioquímica .....	40
Figura 18 - Biópsia muscular coletado com agulha de Bergström .....	42
Figura 19 – Fluxograma dos participantes: “crossover”, perda de seguimento e biópsia.	45
Figura 20 - AIC (Sherman vs. Bergström), AIC (intervensões vs. tempo), AIC (Pós-depleção vs. Pós-CHO) .....	47
Figura 21 - AEC (Sherman vs. Bergström), AEC (intervensões vs. tempo), AEC (Linha de base vs. Pós-depleção vs. Pós-CHO) .....	49
Figura 22 - Potássio (Sherman vs. Bergström), Potássio (intervensões vs. tempo), Potássio (Linha de base vs. Pós-depleção) .....	51
Figura 23 - Correlação entre AIC e conteúdo de glicogênio muscular .....	53
Figura 24 - Correlação entre AEC e conteúdo de glicogênio muscular .....	53
Figura 25 - Correlação entre o potássio plasmático e glicogênio muscular .....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos voluntários .....	44
Tabelas 2 e 3 - Dados de AIC durante intervenções de Sherman e Bergström .....	46
Tabelas 4 e 5 - Dados de AEC durante intervenções de Sherman e Bergström .....	48
Tabelas 6 e 7 – Dados de potássio durante intervenções de Sherman e Bergström .....	49
Tabelas 8 – Glicogênio das biópsias nas intervenções de Sherman e Bergström .....	51

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - AIC durante as três coletas das intervenções de Sherman e Bergström .....	46
Gráfico 2 - AEC durante intervenções de Sherman e Bergström .....	48
Gráfico 3 - Correlação de potássio durante intervenções de Sherman e Bergström .....	50
Gráfico 4 - Glicogênio (Sherman vs. Bergström), Glicogênio (intervenções vs. tempo), Glicogênio (Linha de base vs. Pós-depleção vs. Pós-CHO) .....	52

## LISTA DE ANEXOS

8.1. Número do protocolo da Comissão Científica - IOT .....	61
8.2. Parecer Consubstanciado do CEP.....	62
8.3. Nota fiscal do e-mail marketing.....	63
8.4. Comprovante do e-mail marketing.....	64
8.5. Questionário de avaliação clínica.....	65
8.6. Dieta para carregamento de carboidratos.....	67
8.7. Impresso dos resultados da BIS.....	70
8.8. Tabela de dados da intervenção de Bergström.....	71
8.9. Tabela de dados da intervenção de Sherman.....	73

## RESUMO

Mizumoto, M. *Avaliação do teor de água corporal intracelular e extracelular após dietas de “carga de carboidrato” para carregamento de glicogênio muscular.* [dissertação] São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2023.

**Introdução:** Em atividades físicas aeróbias prolongadas a reposição hídrica e o conteúdo de glicogênio muscular são fatores limitantes em corredores de longa distância. Como cada grama de glicogênio muscular liga-se a 2,7 a 4 gramas de água, acarretando retenção hídrica nas fibras musculares; este estudo procurou avaliar se há diferenças comparativas entre as estratégias de carregamento de carboidrato nas intervenções de Bergström e Sherman na variação do teor de água intracelular (AIC) ou água extracelular (AEC) nas etapas de exposição pré-depleção (linha de base), pós-depleção e pós-carga de carboidrato (pós-CHO).

**Método:** Este estudo foi dividido em dois acessos randomizados para as intervenções (Bergström e Sherman) e o delineamento em “crossover” para aumentar o número de amostras de cada acesso, com tempo de “washout” de 30 dias de dieta e treinamento normais. Utilizou-se a bioimpedância multifrequencial octopolar (BIS) para avaliar se o teor de AIC e AEC variou durante as etapas de exposição em ambas intervenções de carregamento de glicogênio muscular, e se houve diferenças significativas entre as intervenções de Bergström e Sherman. Além da BIS, foram obtidas coletas de potássio sanguíneo para avaliar correlação com a dieta de carregamento de carboidrato, e feito biópsia muscular para avaliar a correlação entre a variação de AIC ou AEC e a quantificação de glicogênio muscular. **Resultados:** Não ocorreu diferenças significativas no conteúdo de AIC ou AEC entre as duas intervenções em todas as etapas. Ocorreram diferenças da AIC entre as etapas Pós-depleção e Pós-CHO em ambas intervenções. Ocorreu diferença significativa do potássio plasmático entre a Linha de base e Pós-depleção. Não ocorreu diferença nas análises de glicogênio muscular pela biópsia em ambas intervenções nas três etapas. **Conclusão:** Comparativamente, não há diferenças na variação do teor de AIC e AEC entre as intervenções de Bergström e Sherman; entretanto houve variação de AIC entre nas etapas de exposição pós-depleção e pós-carga de carboidrato.

Descritores: Composição corporal; Antropometria; Glicogênio; Metabolismo; Resistência física; Treino aeróbico; Hidratação; Exercício físico; Corrida; Dieta.

## ABSTRACT

Mizumoto, M. *Evaluation of intracellular and extracellular body water content after "carbohydrate load" diets for muscle glycogen loading*. [dissertation] São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo", 2023.

**Introduction:** In prolonged aerobic physical activities, water replacement and muscle glycogen content are limiting factors in long-distance runners. Since each gram of muscle glycogen is bound to 2.7 to 4 grams of water, does water retention occur in muscle fibers during muscle glycogen loading diets? This study sought to assess whether there are comparative differences between the carbohydrate loading strategies in the Bergström and Sherman interventions in the variation of intracellular water (ICW) or extracellular water (ECW) content in the pre-depletion exposure stages (baseline), post-depletion and post-carbohydrate load (Pos-CHO). **Method:** This study was divided into two groups randomized for the interventions (Bergström and Sherman) and the "crossover" design to increase the number of samples in each group, with a "washout" time of 30 days of normal diet and training. Octopolar multifrequency bioimpedance (BIS) was used to assess whether the ICW and ECW content varied during the exposure steps in both muscle glycogen loading interventions, and whether there were significant differences between the Bergström and Sherman interventions. In addition to BIS, blood potassium samples were obtained to assess correlation with the carbohydrate loading diet, and muscle biopsy was performed to assess the correlation between ICW or ECW variation and muscle glycogen quantification. **Results:** There were no differences in ICW or ECW content between the two interventions at all stages, there were differences in ICW between the post-depletion and post-CHO stages in both interventions, there was a difference in plasma potassium between Baseline and Post-depletion and there was no difference in muscle glycogen analysis by biopsy in both interventions in the three stages. **Conclusion:** Comparatively, there are no differences in the variation of ICW and ECW content between Bergström and Sherman interventions in pre-depletion (baseline), post-depletion and post-carbohydrate load exposure steps.

Descriptors: Body composition; Anthropometry; Glycogen; Metabolism; Physical resistance; Aerobic training; Hydration; Exercise; Running; Diet.

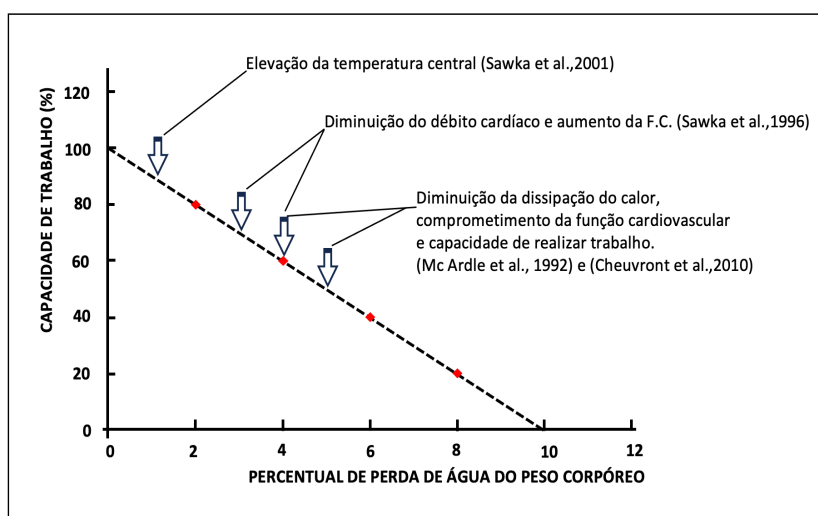
## 1. INTRODUÇÃO

Nos exercícios de capacidade aeróbia (como corridas de maratonas) o estado de hidratação ou o estoque de glicogênio muscular determinam o desempenho dos atletas.

Quando alterações da hidratação ocorrem decorrente do desequilíbrio entre a sudorese e a reposição hídrica, com perdas de 5 a 6% de água em relação ao peso corporal inicial (Mc Ardle et al.,2002)<sup>1</sup>, predispõem ao prejuízo do equilíbrio homeostático térmico, acarretando em lesões térmicas (Mizumoto et al, 2013)<sup>2</sup>, desequilíbrio eletrolítico (Lavoué,2020)<sup>3</sup> e lesões cardiovasculares (Mizumoto et al., 2006)<sup>4</sup>.

No passado, admitia-se que a perda de líquidos equivalente a 1% do peso corporal elevava a temperatura central (Sawka et al., 2001)<sup>5</sup>, de 3 a 4% do peso corporal diminuía o volume do débito cardíaco acarretando aumento da frequência cardíaca e (Sawka et al., 1996)<sup>6</sup> e de 4 a 5% do peso corporal impediria de maneira significativa a dissipação do calor; comprometendo a função cardiovascular e a capacidade de realizar trabalho (Mc Ardle et al., 1992)<sup>7</sup> e (Cheuvront et al.. 2010)<sup>8</sup> (fig.1).

**Figura 1 - Desidratação e alterações homeostáticas**



**Fontes:** Sawka et al. (1996), Sawka et al. (2001), Mc Ardle et al. (1992) e Cheuvront et al. (2010)

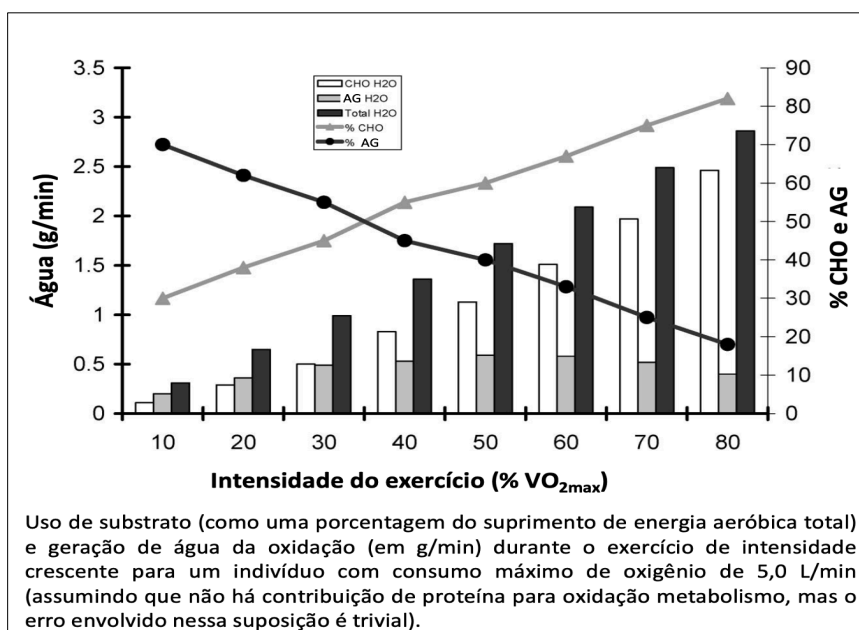
O estoque do glicogênio muscular como substrato energético é outra variável limitante em corridas de longa distância, pois a depleção do glicogênio

muscular é um fato que contribui para a fadiga em exercícios prolongados (Sherman et al., 1984)<sup>9</sup>.

A associação entre o grau de hidratação e o estoque de glicogênio muscular foram relatadas por Olsson e Saltin (1970)<sup>10</sup>, que utilizando água marcada com trítio (<sup>3</sup>H), demonstraram uma relação de cerca de 3-4 gramas de água para cada grama de glicogênio corporal (muscular e hepático). Posteriormente, Kreitzman et al. (1992)<sup>11</sup>, pesquisaram a influência da água ligada ao glicogênio muscular durante as dietas de carregamento de carboidrato, observando flutuações do peso corporal com distorções nas estimativas da composição corporal.

Estudos de Maughan et al. (2007)<sup>12</sup>, concluíram que os valores para estimar o estado de hidratação, em função da mudança da massa corpórea, sugeriram erros nas suposições sobre o estado de hidratação. Tais erros decorreram: a) das alterações na osmolaridade do tecido durante o metabolismo do substrato, e b) da liberação de água ligada ao glicogênio muscular, pois a oxidação de combustíveis metabólicos resulta na geração de dióxido de carbono e água, que permanece dentro da massa corporal (fig.2).

**Fig. 2 - Erros na estimativa do estado de hidratação da massa corporal.**



**Fonte:** Maughan et al. (2007)

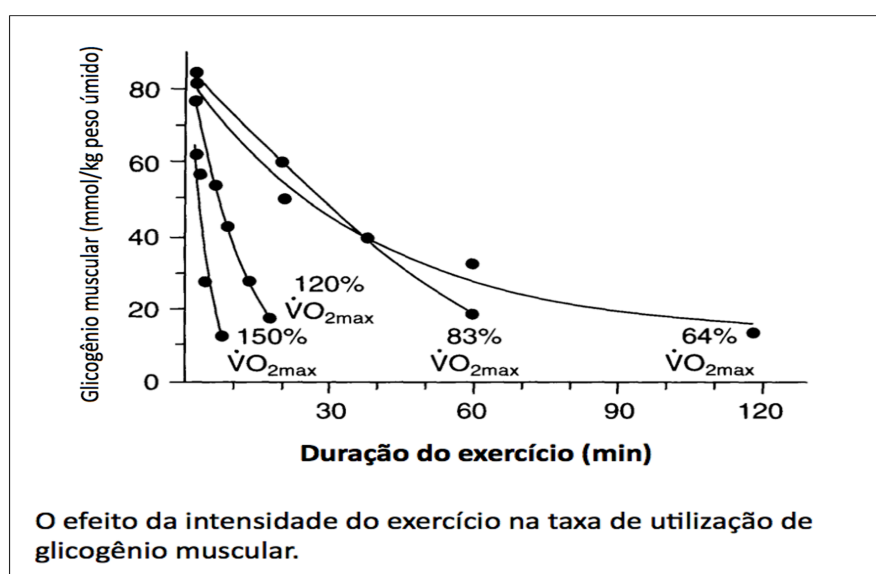


Os primeiros estudos sobre o armazenamento de glicogênio muscular, como determinante do desempenho no exercício de resistência e o tempo até a exaustão, foram realizados por Bergström et al. (1966)<sup>13</sup> e Ahlborg et al. (1967)<sup>14</sup>.

Em seguida, Bergström et al. (1967)<sup>15</sup> confirmaram que o consumo por alguns dias, de uma dieta rica em carboidratos, aumentaram o glicogênio muscular para aproximadamente o dobro do valor basal; conhecido como “carga de carboidrato” para carregamento de glicogênio muscular ou dieta de supercompensação.

Posteriormente, Karlsson e Saltin (1971)<sup>16</sup> demonstraram que, quando a corrida foi precedida por uma dieta especial, os melhores desempenhos foram obtidos entre 114 e 163 minutos em corridas de 30 quilômetros. Hawley et al. (1997)<sup>17</sup> e Burke et al. (2018)<sup>18</sup> concluíram que, nos exercícios prolongados submáximos (75% do  $\dot{V}O_{2max}$ ) com duração maior que 90 minutos, o glicogênio muscular foi fundamental para evitar a fadiga muscular (fig. 3)<sup>17</sup>.

**Figura 3 - Glicogênio e intensidade do exercício**



**Fonte:** Hawley et al. (1997)

Segundo King et al. (2018)<sup>19</sup> e Shiose et al. (2016)<sup>20</sup>, cada 1 grama de glicogênio muscular liga-se a 2,7 a 4 gramas de água aumentando o teor de

água corporal durante dieta de carregamento de carboidrato e, segundo Baker e Jeukendrup (2014)<sup>21</sup>, o distúrbio hidroeletrolítico, decorrente do desequilíbrio entre ganhos e perdas de fluidos, afetam inevitavelmente a água corporal total (ACT), o compartimento de água intracelular (AIC) e o compartimento de água extracelular (AEC).

Na segunda metade da maratona, a queda abrupta do desempenho é conhecida entre os corredores de maratona como “bater no muro” (Stevinson e Biddle, 1998)<sup>22</sup> (Smyth, 2021)<sup>23</sup>. Citamos dois fatores que contribuem para a queda do desempenho durante o exercício prolongado submáximo (75% do  $VO_{2max}$ ): a) a quantidade de líquido perdido durante o exercício e, b) a quantidade de glicogênio muscular estocado antes do exercício. Caso haja correlação entre estes dois fatores, este estudo procurou como desfecho, avaliar se ocorrem diferenças na variação do teor de AIC e AEC, comparativamente, entre as intervenções de Bergström e Sherman e, se em ambas as intervenções há diferenças, ao longo do tempo, entre as etapas de exposição pré-depleção (linha de base), pós-depleção e pós-carga de carboidrato.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo primário**

A proposta deste estudo foi investigar se há diferenças na variação do teor de AIC e AEC, comparativamente entre as intervenções de Bergström e Sherman e, se ocorrem diferenças do teor de AIC e AEC entre as etapas de exposição pré-depleção (linha de base), pós-depleção e pós-carga de carboidrato em cada intervenção.

### **2.2. Objetivo secundário**

Avaliar se o método pela BIS pode ser utilizado na prática clínica, em corredores de longa distância, para determinar a correlação entre o teor da AIC e o estoque de glicogênio muscular, tendo como padrão ouro comparativo o conteúdo de glicogênio obtido pela biópsia muscular (Costill et al., 1988)<sup>24</sup>.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1. Hidratação e glicogênio em corridas de longa distância

Dependendo do estado de treinamento, temperatura ambiente e intensidade da corrida, segundo Maughan et al. (2007)<sup>12</sup>, o custo energético de correr uma maratona é de cerca de 12.000 kJ (2.954 kcal) para um corredor de 70 kg, aproximadamente o mesmo custo energético relatado inicialmente por Margaria et al.(1963)<sup>25</sup> e posteriormente por Harris et al. (2003)<sup>26</sup>, ou seja, 1 kcal/kg peso corpóreo/km percorrido. Estimativas de utilização de carboidratos durante uma maratona sugerem que isso pode atingir cerca de 400 gramas em corredores de elite, do sexo masculino (Williams, 1989)<sup>27</sup>.

Olsson e Saltin (1970)<sup>10</sup> utilizando água marcada com trítio (<sup>3</sup>H) em voluntários, concluíram uma associação de cerca de 3-4 gramas de água para cada grama de glicogênio corporal (muscular e hepático).

Sherman et al.(1982)<sup>28</sup> utilizando manipulações entre dieta e exercícios em ratos treinados e destreinados e análise com biópsia muscular, apresentaram resultados inconclusivos.

Tam e Noakes (2013)<sup>29</sup> relatam em sua revisão que o armazenamento de glicogênio produz um efeito osmótico insignificante, devido ao tamanho muito grande da molécula de glicogênio. Assim, a água liberada pela degradação do glicogênio pode contribuir para compensar o fluído perdido do corpo sem produzir qualquer ameaça à alostase osmótica.

O glicogênio muscular, quando repleto, constitui aproximadamente 2% do peso úmido do músculo e aproximadamente 5-10% do peso úmido do fígado (King et al. 2018)<sup>19</sup>; sendo muito menos após o exercício (fígado e músculo) e após o jejum (fígado) (Jentjens e Jeukendrup, 2003)<sup>30</sup>.

King et al. (2018)<sup>19</sup> em seu modelo teórico demonstraram que, em repouso, a água associada ao glicogênio pode ser considerada como “água especialmente ligada” e, se for aceito o valor de 3 gramas de água por grama de glicogênio tecidual, assumindo que a estabilidade osmótica prevalece, a utilização de 600 gramas de glicogênio no decorrer de uma maratona resultará na liberação de 1800 ml de água associada ao glicogênio.

### 3.2. Depleção e ressíntese do glicogênio muscular

Bergström et al. (1966)<sup>13</sup> concluíram que o exercício com depleção de glicogênio aumentou a ressíntese de glicogênio, e este efeito no músculo exercitado persistiu localmente por pelo menos 3 dias; observou que a natureza dos mecanismos envolvidos poderia ser o estímulo de um ou mais dos fatores diretamente envolvidos na síntese de glicogênio ou no estímulo da captação de glicose na membrana celular. Supôs que alguns dos efeitos benéficos do exercício em sujeitos sãos e sujeitos diabéticos são mediados por esse fator, promovendo assim a armazenamento de carboidratos como glicogênio em vez de gordura<sup>13</sup>.

Além de Bergström et al.(1967)<sup>15</sup>, outros autores como Sherman et al. (1984)<sup>9</sup>, Ivy et al.(1988)<sup>31</sup>, Zachwieja et al.(1991)<sup>32</sup> e Tarnopolsky et al. (1997)<sup>33</sup> estudaram a ressíntese após a depleção de glicogênio muscular para otimizar as estratégias de recuperação de glicogênio após treinamento ou competição, citando como recomendações o aumento sistemático de carboidratos na dieta.

Jentjens e Jeukendrup (2003)<sup>30</sup> demonstram que a ressíntese de glicogênio muscular após a depleção pelo exercício, ocorre na primeira fase, entre 30 e 60 minutos, após indução pelo exercício e é independente da insulina, período em que há um aumento na translocação da proteína transportadora de glicose (GLUT-4) do citoplasma para a membrana muscular, otimizando a entrada da glicose intramuscular. Na segunda fase, a síntese de glicogênio muscular ocorre em um ritmo muito mais lento e esta fase pode durar várias horas, nesta fase a insulina aumenta a atividade da enzima glicogênio sintase (enzima limitante na síntese de glicogênio). Demonstraram que quando grandes quantidades de carboidratos (1,0 a 1,85 g/kg peso corpóreo/h) são consumidas após a depleção pelo exercício, as taxas de síntese de glicogênio muscular foram maiores<sup>30</sup>.

Hingst et al. (2018)<sup>34</sup> demonstraram em músculos previamente exercitados, a ativação sustentada da enzima glicogênio sintase (GS) e da proteína quinase (AMPK) em combinação com expressão elevada de proteínas que determinam a capacidade de captação de glicose (GLUT-4), e que para alcançar a supercompensação no músculo esquelético, além da ativação de GS,

é também necessária a ativação de uma isoforma de proteína quinase dependente de AMP (AMPK,  $\alpha 1\beta 2\gamma 1$ ).

Os carboidratos ingeridos são armazenados como glicogênio nos músculos esqueléticos ( $\approx 350-700$  g) e no fígado ( $\approx 80-120$  g) (Knuiman et al., 2015)<sup>35</sup>, normalmente os estoques de glicogênio muscular não são afetados por um período de jejum noturno; contudo, os estoques de glicogênio hepático podem ser substancialmente afetados por período de jejum noturno (Iwayama et al., 2021)<sup>36</sup>. Durante o exercício são recrutados os estoques de glicogênio dos músculos esqueléticos e do fígado; portanto, se a competição for realizada pela manhã após um jejum noturno (ou qualquer período de jejum prolongado), caso os estoques de glicogênio hepático estejam comprometidos, é pertinente que as refeições após o jejum noturno ou jejum prolongado sejam planejadas de forma que haja foco na reposição de glicogênio hepático (Podlogar e Wallis, 2022)<sup>37</sup>.

### **3.3. Estratégias dietéticas na utilização do carboidrato**

Bergström et al.(1967)<sup>15</sup> pesquisaram a utilização do carboidrato em nove indivíduos exercitando em cicloergômetro:

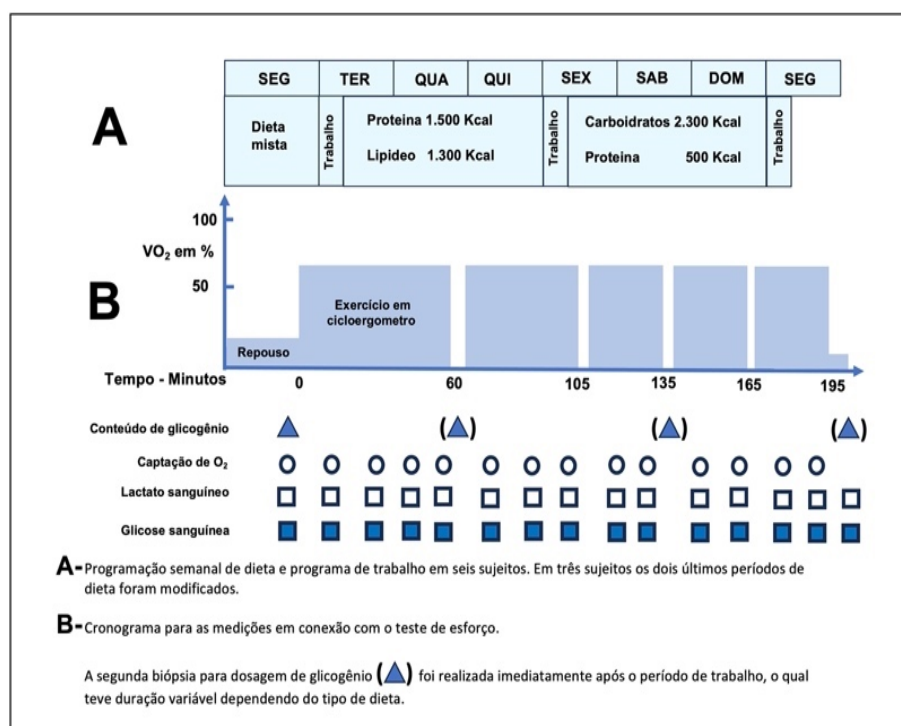
Na primeira fase do experimento todos receberam inicialmente uma dieta mista e não controlada antes das primeiras medições. Não tomaram café da manhã antes do teste de esforço. Coletaram medidas de  $VO_2$ , lactato e glicose plasmática, em repouso e durante o exercício com carga de trabalho correspondente a um consumo de oxigênio de 75% (71-82) do  $VO_{2max}$  até a exaustão dos voluntários. Para medir o glicogênio muscular foram feitas biópsias musculares do vasto lateral da coxa, antes do exercício e imediatamente após o exercício exaustivo.

Na segunda fase do experimento, após este exercício exaustivo, seis voluntários receberam uma dieta de gordura + proteína por 3 dias antes do segundo exercício, que também mantiveram carga de trabalho de 75% até exaustão.

Na terceira fase, após o segundo exercício exaustivo, receberam nos 3 dias seguintes uma dieta predominantemente de carboidratos, antes do terceiro exercício exaustivo.

Os três voluntários restantes também seguiram o esquema acima mencionado, exceto que receberam primeiro a dieta de carboidratos, seguida pela dieta de gordura e proteína (fig. 4).

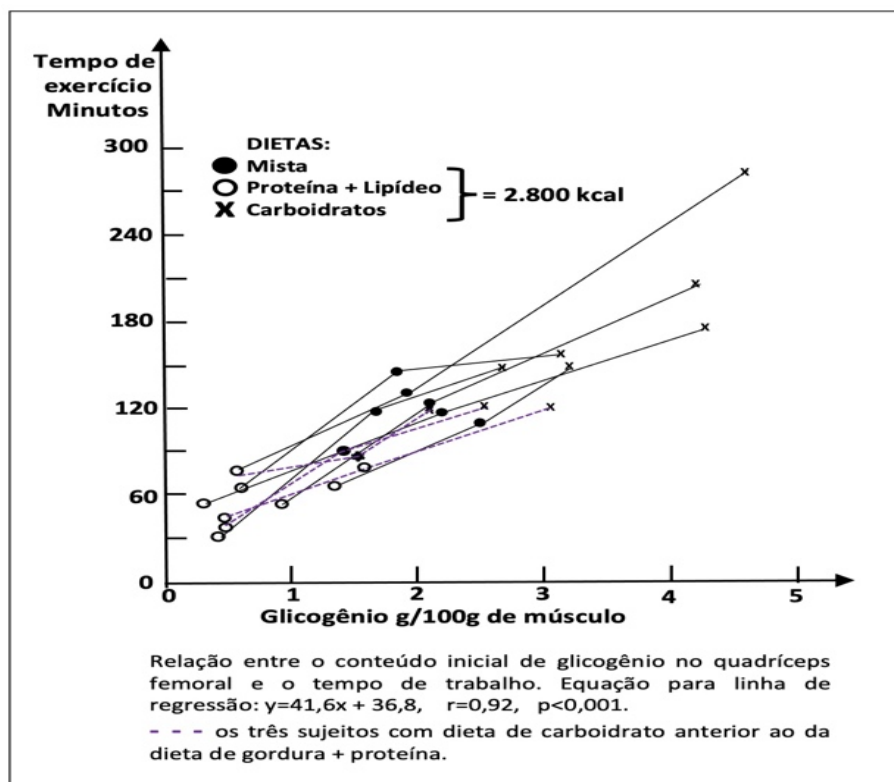
**Figura 4 - Estratégia dietética de Bergström**



**Fonte:** Bergström et al. (1967)

Os resultados apresentaram uma boa correlação entre a concentração de glicogênio inicial e o tempo de exercício exaustivo, demonstraram que a habilidade individual para manter o exercício prolongado foi altamente dependente do conteúdo de glicogênio muscular que, por sua vez, depende do tipo de dieta em carboidratos antes do exercício (fig. 5).

**Figura 5** - Glicogênio muscular e tempo de exercício na estratégia de Bergström

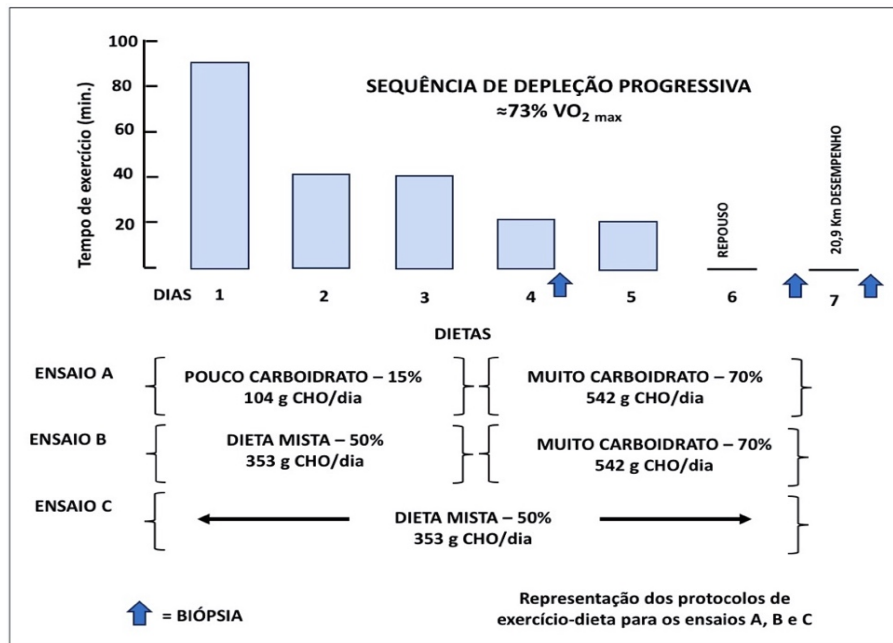


**Fonte:** Bergstrom et al. (1967)

Sherman et al. (1981)<sup>38</sup> constataram que, aplicando o estímulo do exercício na intensidade de 73% do  $VO_{2max}$ , para obter a depleção do glicogênio muscular e, logo em seguida, supercompensar a síntese de glicogênio muscular, obtiveram resultados semelhantes entre os grupos A e B. Demonstraram que o grupo A não foi melhor, apesar de manter baixo nível de ingestão de carboidrato durante a fase de depleção; contudo, a síntese de glicogênio muscular pode ser modificada pelo consumo de diferentes quantidades de carboidratos na dieta durante a fase de carga (fig.6 e 7).

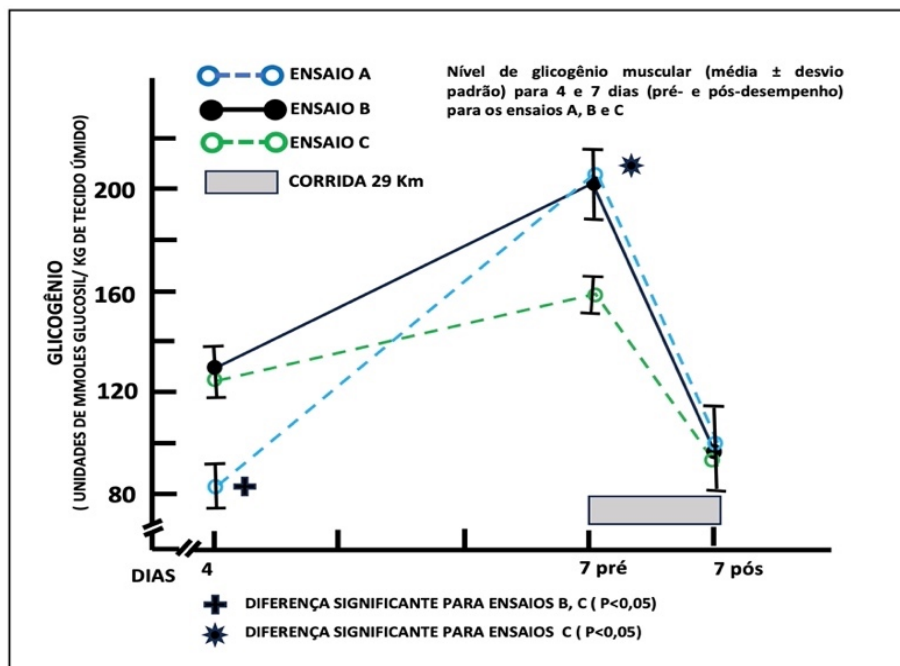


**Figura 6 - Tipos de estratégias e tempo de exercício**



Fonte: Sherman et al. (1981)

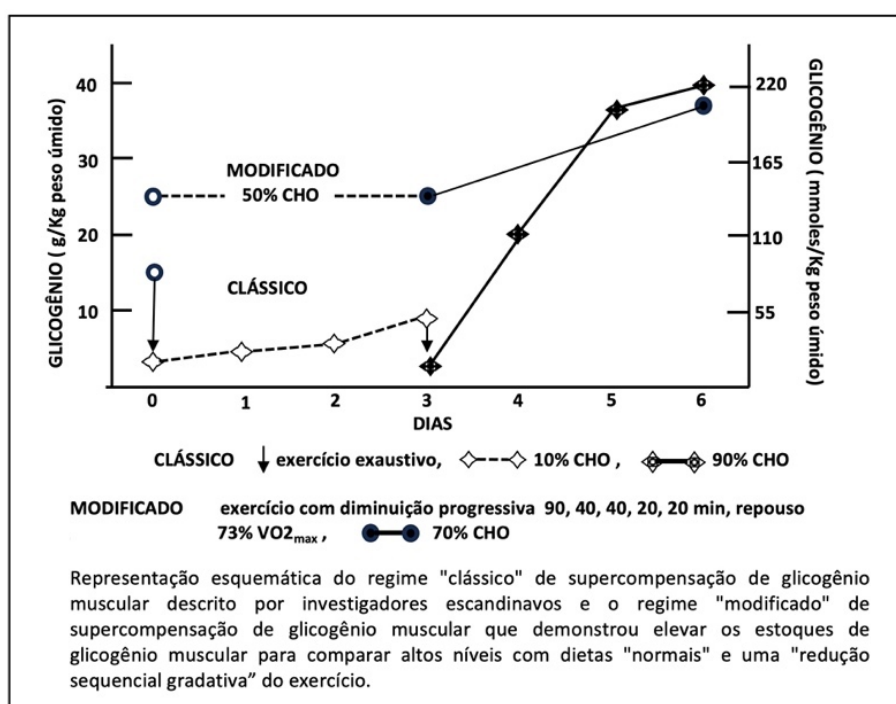
**Figura 7 - Níveis de glicogênio pré e pós-desempenho**



Fonte: Sherman et al. (1981)

Decorrente do estudo anterior, Sherman et al. (1984)<sup>9</sup> investigaram se um padrão modificado de manipulação da dieta, aplicando uma dieta menos rigorosa e exercício menos intenso na primeira fase, resultaria em níveis comparativamente altos de glicogênio muscular, conforme encontrado na dieta de supercompensação clássica de Bergström. Constataram que, os resultados obtidos no padrão modificado de manipulação da dieta e exercícios menos intensos na primeira fase, comparados com a dieta de supercompensação clássica, elevou o glicogênio muscular a níveis semelhantes (fig.8)<sup>9</sup>.

**Figura 8** - Níveis de glicogênio muscular Bergstrom vs. Sherman



**Fonte:** Sherman et al. (1984)

Burke et al. (2017)<sup>39</sup>, relatam em sua revisão que as diretrizes atuais de nutrição esportiva não promovem mais uma mensagem universal de "alta ingestão de carboidrato o tempo todo" ou a necessidade de maximizar o armazenamento de glicogênio muscular, enfatizando alguns fatores como: a) a "janela de oportunidade" pois no período pós-exercício, durante as primeiras duas horas a taxa de armazenamento de glicogênio resultou em 7,7 mmol/kg de peso úmido e após este período caiu para aproximadamente 4,4 mmol/kg peso

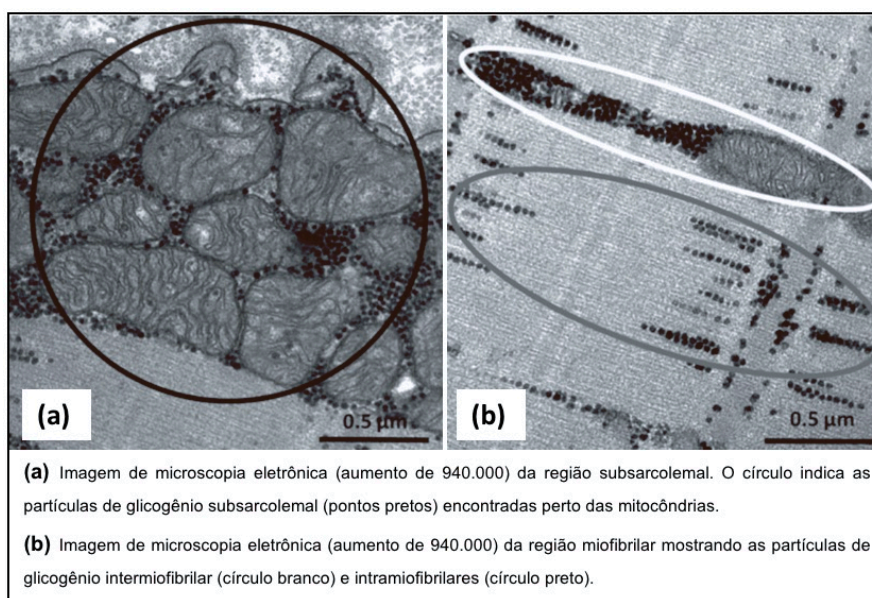
úmido; b) alimentos de alto índice glicêmico (IG) como glicose, maltodextrina e amido com alto teor de amilopectina aumentam o armazenamento de glicogênio muscular; c) a disponibilidade de energia, pois a ingestão de energia abaixo do ideal em relação ao gasto de energia do exercício (Deficiência de Energia Relativa no Esporte - RED'S) resulta numa regulação negativa da energia, comprometendo a síntese de glicogênio; d) os exercícios de contração excêntrica que danificam os músculos e prejudicam as taxas de síntese de glicogênio devido a reduções na translocação de GLUT-4 e redução da captação de glicose no período da “janela de oportunidade”<sup>39</sup>.

### **3.4. Glicogênio muscular como determinante do desempenho**

O glicogênio está presente no músculo esquelético em concentrações relativamente altas, mas as moléculas individuais de glicogênio são extremamente grandes (cerca de 1.200 a 55.000 unidades de glicosil), portanto, o efeito das alterações no conteúdo de glicogênio na osmolaridade do espaço intracelular é relativamente pequeno. O glicogênio muscular existe em duas formas primárias, proglicogênio e macroglicogênio. Essas duas formas diferentes representam os extremos de um espectro de moléculas de glicogênio de tamanhos variados e diferentes distribuições intracelulares, com proporções crescentes de macroglicogênio à medida que o conteúdo total de glicogênio muscular aumenta (Shearer & Graham, 2004)<sup>40</sup>.

A distribuição do glicogênio muscular é estocada de forma diferente dentro das fibras musculares, está armazenado em três locais: a) subsarcolemal de 5-15%, b) intermiofibrilar de 75% e c) intramiofibrilar de 5-15% (Ortenlad e al., 2013)<sup>41 42</sup> (fig.9). Além disso, parece que o glicogênio subsarcolemal, intermiofibrilar e intramiofibrilar acionam diferentes mecanismos nas contrações musculares<sup>41</sup>.

**Figura 9** - Níveis de localização do glicogênio muscular



**Fonte:** Ortenblad, N.; Nielsen, J. (2015)

O glicogênio intramiofibrilar é preferencialmente esgotado durante o exercício de alta intensidade, estando a depleção deste glicogênio altamente correlacionada com a fadiga do músculo esquelético (Nielsen et al.,2010)<sup>43</sup> (Nielsen et al.,2011)<sup>44</sup>. A redução do glicogênio intramiofibrilar pode diminuir a atividade de Na, K-ATPase, levando à diminuição da clivagem do ATP e, subsequentemente, a uma menor produção de energia (Ortenlad e al., 2013)<sup>41</sup>. Entretanto, mesmo sendo facilmente esgotado durante o exercício, o glicogênio intramiofibrilar é também facilmente recuperado após o exercício (Marchand e col. 2002)<sup>45</sup> (Ortenblad, N.; Nielsen, J.,2015)<sup>42</sup>.

Segundo Jensen et al. (2020)<sup>46</sup>, durante o exercício, o glicogênio intramiofibrilar e subsarcolemal foram, preferencialmente, utilizados antes do glicogênio intermiofibrilar; sendo o conteúdo de glicogênio intramiofibrilar nas fibras vermelhas (tipo 1) o melhor preditor de desempenho nos exercícios de resistência. Além disso, níveis acima do normal de glicogênio subsarcolemal foram associados à economia de glicogênio intramiofibrilar durante o exercício<sup>46</sup>. Desta forma, o glicogênio subsarcolemal, o glicogênio intramiofibrilar e o glicogênio intermiofibrilar são utilizados em taxas variadas durante o exercício após a ingestão de uma dieta enriquecida com carboidratos<sup>46</sup>. Enquanto a taxa

de utilização de glicogênio subsarcolemal é muito alta, a utilização de glicogênio intramiofibrilar durante os 60 minutos iniciais de exercício é baixa, sugerindo uma interação entre glicogênio subsarcolemal e intramiofibrilar, permitindo a preservação do glicogênio intramiofibrilar na fase inicial do exercício. De modo que, sendo o conteúdo de glicogênio intramiofibrilar o melhor preditor de desempenho de resistência, o conteúdo de glicogênio subsarcolemal supercompensado pode postergar a exaustão<sup>46</sup>.

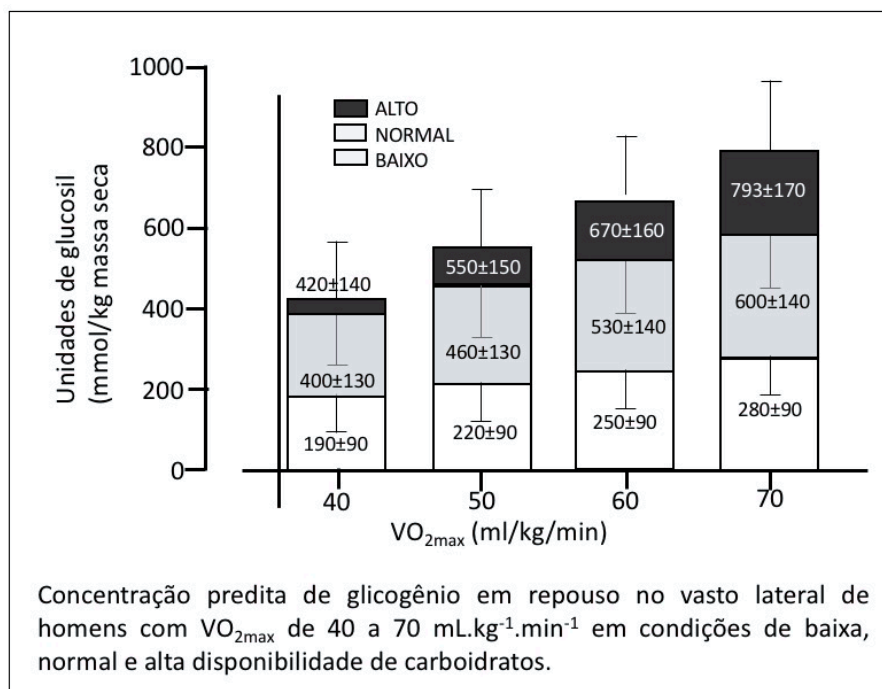
Por outro lado, o glicogênio intermiofibrilar está relacionado ao tempo de semi-relaxamento de uma contração tetânica não fadigada, pois localizado entre as miofibrilas próximas ao retículo sarcoplasmático longitudinal exerce um papel na recaptção de  $\text{Ca}^{2+}$  do retículo sarcoplasmático (Nielsen et al., 2011). Acredita-se que o glicogênio intermiofibrilar potencialize a liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  armazenado no retículo sarcoplasmático, acionando os sítios ativos da tropomiosina; sendo a função muscular prejudicada após a depleção de glicogênio muscular devido à liberação reduzida de  $\text{Ca}^{2+}$  do retículo sarcoplasmático (Nielsen et al., 2014)<sup>47</sup>.

Watanabe e Wada (2019)<sup>48</sup> relataram que a redução do glicogênio, per se, pode diminuir o desempenho muscular devido ao comprometimento da liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  do retículo sarcoplasmático e sugeriram que, embora a função da bomba de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  seja adversamente afetada pelo glicogênio reduzido, a extensão do comprometimento não é suficiente para reduzir a liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  do o retículo sarcoplasmático. Fornecendo evidência direta de que o glicogênio acima de uma certa quantidade é necessário para a preservação dos eventos funcionais que precedem a liberação de  $\text{Ca}^{2+}$  do retículo sarcoplasmático<sup>48</sup>.

Segundo Areta e Hopkins (2018)<sup>49</sup> e (Podlogar e Wallis, 2022)<sup>37</sup>, com treinamento e manipulações dietéticas, as concentrações de glicogênio muscular podem aumentar de  $280 \pm 90$  mmol/kg para até  $793 \pm 170$  mmol/kg de massa seca em populações altamente treinadas ( $\text{VO}_{2\text{max}}$  de 70ml/kg/min) Embora a capacidade de armazenamento seja aumentada em populações altamente treinadas, parece que no momento da exaustão, as concentrações de glicogênio muscular são menores em não treinados (ou seja,  $190 \pm 90$  mmol/kg de massa

seca) do que em populações treinadas (ou seja,  $280 \pm 90$  mmol/kg de massa seca) (fig.10)<sup>49</sup>.

**Figura 10** -Glicogênio e grau de condicionamento físico



**Fonte:** Areta e Hopkins (2018)

### 3.5. Glicogênio muscular em diferentes gêneros

Os estudos de Tarnopolsky et al. (1995)<sup>50</sup> referiram melhora no desempenho dos participantes masculinos em 45% e das mulheres em 5%, contudo os participantes masculinos ingeriram 8,2 g/kg de peso corporal de carboidratos, enquanto as participantes femininas ingeriram 6,4 g/kg de peso corporal de carboidratos. Posteriormente, Tarnopolsky et al. (1997)<sup>33</sup> ao compararem mulheres com homens, forneceram resultados conflitantes em relação aos impactos da supercompensação de glicogênio; relataram que as mulheres tinham menos capacidade de supercompensar o glicogênio muscular.

Burke e Hawley (1999)<sup>51</sup> sugeriram que existe um “limiar de carga de carboidratos”, de 7-10 g/kg massa corpórea/dia, necessário para alcançar os benefícios ergogênicos da carga de carboidratos. Com esse conhecimento de

um “limiar de carregamento de carboidratos”, James et al (2001)<sup>52</sup> constataram que as diferenças de gênero eram indiferentes se os participantes ingerissem um nível de carboidratos de 12 g/kg de massa livre de gordura por dia; desta forma normalizando para a massa livre de gordura, mulheres e homens eram capazes de atingir níveis semelhantes de supercompensação de glicogênio.

## **4. MÉTODOS**

### **4.1. Desenho do estudo**

Estudo de investigação clínica, quantitativo, comparativo e experimental, controlado, prospectivo, randomizado e cega para análise de glicogênio muscular. O desenho do estudo foi aprovado: a) pela Comissão Científica do Instituto de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de S. Paulo – protocolo IOT nº 1352; b) pelo Parecer consubstanciado do CEP do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, número do parecer 4.097.776; c) com registro na Plataforma Brasil - MINISTÉRIO DA SAÚDE – Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de ética em Pesquisa – CONEP; CAAE: 33434720.9.0000.0068.

Antes de ingressarem no estudo como participantes voluntários, todos os participantes foram informados sobre os protocolos e riscos associados ao estudo e receberam o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), em acordo com as recomendações da Resolução no 196 de 10 de outubro de 1996 do Conselho Nacional de Saúde.

### **4.2. Amostra**

#### **4.2.1. Cálculo da amostra**

Após cálculo amostral com estatístico, definiu-se o tamanho amostral de 30 voluntários. Como cada voluntário participaria das duas intervenções com estudo de delineamento cruzado (crossover) entre as intervenções de Bergström e Sherman (com intervalo de 30 dias para “washout”), teríamos 30 amostras para cada intervenção.

#### **4.2.2. Critérios de elegibilidade**

##### **4.2.2.1. Critérios de inclusão:**

a) homens saudáveis com idade entre 25 e 60 anos; b) massa muscular normal ou acima, de acordo com o valor de referência fornecido pela análise da



BIS; c) altura entre 160 cm e 190 cm; d) corredor de provas de longa distância com volume de treino maior ou igual a 40 km/semana.

#### 4.2.2.2. *Crêterios de exclusão:*

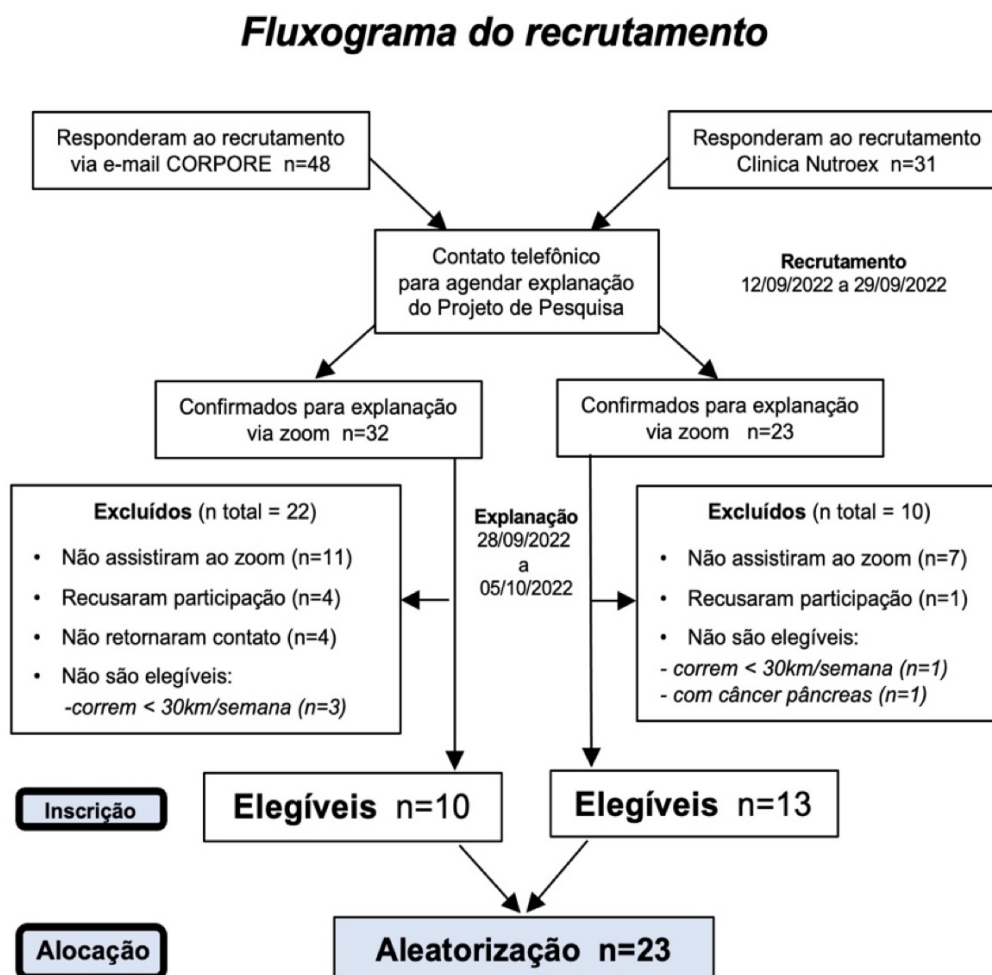
a) mulheres, devido reten o hídrica na fase pré-menstrual (Gudivaka et al., 1999)<sup>53</sup> ( Santos et al., 2013)<sup>54</sup>; b) uso de medicamentos (ex; metformina) que interfiram com o metabolismo da glicose na fibra muscular ao nível do GLUT-4 e da enzima AMPK (Dziewulska et al., 2010)<sup>55</sup> nos adipócitos (Lee et al., 2012)<sup>56</sup>; c) recusa em participar ou declinar em qualquer fase, idade inferior a 25 anos ou superior a 60 anos, volume de treino inferior a 40 km/semana.

#### 4.2.3. Recrutamento

A pesquisa foi realizada na Clínica Nutroex (MIZU-Clínica de Nutrologia, Medicina do Esporte e Terapia Corporal Ltda.), os voluntários estudados neste ensaio clínico foram provenientes de duas fontes; a primeira fonte via whatsapp, foram recrutados 31 pacientes-corredores da Clínica Nutroex, e a segunda fonte por meio da triagem de 83.024 e-mails enviados aos corredores cadastrados na CORPORE (Corredores Paulistas Reunidos), dos quais 7.977 abriram o e-mail e 48 corredores responderam ao recrutamento. Após contato telef nico foram agendadas quatro reuniões explanativas via zoom do Projeto de Pesquisa.

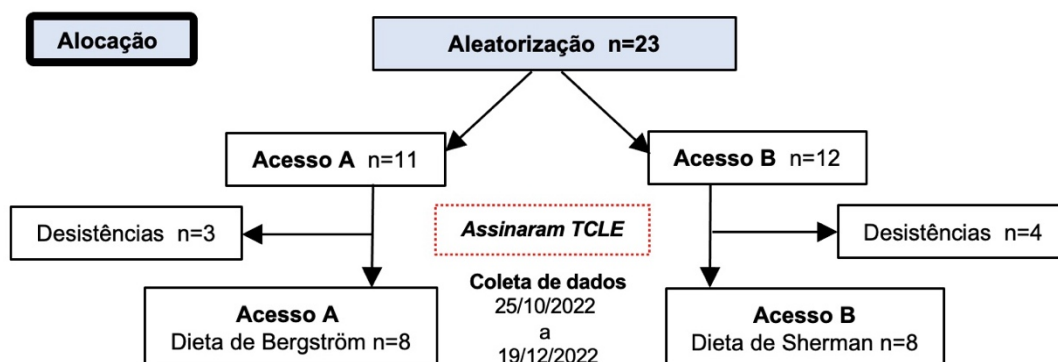
Na primeira fonte (CORPORE) dos 48 sujeitos, 32 confirmaram presença na explica o via zoom, dos quais 11 sujeitos não assistiram, quatro sujeitos recusaram participa o, três sujeitos não retornaram contato e três não foram elegíveis (corriam menos de 30km/semana). Na segunda fonte (Nutraex) dos 31 sujeitos, 23 confirmaram presença para a explica o via zoom, dos quais sete sujeitos não assistiram, um sujeito recusou participa o e dois não foram elegíveis (um corria menos de 30km/semana e outro foi diagnosticado com câncer de pâncreas) (fig11).

Figura 11 - Recrutamento



Dos 23 voluntários elegíveis, foram alocados 11 voluntários para o acesso A e 12 para o acesso B. Contudo, após alocação ocorreram três desistências do acesso A e quatro desistências do acesso B; restaram apenas 16 voluntários (oito para acesso A e oito para acesso B) que entregaram o TCLE. As coletas de dados foram realizadas no período de 25/10/2022 a 19/12/2022 (fig.12).

**Figura 12** – Voluntários que participaram do início da pesquisa



**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício (2023)

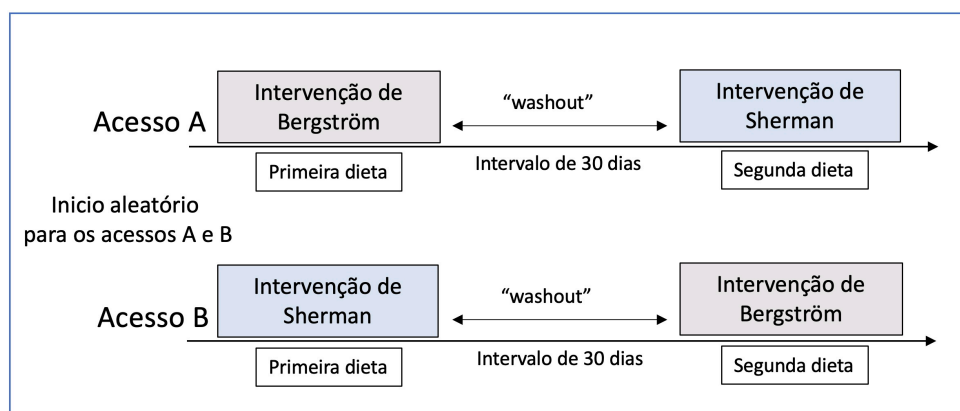
### 4.3. Detalhamentos dos acessos e das coletas nas intervenções

#### 4.3.1. Detalhamento da randomização dos acessos A e B

Os voluntários foram randomizados por meio de software computacional no LIM-17 - FMUSP (Prof. Dr. Bruno Gualano) e alocados no acesso A ou B; determinado, desta forma, o início com intervenção de Bergström ou com intervenção de Sherman

O acesso A iniciou com a intervenção de Bergström e o acesso B com intervenção de Sherman (fig. 13).

**Figura 13** - Detalhamento dos Acessos A e B



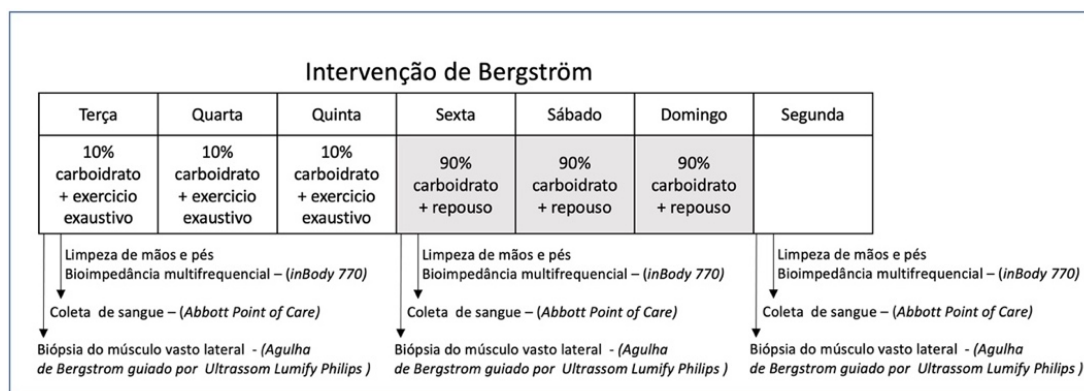
**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício (2023)

Após período de 30 dias de dieta normal para “washout”, o acesso A fez intervenção de Sherman e o acesso B fez intervenção de Bergström.

#### 4.3.2. Detalhamento das coletas nas intervenções

Na intervenção de Bergström foi colhida no primeiro dia (Linha de base), no período da manhã, dados da BIS para avaliar AIC e AEC, sangue venoso para avaliar potássio plasmático e biópsia muscular com agulha de Bergström, após a coleta introduzido dieta com 10% de carboidrato das calorias diária e, corrida na rua com intensidade que equivaleu a 75% (71-82) da  $F.C_{max}$  de 90 minutos durante três dias. No quarto dia, após três dias de depleção de carboidrato (Pós-depleção), no período da manhã, repetido as coletas e introduzido 90% de carboidratos das calorias diária e repouso da atividade física durante três dias. No sétimo dia, após três dias de repleção de carboidrato (Pós-CHO), no período da manhã, repetido a coleta de dados (fig. 14).

**Figura 14 - Detalhamento da intervenção de Bergström**



**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício (2023)

Na intervenção de Sherman foi colhida no primeiro dia (Linha de base), no período da manhã, dados da BIS para avaliar AIC e AEC, sangue venoso para avaliar potássio plasmático e biópsia muscular com agulha de Bergström, após a coleta introduzido dieta com 50% de carboidrato das calorias diária e 90 minutos de exercício com intensidade de 73% da  $F.C_{max}$  durante três dias. No

quarto dia, após três dias de depleção de carboidrato (*Pós-depleção*), no período da manhã, repetido as coletas e introduzido 70% de carboidratos das calorias diária e 20 minutos de exercício com intensidade de 73% da F.C.<sub>max</sub> durante dois dias e repouso da atividade física no sexto dia. No sétimo dia, após três dias de repleção de carboidrato (*Pós-CHO*), no período da manhã, repetido a coleta de dados (fig. 15).

**Figura 15** - Detalhamento da intervenção de Sherman

Intervenção de Sherman						
Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda
50% carbo + 90 minutos Corrida a 73% F.C. max	50% carbo + 40 minutos Corrida a 73% F.C. max	50% carbo + 40 minutos Corrida a 73% F.C. max	70% carbo + 20 minutos Corrida a 73% F.C. max	70% carbo + 20 minutos Corrida a 73% F.C. max	70% carbo + Repouso	
↓ Limpeza de mãos e pés Bioimpedância multifrequencial – (inBody 770) ↓ Coleta de sangue – (Abbott Point of Care) ↓ Biópsia do músculo vasto lateral - (Agulha de Bergstrom guiado por Ultrassom Lumify Philips)			↓ Limpeza de mãos e pés Bioimpedância multifrequencial – (inBody 770) ↓ Coleta de sangue – (Abbott Point of Care) ↓ Biópsia do músculo vasto lateral - (Agulha de Bergstrom guiado por Ultrassom Lumify Philips)			↓ Limpeza de mãos e pés Bioimpedância multifrequencial – (inBody 770) ↓ Coleta de sangue – (Abbott Point of Care) ↓ Biópsia do músculo vasto lateral - (Agulha de Bergstrom guiado por Ultrassom Lumify Philips)

**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício (2023)

#### 4.4. Questionário clínico e alimentar

##### 4.4.1. Questionário clínico: patologias anteriores e atividade física

Embora dentre os participantes voluntários houvessem alguns pacientes, com obesidade controlada, praticantes de atividade física, além de maratonista e ultramaratonistas com treinamento competitivo, todos foram considerados atletas, de acordo com as definições de Weineck J.(2000)<sup>57</sup> e os conceitos de Hollmann e Hettinger (2005)<sup>58</sup>.

Investigado para os critérios de inclusão como voluntários saudáveis: a) ocorrência de patologias anteriores, tais como, doenças cardíacas, asma, bronquite, lesões ortopédicas ou cirurgias incapacitantes; b) queixas anteriores ou atuais de sintomas localizados na cabeça, pescoço, tórax, abdômen ou aparelho locomotor; c) existência de Síndrome Metabólica – quadro de obesidade com hipertensão arterial, hipercolesterolemia ou diabetes (Bouchard, 2003)<sup>59</sup> (Huang, 2009)<sup>60</sup> (Ross et al., 2016)<sup>61</sup>.

Questionado há quanto tempo está treinando, quantas modalidades de atividade física já praticou, quantos quilômetros corre por semana, quantas maratonas já percorreu e, se pretende melhorar o tempo das maratonas ou apenas cruzar a linha de chegada em tempo permitido pela prova. Desta forma, a avaliação prévia através de questionário impresso investigou patologias pré-existentes para cumprir o critério de inclusão (apenas voluntários saudáveis), número de maratonas realizadas e tipo de alimentação habitual (vide em anexo 8.5).

#### 4.4.2. Questionário alimentar habitual

Questionado o tipo de alimentação habitualmente ingerida em relação a quantidade, qualidade, harmonia e adequação. Inicialmente solicitado Registro Alimentar Semanal (RAS) ou fotos dos alimentos ingeridos, contudo esta solicitação não foi totalmente aderida; o que direcionou o cálculo calórico por meio do gasto energético diário (GED) individual fornecida pela BIS acrescido do gasto energético dispendido nos treinos de corrida em função da quilometragem percorrida, pois o custo energético de correr equivale a 1 kcal/kg peso corpóreo/km (Harris et al., 2003)<sup>26</sup>, (Margaria et al., 1963)<sup>25</sup>.

A quantidade e a qualidade da dieta com alimentos ricos em carboidratos e pobre ou ausentes de carboidratos foi orientado utilizando classificação dos alimentos por meio de cores, sendo que os ricos em carboidratos pertenceram ao grupo vermelho e os demais ao grupo verde (vide em anexo 8.6).

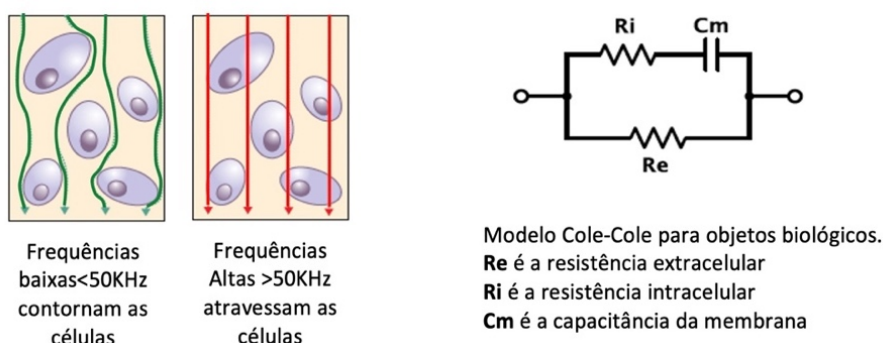
#### 4.5. Avaliação da composição corporal

O modelo de BIS utilizado realiza 30 medições de impedância usando seis correntes elétricas de frequências diferentes (1 kHz, 5 kHz, 50 kHz, 250 kHz, 500 kHz e 1000 kHz), sendo que correntes elétricas de frequências abaixo de 50 kHz contornam as células e acima de 50 kHz atravessam as células. O sistema octopolar (quatro polos com dois eletrodos táteis em cada polo) transmite a corrente elétrica através dos cinco segmentos (braço direito, braço esquerdo, tronco, perna direita e perna esquerda) avaliando a resistência à passagem da

corrente elétrica (impedância) através dos tecidos biológicos. Fornece medidas do peso, massa de gordura, massa livre de gordura, massa muscular magra, massa muscular esquelética, água corporal total, AIC e AEC (vide em anexo 8.7). Recomendado para pessoas com 10 a 250 kg, 3 a 99 anos e 95 a 220 cm. Estas variáveis da bioimpedância multifrequencial octopolar inBody770® foram avaliadas por Lee et al. (2018)<sup>62</sup> e Chen et al. (2018)<sup>63</sup>.

A análise pela BIS é um método prático para avaliar o conteúdo de água corporal (Lee et al., 2018)<sup>62</sup>, permitindo a avaliação separada do conteúdo de AIC e AEC com base no modelo Cole-Cole (Cole e Cole, 2004)<sup>64</sup> (Deurenberg et al., 1996)<sup>65</sup> (Santos et al., 2013)<sup>54</sup> (fig. 16)

**Figura 16** - Modelo de Cole-Cole para objetos biológicos



**Fonte:** Santos et al. (2013)

O protocolo para análise da composição corporal por bioimpedância, foi seguido de acordo com o manual de operação da InBody770: o participante manteve jejum de pelo menos três horas antes, esvaziou a bexiga antes da análise, evitou substâncias diuréticas e cremes cosméticos para mãos e pés, evitou exercícios antes da pesagem. Pesou apenas de short e sem acessórios; em ambiente aclimatado em temperatura de 21 °C para que não houvesse sudorese.

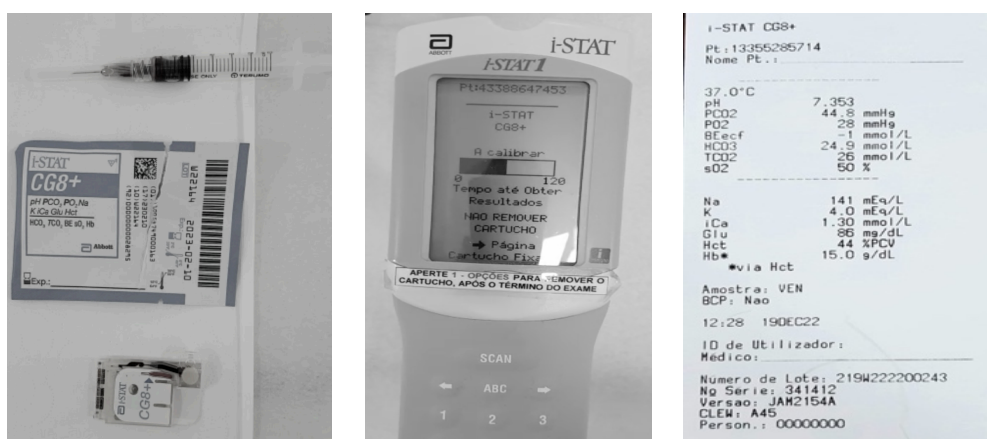
Efetou-se higiene da palma das mãos e planta dos pés com álcool etílico hidratado a 70%, retirando resíduos que interferissem na passagem da corrente elétrica entre a BIS e o contato com o participante. A pesagem foi feita apenas pelo pesquisador executante, foram feitas três pesagens consecutivas

para cálculo da média ponderal das medidas de massa de gordura (MG em kg), massa muscular magra (MMM em kg), massa muscular esquelética (MME em kg), água corporal total (ACT em litros), AIC em litros, AEC em litros, taxa metabólica basal (TMB em kcal) e percentual de gordura corporal. Estas variáveis foram avaliadas de acordo com o detalhamento dos acessos e detalhamento das intervenções acima descritos, com delineamento em crossover e com tempo de “washout” de 30 dias entre as duas intervenções.

#### 4.6. Análise dos elementos bioquímicos plasmáticos

Utilizado o analisador Point-of-Care para analisar quantidade de sódio, cloro, glicose e principalmente de potássio, para identificar alteração na concentração plasmática de potássio. Foi utilizada a técnica de punção venosa para coletar amostras de sangue de uma veia dorsal da mão, em decúbito dorsal, aferido pressão arterial, com ambiente aclimatado em 21 °C antes das medições de bioimpedância. As amostras foram mensuradas no cartucho CHEM 8+ para análise dos valores de sódio (100-180mEq/L), potássio (2,0-9,0 mEq/L), cálcio iônico (0,25-2,5 mmol/L) e glicose (20-700 mg/dL). O protocolo e as variáveis deste analisador são validados pela Abbott Point of Care/ i-STAT® (Mock et al.,1995)<sup>66</sup> (fig.17).

**Figura 17 - Coleta de dados da análise bioquímica**



**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício (2023)



Kreitzman et al. (1992)<sup>11</sup> consideraram que o potássio liga-se ao glicogênio na razão de 0,45 mmol K/g glicogênio hidratado, e que uma perda de 400 gramas de glicogênio resulta em liberação de >200mmol de potássio.

Entretanto, como dietas ricas em carboidratos habitualmente contém maior quantidade de potássio (Shiose et al., 2016)<sup>20</sup>, os valores do potássio plasmático foram avaliados de acordo com as coletas das intervenções, e verificado se ocorreu correlação entre os valores de potássio plasmático em função das etapas exposição pré-depleção (Linha de base), pós-depleção e pós-carga de carboidrato.

#### **4.7. Biópsia muscular**

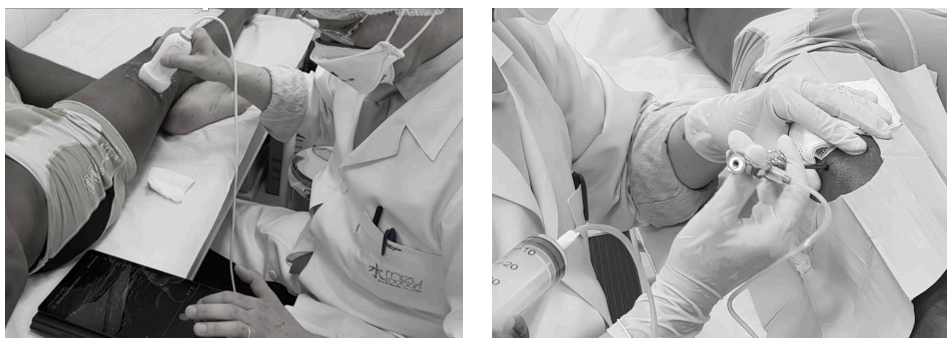
As biópsias foram realizadas pelo pesquisador executante, previamente treinado (Dr. Milton Mizumoto), foi extraída uma pequena amostra (aproximadamente 100 miligramas) da porção lateral e mais volumosa do vasto lateral, cuja quantidade foi suficiente para todas as análises propostas. O local aproximado da extração foi entre o ponto médio da patela e do trocânter maior; a espessura da camada subcutânea e a profundidade do músculo biopsiado foi orientado por aparelho de ultrassom, visto que participantes com maior quantidade de massa gorda poderiam ter apresentado maior espessura do tecido gorduroso entre a pele e a fáscia muscular em relação aos participantes mais condicionados e mais magros.

Para a realização da biópsia, o participante foi deitado na maca em posição de decúbito dorsal mantendo o joelho da coxa biopsiada levemente fletida e apoiada sobre outro membro inferior contralateral. Pois, esta posição do membro inferior contralateral levemente abduzido e rodado externamente relaxou o músculo íleo-psoas contralateral, desta forma aliviando o incomodo da lordose lombar que ocorria em alguns participantes.

O pesquisador executante fez a assepsia do local com solução de clorexina a 2% (Riohex 2%0 e em seguida antissepsia com solução de iodopolividona a 10% (Povidine 10%), visto que no questionário prévio nenhum participante relatou problemas alérgicos. Após a antissepsia, a coxa foi coberta

com campo cirúrgico fenestrado estéril, feito anestesia da pele e da fáscia muscular do vasto lateral da coxa com 5 ml de lidocaína a 2% (Xylestesin 2% com vasoconstrictor), sendo 2 ml para anestesia da pele local e 3 ml injetados ao redor da fáscia muscular. Feito incisão de aproximadamente 5 mm na pele com bisturi lâmina no 11 e a seguir incisão da fáscia muscular logo abaixo. Uma agulha de biópsia de Bergström com técnica modificada por Shanely et al. (2014)<sup>67</sup>, esterilizada e de uso individual foi inserida através da abertura no ventre do músculo vasto lateral, com a agulha introduzida uma sucção foi aplicada na extremidade superior externa da agulha por uma seringa de 60 mL; deste modo um pequeno pedaço (30 a 110mg) de músculo é succionado para o interior da agulha e cortado pela sua lâmina interna. Em seguida aplicou-se bolsa de gelo sobre a compressa de gaze sobreposta na incisão cirúrgica, feito aproximação das bordas da incisão com bandagem esterilizada (Cremer) e sobre este colocou-se outra bandagem maior (Tegaderm), para prevenir o seu desprendimento. Aplicado compressão e proteção do local de biópsia com compressas de gaze e ataduras de crepe envolveram circularmente a coxa, sobre a região biopsiada, a fim de evitar qualquer hematoma local. O voluntário foi instruído a manter a bandagem por 24 horas e a incisão limpa e seca pelo período de 72 horas. Não houve nenhum o efeito adverso relacionado ao procedimento, com relatado na literatura (Edwards et al. 1983)<sup>68</sup> (Neves et al., 2012)<sup>69</sup> (fig. 18).

**Figura 18** - Biópsia muscular coletado com agulha de Bergström



**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício (2023)

As amostras das biópsias foram congeladas em nitrogênio líquido e armazenadas a  $-80^{\circ}\text{C}$  e encaminhados para análise do glicogênio muscular. A análise quantitativa do glicogênio foi determinada por meio de duplo ensaio enzimático por métodos colorimétricos (570 nm) e fluorométricos (585/530 nm), número de catálogo produto MAK016 da SIGMA-ALDRICH®, realizado entre o período de 02/02/2023 a 10/03/2023 no LIM/17 – Laboratório de Investigação em Reumatologia, HC-FMUSP (Prof. Dr. Bruno Gualano).

#### **4.8. Estatística**

As variáveis obtidas das duas intervenções foram analisadas pela aplicação de Modelos Lineares Mistos (Modelos de Medidas Repetidas), no LIM-17 – FMUSP, pelo pacote estatístico SAS (SAS® OnDemand for Academics, SAS Institute Inc., EUA) e são apresentados como média  $\pm$  1 desvio padrão.

A distribuição normal foi confirmada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Como a maioria dos dados foi considerada normal ( $P > 0,15$ ), todas as análises foram realizadas usando modelos mistos considerando intervenção (2 níveis: Sherman e Bergstrom), tempo como fatores fixos (3 níveis: Pré, Pós-depleção, Pós-CHO) e indivíduos como fatores aleatórios.

Quando um valor significativo de F foi obtido, os ajustes de Tukey-Kramer foram realizados.

As correlações de Pearson foram realizadas para determinar quaisquer associações entre o glicogênio muscular e a) AEC, b) AIC e c) potássio. A significância estatística foi aceita em  $P \leq 0,05$ .

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Característica da amostragem

A faixa etária dos voluntários foi de 31 a 57 anos, representou uma média de 45 anos. Dos 16 voluntários, três não tinham corrido maratona e, destes três apenas um tinha corrido meia-maratona. Daqueles que correram maratona, apenas um (voluntário 8) não relatou a sensação de cansaço após a segunda metade da maratona, fenômeno conhecido como “bater no muro” (Stevinson e Biddle, 1998)<sup>22</sup> (Smyth, 2021)<sup>23</sup> (tabela 1).

**Tabela 1** - Características dos 16 voluntários: idade, peso, altura, grau de condicionamento físico e sensação de “bater no muro”.

<b>Idade (anos)</b>	45 ± 8	
<b>Peso (kg)</b>	82,1 ± 18,1	
<b>Altura (m)</b>	1,76 ± 0,08	
<b>Volume de treino</b>	15 correm entre 40 a 100 km/semana	1 corre > 100 km/semana
<b>½ Maratona</b>	6 correram < 10 ½ maratonas	8 correram > 10 ½ maratonas
<b>Maratona</b>	9 correram < 10 maratonas	3 correram > 10 maratonas
<b>Tempo de maratona</b>	7 finalizaram com tempo > 3:30 h	5 finalizaram com tempo < 3:30 h
<b>“Bater no muro”</b>	12 relataram esta sensação	1 não sentiu

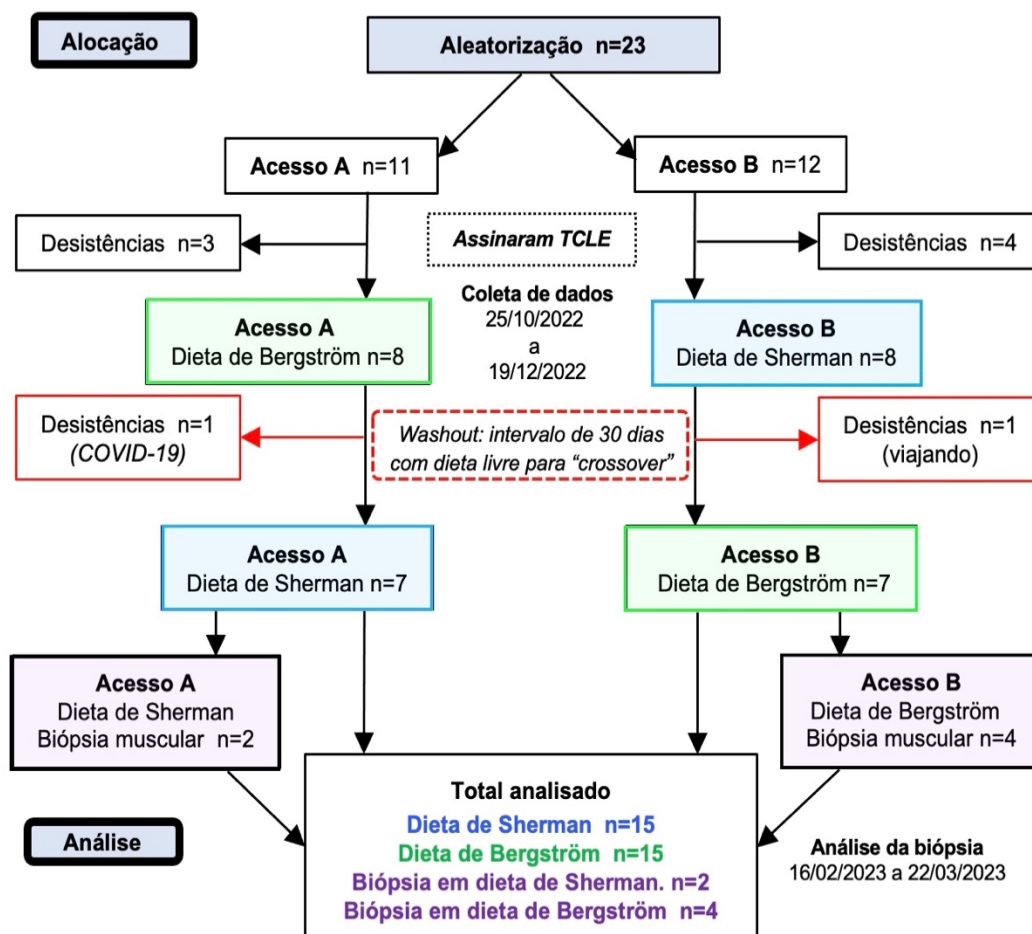
*Fonte: Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício (2023)*

### 5.2. Perda seguimento

Durante o intervalo de 30 dias para “washout” houve uma desistência do acesso A (contraiu COVID-19) e um abandono do acesso B (viajou). Portanto, totalizaram 15 coletas para a intervenção de Bergström e 15 coletas para a intervenção de Sherman. No final sete do acesso A e sete do acesso B

realizaram as duas intervenções em delineamento cruzado, pois um do acesso A e outro do acesso B não realizaram a segunda intervenção (fig. 19).

**Figura 19** - Fluxograma dos participantes: "crossover", perda de seguimento e biópsia



**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício (2023)

Dos 14 voluntários que participaram das coletas de bioimpedância e sangue venoso, foi obtida uma subamostra, com quatro voluntários para biópsias referentes a intervenção de Bergström e dois voluntários para biópsias referentes a intervenção de Sherman.

### 5.3. Água intracelular

O teor de AIC das intervenções de Sherman e Bergström são expressos na tabela 2 e 3.

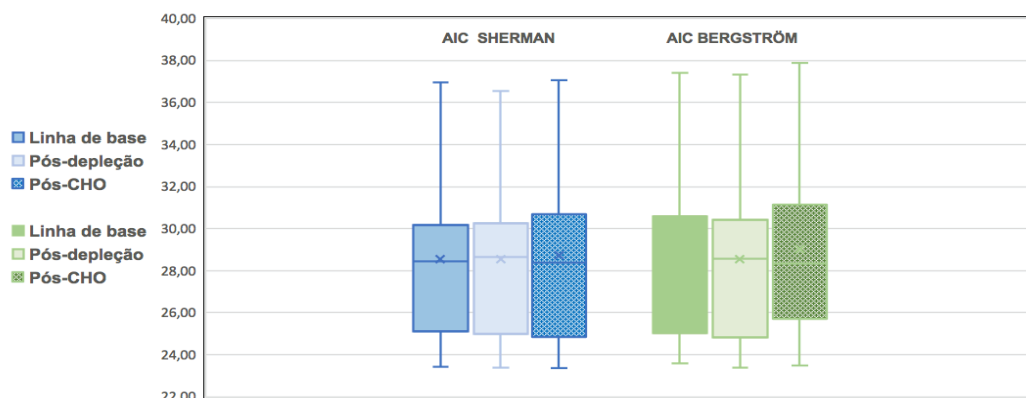
**Tabelas 2 e 3 - Dados de AIC durante intervenções de Sherman e Bergström**

Água intracelular - AIC (L) na intervenção de Sherman				Água intracelular - AIC (L) na intervenção de Bergström			
Voluntário	Linha de base	Pós-depleção	Pós-CHO	Voluntário	Linha de base	Pós-depleção	Pós-CHO
1	23,43	23,80	23,93	1	23,60	24,17	25,67
2	24,30	23,40	23,33	2	24,07	23,37	23,47
5	30,13	30,27	30,67	5	30,33	30,17	30,47
7	27,53	27,83	27,63	7	27,30	27,53	27,83
8	36,97	36,33	37,03	8	37,40	37,33	37,87
9	31,40	31,10	32,33	9	31,97	31,90	31,83
12	25,10	24,97	24,83	10	30,60	30,17	31,13
15	26,17	26,07	26,43	12	25,03	24,83	25,13
16	28,43	28,63	28,37	15	26,50	25,93	26,20
17	35,73	36,53	36,67	16	28,37	28,63	28,33
18	24,20	24,40	24,77	17	36,63	34,40	36,27
20	25,70	25,80	25,60	18	24,43	24,67	25,10
21	30,17	30,00	30,40	20	26,57	26,20	26,20
22	29,00	28,90	28,63	22	28,17	28,57	28,93
23	29,73	30,23	30,23	23	30,40	30,43	30,50

**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício 2023

O gráfico 1 apresenta os valores da AIC na Linha base, Pós-depleção e Pós-CHO das intervenções de Sherman e Bergström. Não houve diferença significativa, desviando para baixo ou para cima, entre as variáveis da condição Linha de base e Pós-depleção. Contudo, entre as variáveis da condição Pós-depleção e Pós-CHO, o gráfico demonstrou pequena diferença com desvio para cima no teor da AIC com efeito do tempo na condição Pós-depleção e Pós-CHO em ambas as intervenções.

**Gráfico 1 - AIC durante as três coletas das intervenções de Sherman e Bergström**



**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício 2023

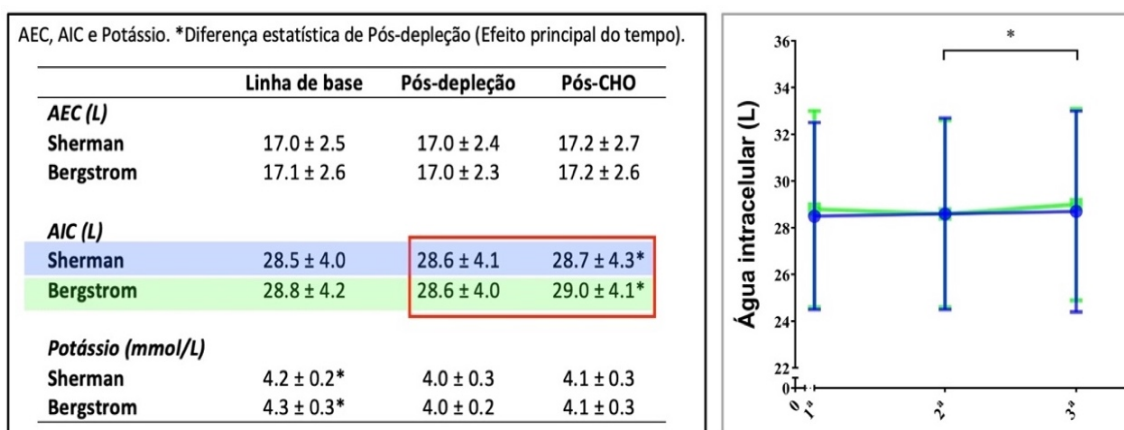
A análise estatística mostra que para AIC não houve efeito entre as intervenções Sherman vs. Bergström ( $F(1,28) = 0,01$ ,  $P = 0,91$ ) ou da interação entre as intervenções vs. tempo ( $F(2,56) = 1,02$ ,  $P = 0,37$ ).

Contudo, como a análise do gráfico-1 demonstrou pequena diferença com desvio para cima, no efeito do tempo na condição Pós-depleção e Pós-CHO em ambas as intervenções; após **análise post-hoc\*** mostrou que para AIC houve efeito do tempo ( $F(2,56) = 4,87$ ,  $P = 0,01$ ) ocorrendo diferença apenas entre Pós-depleção e Pós-CHO ( $P = 0,01$ ).

Sendo que na diferença entre Pós-depleção e Pós-CHO o tamanho do efeito para Sherman ( $d_{av}$  de Cohen = 0,04) e para Bergström ( $d_{av}$  de Cohen = 0,12) (fig.20).

**Figura 20** - AIC (Sherman vs. Bergström), AIC (intervenções vs. tempo),

AIC (Pós-depleção vs. Pós-CHO)



Fonte: Saunders B, LIM-17 – FMUSP 2023

#### 5.4. Água extracelular

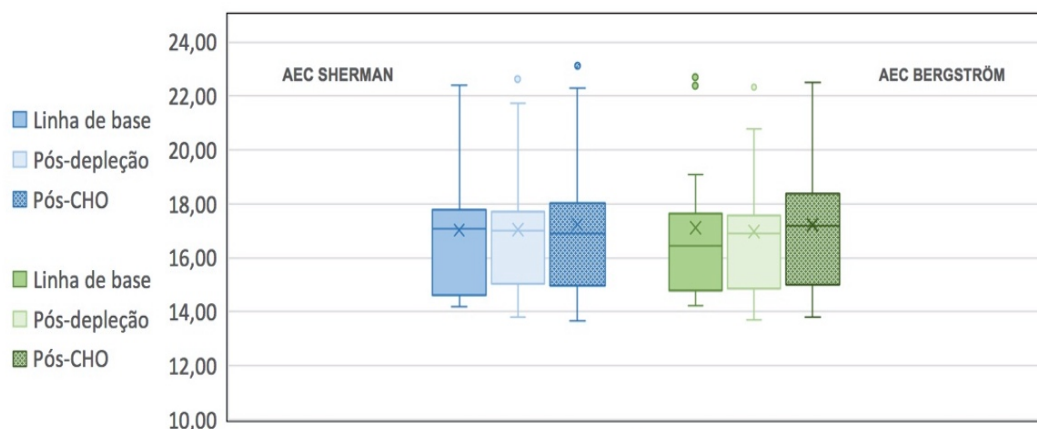
O teor de AEC das intervenções de Sherman e Bergström são expressos na tabela 4 e 5.

**Tabelas 4 e 5 - Dados de AEC durante intervenções de Sherman e Bergström**

Água extracelular - AEC (L) na intervenção de Sherman				Água extracelular - AEC (L) na intervenção de Bergström			
Voluntário	Linha de base	Pós-depleção	Pós-CHO	Voluntário	Linha de base	Pós-depleção	Pós-CHO
1	14,20	14,97	14,97	1	14,53	14,87	15,87
2	14,40	13,80	13,67	2	14,23	13,70	13,80
5	17,67	17,33	18,03	5	17,20	17,03	17,67
7	16,87	16,90	16,57	7	16,43	16,53	17,17
8	22,40	21,73	22,30	8	22,37	22,33	22,50
9	18,50	17,87	19,60	9	19,10	18,97	18,90
12	14,60	15,03	14,53	10	17,33	17,40	18,37
15	15,50	15,70	15,73	12	14,77	14,73	14,97
16	17,30	17,73	17,30	15	15,90	15,83	15,87
17	21,63	22,63	23,13	16	17,27	17,57	17,53
18	14,40	14,63	14,70	17	22,70	20,77	22,27
20	15,57	15,57	15,50	18	14,80	14,67	15,00
21	17,80	17,40	17,90	20	16,03	15,63	16,00
22	17,07	17,00	16,90	22	16,37	16,90	14,67
23	17,47	17,37	17,77	23	17,63	17,50	17,83

**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício 2023

O gráfico 2 apresenta os valores da AEC na Linha base, Pós-depleção e Pós-CHO das intervenções de Sherman e Bergström. Não houve diferença, desviando para baixo ou para cima, entre as variáveis da condição Linha de base e Pós-depleção ou entre as variáveis da condição Pós-depleção e Pós-CHO, nem tampouco houve diferença com desvio para baixo ou para cima no teor da AEC com efeito do tempo das variáveis na Linha de base, Pós-depleção e Pós-CHO.

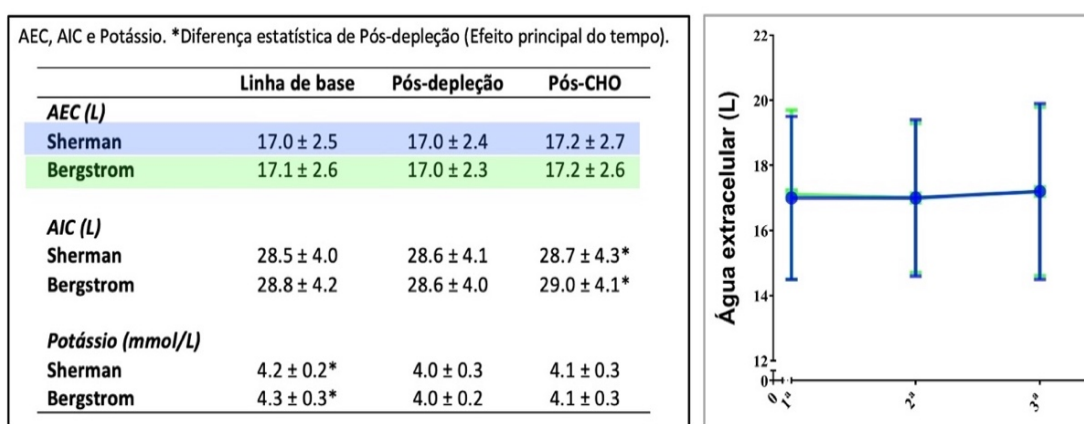
**Gráfico 2 - AEC durante intervenções de Sherman e Bergström**

**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício 2023



A análise estatística mostra que também para a AEC não houve efeito entre as intervenções Sherman vs. Bergström ( $F(1,28) = 0,00$ ,  $P = 0,99$ ) ou da interação entre as intervenções vs. tempo ( $F(2,56) = 0,27$ ,  $P = 0,77$ ) ou do tempo nas intervenções entre Linha de base, Pós-depleção e Pós-CHO para AEC ( $F(2,56) = 2,16$ ,  $P = 0,13$ ) (fig.21).

**Figura 21** - AEC (Sherman vs. Bergström), AEC (intervenções vs. tempo), AEC (Linha de base vs. Pós-depleção vs. Pós-CHO)



Fonte: Saunders B, LIM-17 – FMUSP 2023

## 5.5. Potássio sanguíneo

A concentração de potássio está expressa na tabela 6 e 7.

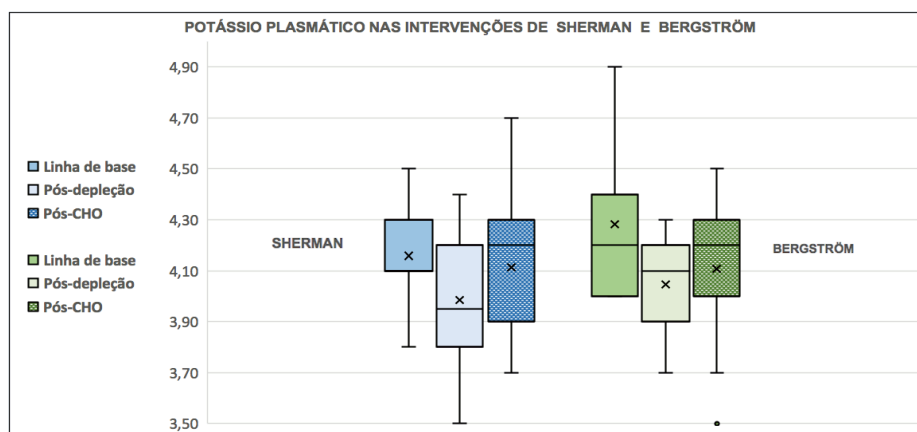
**Tabelas 6 e 7** – Dados de potássio durante intervenções de Sherman e Bergström

Voluntario	Potássio (mEq/L) na intervenção de Sherman			Potássio (mEq/L) na intervenção de Bergström		
	Linha de base	Pós-depleção	Pós-CHO	Linha de base	Pós-depleção	Pós-CHO
1	-	3,90	4,2	4,00	4,10	4,2
2	4,00	3,80	3,7	4,20	4,00	4,2
5	4,50	4,00	4,7	-	-	4,4
7	4,30	4,20	4,1	4,00	3,90	3,7
8	4,10	4,40	4,3	4,30	4,20	4,1
9	4,10	4,20	4,4	-	-	4,2
10	-	-	-	4,40	4,00	4,2
12	4,10	3,90	3,9	-	3,70	3,8
15	4,10	4,20	4,3	4,60	4,30	4,5
16	-	-	4,2	4,20	4,20	4,1
17	4,10	3,60	4	4,30	4,20	4,3
18	4,40	3,90	3,7	-	3,90	4
20	3,80	3,50	3,7	4,20	3,80	3,5
21	4,10	4,20	4,2	-	-	-
22	4,30	3,80	4,3	4,00	4,10	4,1
23	-	4,20	4	4,90	4,20	4,3

Fonte: Clínica Mizu – Nutrologia do Exercício 2023

O gráfico 3 apresenta os valores de coleta do potássio na Linha base, Pós-depleção e Pós-CHO das intervenções de Sherman e Bergström. Demonstra pequena diferença desviando para baixo entre as variáveis da condição Linha de base e Pós-depleção, e pequena diferença desviando para cima entre as variáveis da condição Pós-depleção e Pós-CHO.

**Gráfico 3** - Correlação de potássio durante intervenções de Sherman e Bergström

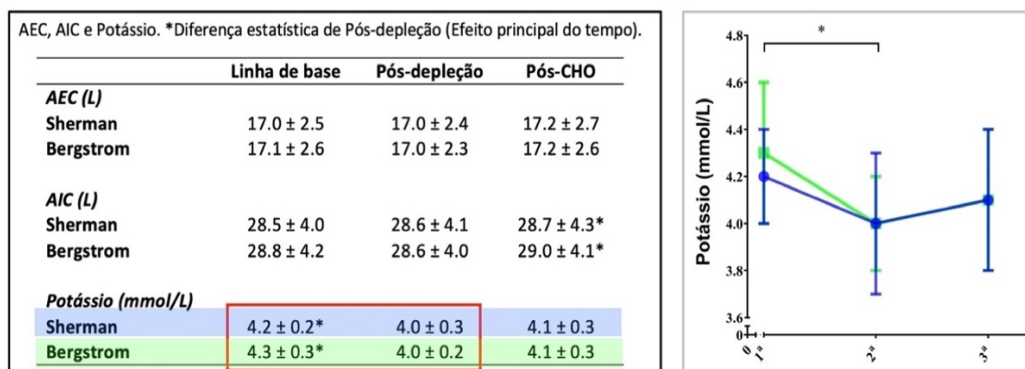


**Fonte:** Clínica Mizu - Nutrologia do Exercício 2023

Apesar de não ter havido diferenças no efeito entre as intervenções Sherman vs. Bergström ( $F(1,28) = 0,59$ ,  $P = 0,45$ ) ou da interação entre as intervenções vs. tempo ( $F(2,56) = 0,68$ ,  $P = 0,51$ ). Contudo, como o gráfico-3 demonstrou pequena diferença com desvio para baixo entre Linha de base e Pós-depleção, e pequena diferença com desvio para cima na condição Pós-depleção e Pós-CHO em ambas as intervenções; a **análise post-hoc\*** demonstrou que houve efeito do tempo para potássio sanguíneo ( $F(2,56) = 7,04$ ,  $P = 0,002$ ), mostrando diferença apenas entre Linha de base e Pós-depleção ( $P = 0,001$ ).

Sendo que na diferença entre Linha de base e Pós-depleção, o tamanho do efeito para Sherman ( $d_{av}$  de Cohen =  $-0,82$ ) e para Bergström ( $d_{av}$  de Cohen =  $-0,95$ ) (fig.22).

**Figura 22** – Potássio (Sherman vs. Bergström), Potássio (intervenções vs. tempo), Potássio (Linha de base vs. Pós-depleção)



Fonte: Saunders B, LIM-17 – FMUSP 2023

## 5.6. Glicogênio muscular

Para o glicogênio muscular expresso na tabela 8 não houve diferenças de depleção entre as variáveis da condição Linha de base e Pós-depleção ou de repleção entre as variáveis da condição Pós-depleção e Pós-CHO, nem tampouco houve diferença no teor de glicogênio muscular com efeito do tempo das variáveis na Linha de base, Pós-depleção e Pós-CHO. Os valores assinalados com asterisco são esclarecidos na sessão de discussão.

**Tabelas 8** – Glicogênio muscular das biópsias nas intervenções de Sherman e Bergström

Glicogênio muscular (mmol/kg peso úmido) nas intervenções Sherman e Bergström				
Voluntário	Intervenção	Linha de base	Pós-depleção	Pós-CHO
5	Sherman	62,98*	157,74*	69,59*
12	Sherman	134,94	111,85	138,68
1	Bergström	145,35	77,48	25,92**
7	Bergström	129,86	138,10	126,52
8	Bergström	141,37	99,75	129,17
22	Bergström	79,06***	129,80***	128,22

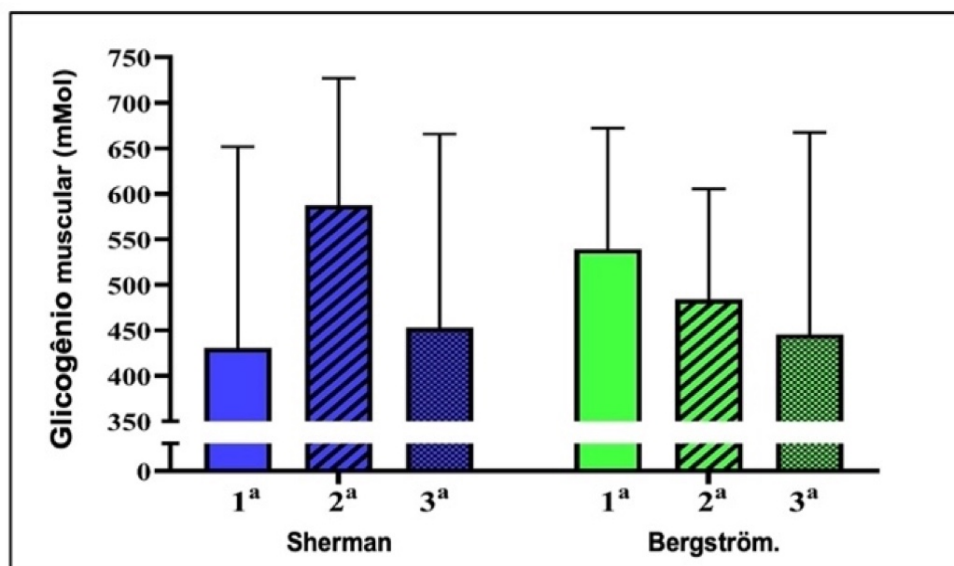
Fonte: Miranda VCA, LIM-17 – FMUSP 2023

\* Voluntário 5: ver em discussão. \*\* Voluntário 1: ver em discussão. \*\*\* Voluntário 22: ver em discussão

Dos seis voluntários, dois participantes da intervenção de Sherman forneceram material de biópsia dos três tempos (Linha de base, Pós-depleção e Pós-CHO) e quatro participantes da intervenção de Bergström também forneceram material dos três tempos.

Comparados os dados obtidos entre as duas intervenções e também entre as intervenções *versus* tempo, mostrou que estatisticamente não houve efeito entre as intervenções Sherman vs. Bergström para o glicogênio muscular ( $F(1,4) = 0,01$ ,  $P = 0,99$ ) ou da interação entre as intervenções vs. tempo para glicogênio muscular ( $F(1,5) = 0,00$ ,  $P = 0,74$ ), e nem tampouco efeito do tempo nas intervenções entre Linha de base, Pós-depleção e Pós-CHO para glicogênio muscular ( $F(2,5) = 0,57$ ,  $P = 0,64$ ) (gráfico 4).

**Gráfico 4** - Glicogênio (Sherman vs. Bergström), Glicogênio (intervenções vs. tempo), Glicogênio (Linha de base vs. Pós-depleção vs. Pós-CHO)

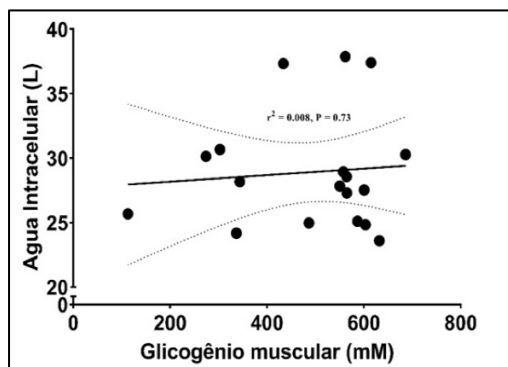


Fonte: Saunders B, LIM-17 – FMUSP 2023

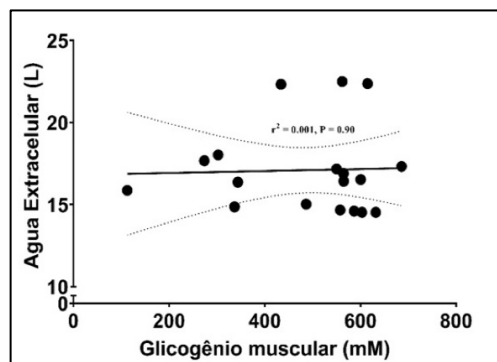
### 5.7. Glicogênio muscular e AIC ou AEC

Não houve correlações entre Glicogênio muscular e AIC (fig.23) ou Glicogênio muscular e AEC (fig.24).

**Fig. 23** - Correlação entre AIC e conteúdo de glicogênio muscular ( $r = 0,087$ ,  $P = 0,73$ )



**Fig. 24** - Correlação entre AEC e conteúdo de glicogênio muscular ( $r = 0,033$ ,  $P = 0,90$ )



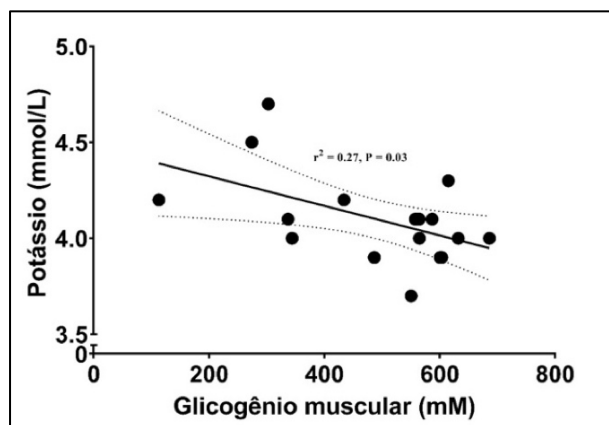
*Fonte: Saunders B, LIM-17 – FMUSP 2023*

Devido ao tamanho reduzido da subamostra de seis voluntários para coleta de biópsias, as análises das correlações entre glicogênio muscular e AIC, AEC foram realizadas sem categorizar em amostras temporais (linha de base, Pós-depleção e Pós-CHO).

### 5.8. Glicogênio muscular e potássio plasmático

Houve uma correlação negativa significativa entre glicogênio muscular e potássio sanguíneo (fig.25) com desvio para direita e para baixo, independente de todas as amostras temporais terem sido analisadas conjuntamente.

**Fig.25** - Correlação entre o potássio plasmático e glicogênio muscular ( $r = -0,517$ ,  $P = 0,03$ )



*Fonte: Saunders B, LIM-17 – FMUSP 2023*

## 6. DISCUSSÃO

### 6.1. Considerações finais

#### 6.1.1. Comparativo de AIC e AEC nas intervenções

Como, ambas as intervenções descrevem metodologias diferentes para o carregamento de glicogênio muscular e, se cada grama de glicogênio muscular liga-se a 3 a 4 gramas de água, investigamos por meio da BIS, se conseguimos detectar mudanças no teor de AIC e AEC nas três etapas de exposição (Shiose et al. 2016)<sup>20</sup>. Embora as intervenções de Sherman e Bergström apresentem protocolos distintos, do resultado obtido pela BIS não houve diferenças na AIC e na AEC entre as intervenções de Sherman e Bergström, comparando paralelamente as intervenções a Linha de base, a Pós-depleção ou a e Pós-CHO (fig. 21 e 22).

#### 6.1.2. Comparativo de AIC e AEC nas etapas das intervenções

Em relação ao tempo, em ambas as intervenções não houve diferenças na AIC ou AEC entre Linha de base e Pós-depleção, sendo que em análise post-hoc\* entre Pós-depleção e Pós-CHO ambas as intervenções apresentaram diferenças apenas na AIC, mas não AEC. Apesar dos achados de Olsson e Saltin (1970)<sup>10</sup> que associaram cerca de 3-4 g de água para cada grama de glicogênio corporal (muscular e hepático) ou de Sherman et al.(1982)<sup>28</sup> que utilizando manipulações entre dieta e exercícios e análise com biópsia muscular apresentaram resultados inconclusivos, o fato é, que como sugerido por Maughan et al. (2007)<sup>12</sup>, durante o metabolismo do glicogênio como substrato energético, há geração de dióxido de carbono e água, e este permanecendo dentro da massa corporal, predispõem a erros nas suposições sobre o estado de hidratação (fig.2). Talvez, desta forma, possa estar contribuindo para não apresentar diferenças tanto para AIC como para AEC entre a Linha de base e a Pós-depleção.

### 6.1.3. Potássio nas etapas de ambas as intervenções

Considerando que dietas ricas em carboidratos habitualmente contém maior quantidade de potássio (Shiose et al., 2016)<sup>20</sup>, na coleta Pós-depleção podemos encontrar uma queda de potássio plasmático, a qual demonstra que houve efeito do tempo para potássio plasmático (**P = 0,002**) com **análise post-hoc\*** mostrando diferença entre a linha de base e pós- depleção (**P = 0,001**) (fig.22)., poderíamos então, pressupor que como ocorreu potássio uma queda plasmática entre a Linha de base e a Pós-depleção, houve uma dieta de depleção de carboidratos adequada.

Se consideramos que o potássio se liga ao glicogênio na razão de 0,45 mmol K/g glicogênio hidratado, e que a depleção do glicogênio muscular resulta em liberação de potássio (Kreitzman et al.,1992)<sup>11</sup> (Bergström e Hultman, 1987)<sup>70</sup>, poderíamos pressupor um leve aumento ou não do potássio plasmático; contudo, a análise realizada demonstra uma queda do potássio plasmático entre a Linha de base e Pós-depleção em ambas as intervenções, o que invalida esta pressuposição.

### 6.1.4. Glicogênio nas etapas de ambas as intervenções

Como relatado por Burke et al. (2017)<sup>39</sup>, os valores do glicogênio muscular dependem de fatores como a “janela de oportunidade” do carboidrato, o índice glicêmico do carboidrato consumido, o tipo de contração muscular (excêntrica nas descidas) e a disponibilidade energética; relatam também que o conteúdo de glicogênio muscular em repouso em indivíduos não treinados consumindo uma dieta mista é de aproximadamente 80 – 85 mmol/kg de peso úmido muscular e em indivíduos com treinamento regular de exercícios de resistência, um pouco maior em ~120 mmol/kg de peso úmido<sup>39</sup>. Além disso, segundo Areta e Hopkins (2018)<sup>49</sup> indivíduos com  $VO_{2max}$  menores armazenam menos glicogênio muscular comparado aos com  $VO_{2max}$  maiores (fig.10).

Além dos fatores relatados por Burke et al. (2017)<sup>39</sup> e Areta e Hopkins (2018)<sup>48</sup>, consideramos que a variação dos valores encontrado na análise do glicogênio das biópsias musculares não corresponderam ao esperado (gráfico

4), não apenas pela heterogeneidade da população amostral ou grau de condicionamento físico, como demonstrado na tabela 1, mas também pelo grau de entendimento e realização do protocolo instituído para os voluntários.

#### 6.1.5. Quantidade de calorias ingeridas em carboidratos

Como o Registro Alimentar Semanal (RAS) ou fotos dos alimentos ingeridos para quantificação individual de alimentos energéticos não foi totalmente aderida, a utilização do gasto energético diário (GED) fornecida pela BIS acrescido do gasto energético dispendido nos treinos de corrida em função da quilometragem percorrido (Margaria et al., 1963)<sup>25</sup> (Harris et al. 2003)<sup>26</sup> foi o cálculo energético definido para cada voluntário, individualizando o valor proporcional para cada um, visto ser uma amostra heterogênea. Contudo, apesar deste cálculo, a quantidade calórica definida não foi suficiente para que ocorressem fatores que influenciaram no carregamento do glicogênio muscular, como aconteceu com o voluntário 1 na acesso de Sherman, não excluído, na etapa Pós-CHO (tabela do anexo 8.9.), que na véspera da última coleta resolveu fazer um jejum consumindo todas as calorias referentes ao dia e permaneceu as próximas 24 horas sem alimentar, prejudicando a última coleta de bioimpedância e potássio sanguíneo.

#### 6.1.6. Utilização dos três tipos de glicogênio durante o exercício

Como durante o exercício, o glicogênio intramiofibrilar e subsarcolemal, sendo glicogênio intramiofibrilar o melhor preditor de desempenho nos exercícios de resistência e glicogênio intermiofibrilar relacionado ao tempo de semi-relaxamento de uma contração tetânica não fadigada (Jensen et al., 2020)<sup>46</sup>, este fato deve ser observado na análise do glicogênio na etapa Pós-depleção da amostra da biópsia muscular (tabela 8), pois além dos fatores de intervenção dietética, devemos também considerar que a intervenção do exercício para exaustão do glicogênio muscular possa ter depletado inicialmente apenas o glicogênio intramiofibrilar e o glicogênio subsarcolemal, visto que a distribuição do glicogênio muscular estocado corresponde ao subsarcolemal de 5-15%, ao



intramiofibrilar de 5-15% e ao intermiofibrilar de 75% (Ortenlad e al., 2013)<sup>41</sup>(fig.9), podendo acarretar pouca alteração dos valores de glicogênio entre a Linha de base e a Pós-depleção ou não conseguirmos detectar alterações devido ao tamanho da sub-amostra. Portanto, a utilização distinta do glicogênio muscular dos três compartimentos distintos, são motivos para questionar esta metodologia ao medir o glicogênio muscular por meio da AIC e AEC obtida pela BIS.

#### 6.1.7. Utilização da BIS como método de avaliação da AIC e AEC

Como a determinação dos valores para AEC na BIS são previstos com correntes de frequência baixa de aproximadamente 20 a 50 kHz, para os valores de AIC são previstas com correntes acima de 50 kHz, aproximadamente 140 kHz (Jaffrin e Morel, 2008)<sup>71</sup> (Seoane et al., 2015)<sup>72</sup>.

Este estudo utilizou a BIS como método que investigação de AIC e AEC, que inicialmente foi relatado como instrumento adequado na prática clínica para avaliar a AIC na etapa de carregamento de do glicogênio muscular (Shiose et al., 2016)<sup>20</sup> (Lee et al., 2018)<sup>62</sup> e (Chen et al., 2018)<sup>63</sup>.

Posteriormente, Shiose et al.(2018)<sup>73</sup> demonstrou que não ocorrem alterações nas medidas de AIC e AEC pela BIS durante a etapa de depleção de glicogênio muscular.

## 6.2. Limitações do estudo

### 6.2.1. Erro no resultado de três voluntários

Após a análise dos dados dos voluntários 5(\*), 1 (\*\*\*) e 22 (\*\*\*) nas três etapas da tabela 8, foi questionado individualmente o protocolo seguido, obtivemos as seguintes respostas:

1- Voluntário 5 (\*):

Questão: Se treinou muito forte antes da primeira biópsia (linha-de-base).

R: Treino leve, 10,03 km; dieta seguiu como orientado.

## 2- Voluntário 1 (\*\*):

Questão: Se treinou nos três dias anteriores a última biópsia.

R: Não treinou nos três dias anteriores a última biópsia.

Questão: Se comeu muito menos carboidratos nestes três dias.

R: No segundo dia comeu metade da quantidade de calorias em carboidrato.

## 3- Voluntário 22 (\*\*\*):

Questão: Se treinou muito forte no dia anterior a primeira biópsia.

R: treinei forte no dia anterior a primeira biópsia.

Questão: Se comeu muito mais carboidrato antes da segunda biópsia.

R: Comi muito mais carboidratos do que o normal, antes da segunda biópsia.

A identificação destes fatos, sugerem erro nos resultados dos três voluntários, alterando drasticamente os níveis do glicogênio muscular.

### 6.2.2. Validade interna comprometida

A validade interna deste ensaio foi comprometida pelas características antropométricas heterogêneas dos voluntários, pelos distintos graus de condicionamento físico e pelo Registro Alimentar Semanal (RAS) dos alimentos ingeridos que não foi totalmente aderida por todos os participantes.

### 6.2.3. Número de voluntários

Apesar das limitações deste estudo em avaliar as alterações da AIC e AEC nas duas intervenções (Bergström e Sherman), e o desempenho do método pela BIS apresentar um viés médio na estimativa da ACT de aproximadamente 5% ou em torno de 2 litros (Moon et al., 2008)<sup>74</sup>; para ambientes clínicos onde são necessárias medidas de composição corporal para controle de peso, este nível de erro pode ser aceitável para a população ambulatorial, mas não em ambientes críticos como no controle da insuficiência renal.

Portanto, estudos futuros com “n” maior, além de população com características físicas e condicionamento físico mais homogêneos, são necessários para uma validade interna menos comprometida.

## 7. CONCLUSÕES

### 7.1. Objetivo primário

Neste estudo, comparativamente entre as intervenções de Bergström e Sherman, não há diferenças na variação do teor de AIC e AEC em todas as etapas.

Não houve diferenças significativas entre as etapas Linha-de-base e Pós-depleção de carboidrato em ambas as intervenções.

Houve uma diferença positiva entre as etapas Pós-depleção e Pós-CHO para o acúmulo de AIC, apenas em **análise post-hoc**, em ambas as intervenções; com tamanho do efeito maior na intervenção de Bergström.

### 7.2. Objetivo secundário

Neste estudo, não encontramos a possibilidade de avaliar pela BIS, a correlação entre a quantidade de AIC e AEC e o estoque de glicogênio muscular na etapa pós-depleção. Contudo, estudos futuros com melhor validade interna são necessários para confrontar estes achados.

## 8. ANEXOS

### 8.1. Número do protocolo da Comissão Científica – IOT

DEPARTAMENTO DE ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

#### COMISSÃO CIENTÍFICA

IDENTIFICAÇÃO                      Protocolo IOT nº 1352                      CEP/FMUSP

**Pesquisador Responsável:** Prof. Arnaldo José Hernandez  
**Pesquisador Executante:** Dr. Milton Mizumoto  
**Título:** Avaliação do teor de água corporal intracelular e extracelular após dietas de "carga de carboidrato" para carregamento de glicogênio muscular, através da análise por bioimpedância multifrequencial octopolar.  
**Grau da Pesquisa:** Mestrado

#### PARA USO EXCLUSIVO DA COMISSÃO CIENTÍFICA

Parecer da Comissão Científica do IOT:

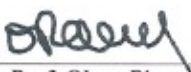
- Aprovado  
 Aprovado com restrições (corrigir e/ou completar)  
 Aprovado o mérito, porém apresenta aspectos éticos complexos e/ou discutíveis (à CAPPesq)  
 Não aprovado

São Paulo, 07 de dezembro de 2018

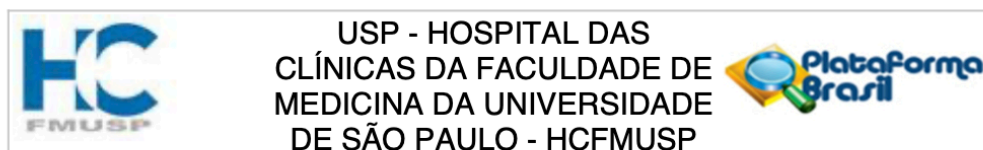
  
 Prof. Raphael Martus Marcon  
 Presidente da Comissão Científica

#### APROVAÇÃO DO DEPARTAMENTO

São Paulo, 10 de dezembro de 2018

  
 Prof. Olavo Pires de Camargo  
 Vice-Chefe do Departamento  
 Ortopedia e Traumatologia  
 FMUSP

## 8.2. Parecer Consubstanciado do CEP



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA CORPORAL INTRACELULAR E EXTRACELULAR APÓS DIETAS DE CARGA DE CARBOIDRATO PARA CARREGAMENTO DE GLICOGÊNIO MUSCULAR, ATRAVÉS DA ANÁLISE POR BIOIMPEDÂNCIA MULTIFREQUENCIAL OCTOPOLAR

**Pesquisador:** Arnaldo José Hernandez

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 33434720.9.0000.0068

**Instituição Proponente:** Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP

**Patrocinador Principal:** MIZU - CLINICA DE NUTROLOGIA, MEDICINA DO ESPORTE E TERAPIA CORPORAL LTDA

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.097.776

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de projeto de pós graduação (mestrado ou doutorado) que será realizado no Departamento de Ortopedia e Traumatologia da FMUSP. O projeto está claro, bem delineado com cronograma exequível.

#### Objetivo da Pesquisa:

- Identificar se o método pela bioimpedância multifrequencial (BIS) pode ser utilizado na prática clínica para determinar a quantidade de estoque de glicogênio muscular em função do aumento da água intracelular, tendo como parâmetro comparativo o conteúdo de glicogênio obtido através da biópsia muscular (padrão ouro).
- Determinar distribuições segmentais de água intracelular (ICW) e de água extracelular (ECW) em corredores de endurance, após carregamento de carboidrato com a dieta de "Supercompensação Clássica" e a dieta de "Sherman".
- Analisar se água total corpórea (TBW) retida com as dietas de carregamento de carboidratos, a qual poderá ser interpretada como pré-hidratação nas corridas de endurance, aumentando o peso

**Endereço:** Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar  
**Bairro:** Cerqueira César **CEP:** 05.403-010  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappelq.adm@hc.fm.usp.br

## 8.3. Nota fiscal do e-mail marketing

 <b>PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO</b> <b>SECRETARIA MUNICIPAL DA FAZENDA</b> <b>NOTA FISCAL ELETRÔNICA DE SERVIÇOS - NFS-e</b> <small>20220921u76608490000111</small>	Número da Nota <b>00000099</b>			
	Data e Hora de Emissão <b>21/09/2022 15:54:42</b> Código de Verificação <b>SCAM-SZPI</b>			
<b>PRESTADOR DE SERVIÇOS</b>  CPF/CNPJ: <b>26.609.490/0001-11</b> Inscrição Municipal: <b>6.359.390-4</b> Nome/Razão Social: <b>FTECHSM INFORMATICA LTDA</b> Endereço: <b>R ARANDU 00481, AP.41 - BROOKLIN PAULISTA - CEP: 04562-031</b> Município: <b>São Paulo</b> UF: <b>SP</b>				
<b>TOMADOR DE SERVIÇOS</b> Nome/Razão Social: <b>MILTON MIZUMOTO</b> Inscrição Municipal: <b>----</b> CPF/CNPJ: <b>804.657.068-00</b> Endereço: <b>AV Brigadeiro Faria Lima 1912, cj 4B - Jardim Paulistano - CEP: 01451-001</b> Município: <b>São Paulo</b> UF: <b>SP</b> E-mail: <b>mizumoto@terra.com.br</b>				
<b>INTERMEDIÁRIO DE SERVIÇOS</b> CPF/CNPJ: <b>----</b> Nome/Razão Social: <b>----</b>				
<b>DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS</b> Envio de email marketing Descritivo: Recorte + arte = R\$800,00 Configuração de servidor de disparo + R\$200,00 Envio de Email (de 80000 até 100000) R\$216,00				
<b>VALOR TOTAL DO SERVIÇO = R\$ 1.216,00</b>				
INSS (R\$)	IRRF (R\$)	CSLL (R\$)	COFINS (R\$)	PIS/PASEP (R\$)
-	-	-	-	-
Código do Serviço				
<b>02919 - Suporte técnico, instalação, configuração e manutenção de programas e bancos de dados.</b>				
Valor Total das Deduções (R\$)	Base de Cálculo (R\$)	Alíquota (%)	Valor do ISS (R\$)	Crédito (R\$)
<b>0,00</b>	-	-	-	<b>0,00</b>
Município da Prestação do Serviço	Número Inscrição da Obra	Valor Aproximado dos Tributos / Fonte		
-	-	-		
<b>OUTRAS INFORMAÇÕES</b> (1) Esta NFS-e foi emitida com respaldo na Lei nº 14.097/2005; (2) Documento emitido por ME ou EPP optante pelo Simples Nacional;				

## 8.4. Comprovante do e-mail marketing

basic-stats-po621ansmze1c-2022-10-11-12-26-38

<b>Nome,"Convite para participar de pesquisa científica pela Medicina do Esporte"</b>
Teor de água corporal   Pesquisa científica pela Medicina do Esporte FMUSP
Assunto, "[RANDOM_CONTENT:Pesquisa Científica
Processado,83.024
Enviada com sucesso,83.024
Taxa de sucesso de envio,100%
Enviar erro,0
Taxa de erro de envio,0%
Aberturas únicas,7.977
Taxa de abertura única,"14,46%"
Todas aberturas,10.491
Taxa de todas aberturas,"19,017%"
Bounced back,27.859
Taxa de rejeição ( Bounces),"33,555%"
Hard bounce,6.000
Hard bounce rate,"21,537%"
Soft bounce,0%
Soft bounce rate,0%
Remoções,296
Taxa de remoção,"0,357%"
URLs totais para rastreamento,6
Clique únicos,385
Taxa de cliques únicos,"0,698%"
Todos os clicks,2.072
Taxa de todos os cliques,"3,756%"
Enviado em,"2022-09-21 17:26:13"
Início em,"2022-09-22 14:05:09"
Finalizado em,"2022-09-22 17:13:11"
Data,"2022-09-21 17:25:25"
Último Update,"2022-09-22 17:13:11"



## 8.5. Questionário de avaliação clínica



**QUESTIONÁRIO**  
Pesquisa científica IOT-HC-FMUSP

Data:

Dieta:

<b>Nome:</b>			<b>Data Nasc:</b>	
<b>Celular</b>		<b>e-mail:</b>	<b>Profissão:</b>	

F.C.repouso:	Altura:	Peso:	Cintura:
--------------	---------	-------	----------

**1-Patologias anteriores ou atuais (assinale com X)**

Pressão alta	Excesso de peso
Colesterol alto	Doenças cardíacas
Diabetes	Asma, bronquite
Lesão ortopédica	Cirurgias. Quais:

**2-Caso tenha algum dos sintomas abaixo (assinale com X)**

<b>Cabeça e Pescoço:</b>	<b>Tórax:</b>
Dor de cabeça	Falta de ar
Zumbido nos ouvidos	Palpitação no coração
Tonturas	Dores no peito
Tensão muscular na nuca	Dores nas costas
Outros:	Outros:
<b>Abdomen:</b>	<b>Locomotor:</b>
Azia ou queimação	Dores musculares.
Nauseas ou vômitos	Dores articulares
Dores abdominais	Limitação de movimentos.
Obstipação intestinal	Tremores musculares.
Gases intestinais	Formigamentos dos membros
Distúrbios urinários	Cãimbras
Outros:	Outros:

**3-Como é a qualidade da alimentação normalmente** (circule as palavras)

<b>Carboidratos</b> (arroz, feijão, pão, macarrão, batatas, bolos, biscoitos, doces, etc.)
<b>Proteínas</b> (leite, iogurte, queijo, carne, peixe, frango, ovos)
<b>Gorduras</b> (oleos vegetais, gordura animal, margarina, manteiga, frituras)
<b>Fibras</b> (folhas em geral, cereais integrais)

• NUTROLOGIA • MEDICINA DO ESPORTE • CONDICIONAMENTO FÍSICO ADAPTADO •

AV. FARIA LIMA, 1912 - 6B - ☎ (011) 3819 1122 - CEL: (011) 99915-7700 - JARDIM. PAULISTANO - SÃO PAULO - S.P.



**4-Há quanto tempo está treinando** (assinale o item)

1 a 3 meses	3 a 6 meses	6 a 12 meses
12 a 24 meses	24 a 36 meses	Sempre treinei

**5-Quais modalidades já treinou** (assinale as modalidades)

Artes marciais	Corrida de aventura	Natação
Atletismo	Ciclismo	Patins
Basquete	Futebol	Skate
Beisebol	Ginástica	Surf
Biathlon ou triathlon	Handball	Tênis
Caminhada	Hidroginástica	Volei
Corrida	Musculação	Outros

**6-Quantos quilômetros corre por semana** (assinale o item)

Menos que 40 Km	Entre 40 a 100 Km	†Mais que 100 Km
-----------------	-------------------	------------------

**7-Participação em provas** (assinale o item)

Meia maratonas feitas	Maratonas feitas	Melhor tempo de maratona
Nenhuma	Nenhuma	Abaixo de 3:00 horas
Uma	Uma	Entre 3:00 e 3:30 hs
Três a cinco	Três a cinco	Entre 4:00 e 4:30 hs
Cinco a Dez	Cinco a Dez	Entre 4:30 e 5:00 hs
Mais que dez	Mais que dez	Acima de 5:00 hs

**8-Proposta de tempo nesta próxima prova** (assinale o item)

Baixar meu recorde	Manter o tempo	Correr tranquilo, mesmo que o tempo seja maior
--------------------	----------------	--

**9-Onde corre na maioria das vezes** (assinale o item)

Esteira da academia	Ao ar livre	Metade na academia, metade ao ar livre
---------------------	-------------	--

**10-Já teve a sensação de “bater no muro” durante uma prova** (assinale o item)

Sim	Não	Em qual quilometragem:
-----	-----	------------------------

## 8.6. Dieta para carregamento de carboidratos



### Dieta para projeto de pesquisa de carregamento de carboidrato



Dieta: ..... total de calorias ..... calorias ..... calorias

#### Grupo I : à vontade

Acelga , agrião , aipo , alcachofra , alface , almeirão , aspargo , berinjela , broto de feijão , chicória , cogumelo , couve , couve - flor , erva doce , escarola , espinafre , folhas de beterrabas , jiló , mostarda , pepino , pimentão , rabanete , repolho , rúcula , salsaõ , tomate .

#### Grupo II 1 pires de chá = 40 calorias .

abóbora , beterraba , cenoura , abobrinha , brócolis , cebola , chuchu , nabo , palmito , quiabo , vagem .

#### Grupo III : 1 quota = 100 calorias .

Atum ( Conserva )	1 colher pequena	Atum ( Fresco )	1 porção média
Aves em geral	1 porção pequena	Bacalhau	1 porção pequena
Camarão	3 unidades médias	Carne de porco ( Magra )	1 porção pequena
Carne bovina	1 porção pequena	Fígado	1 porção média
Frios	2 fatias finas	Hambúrguer	1 unidade pequena
Lagosta	1 porção pequena	Língua	1 porção média
Lingüiça	1 unidade pequena	Lula	1 pires de chá
Mariscos ( Carne )	1 pires de sobremesa	Miolo	1 porção média
Miúdos	1 porção média	Ostras e mexilhão	6 unidades médias
Ovo	1,5 unidades	Peixe em conserva	1 porção pequena
Peixe fresco	1 porção pequena	Rosbife	3 fatias pequenas
Salsicha ou salsichão	1 unidade média	Sardinha em conserva	1 unidade pequena
Sardinha fresca	2 unidades médias	Siri	1 pires de chá

#### Nota :

- |                      |  |
|----------------------|--|
| a) Carne bovina      | 1 porção pequena corresponde a 60 gramas |
| b) Carne de porco    | 1 porção pequena corresponde a 40 gramas |
| c) Aves              | 1 porção pequena corresponde a 60 gramas |
| d) Peixe fresco      | 1 porção pequena corresponde a 90 gramas |
| e) Peixe em conserva | 1 porção pequena corresponde a 30 gramas |

#### Grupo IV : 1 quota = 120 calorias

Leite , coalhada ou yogurte ( Nat. )	1 copo ( 200ml )	Leite integral ( Pó )	2 colheres de sopa
Leite , coalhada ou yogurte ( Desn. )	2 copos ( 400ml )	Leite desnatado ( Pó )	4 colheres de sopa
Queijo fresco	1 fatia média	Queijo Camembert	1 fatia média
Queijo gruyere	1 fatia pequena	Queijo gorgonzola	1 fatia pequena
Queijo parmesão	1 fatia pequena	Queijo mussarela	1 fatia pequena
Queijo provolone	1 fatia pequena	Queijo prato	1 fatia pequena
Ricota	1 fatia grande	Queijo roquefort	1 fatia pequena
		Requeijão	1 colher de sopa

#### Nota :

- a) 1 fatia pequena corresponde a 30 gramas  
 b) 1 fatia média corresponde a 40 gramas  
 c) 1 fatia grande corresponde a 60 gramas

#### Grupo V : 1 quota = 60 calorias

Bacon	1 fatia fina	Creme de chantily	1 colher de sobremesa
Creme de leite	1 colher de sopa	Manteiga , margarina	1 colher de chá
Óleo , azeite ou banha	1 colher de chá	Óleo ( girassol , milho ou soja )	2 colheres de chá

• NUTROLOGIA • MEDICINA DO ESPORTE • CONDICIONAMENTO FÍSICO ADAPTADO •

AV. FARIA LIMA, 1912 - 4B - ☎ (011) 3819 1122 - CEL: (011) 99915-7700 - JARDIM. PAULISTANO - SÃO PAULO - S.P.



## Dieta para projeto de pesquisa de carregamento de carboidrato



### Grupo VI : 1 quota = 44 calorias

Abacate	2 colheres de sopa	Abacaxi	1 fatia pequena
Ameixa	2 unidades pequenas	Ameixa seca	4 unidades
Amora	1 pires de chá	Banana nanica	1 unidade pequena
Banana maçã	1 unidade média	Caju	2 unidades pequenas
Caqui	1 unidade pequena	Cereja	2 unidades médias
Damasco	2 unidades médias	Figo fresco	1 unidade média
Framboesa	1 pires de chá	Fruta do conde	1 unidade média
Goiaba	1 unidade média	Grapefruit	1 unidade pequena
Jabuticaba	1 pires de sobremesa	Laranja	1 unidade média
Laranja ( Suco )	1/2 copo ( 100ml )	Maçã	1 unidade pequena
Mamão	1 fatia pequena	Manga	1 unidade pequena
Maracujá	1 unidade pequena	Melancia	1 fatia grande
Melão	1 fatia média	Morango	1 pires de chá
Passas	1 colher de sopa	Pêra	1 unidade pequena
Pêssego	1 unidade grande	Tâmara	3 unidades
Tangerina	1 unidade média	Uva	1 cacho pequeno

### Grupo VII : Temperos

Catchup	1 colher de sopa = 20 calorias	Maionese	1 colher de sopa = 140 calorias
Molho à Bolonesa	1 colher de sopa = 60 calorias	Molho Inglês	1 colher de sopa = 20 calorias
Mostarda	1 colher de sopa = 40 calorias	Shoyo	1 colher de sopa = 20 calorias

### Grupo VIII : Sopas = 1 concha

Sopa de aspargos	80 calorias	Sopa de creme de aspargos	120 calorias
Sopa de creme de cebola	80 calorias	Sopa de creme de ervilha	120 calorias
Sopa de feijão branco	120 calorias	Caldo de carne concentrado	60 calorias
Caldo de galinha concentrado	80 calorias	Consomée de carne	40 calorias
Sopa de massas	120 calorias	Sopa de vegetais	40 calorias

### Grupo IX : Bebidas

Água de côco	1 copo ( 200ml ) = 40 calorias	Batida	1/2 copo ( 100ml ) = 240 calorias
Calda de cana	1 copo ( 200ml ) = 120 calorias	Cerveja ou chopp	1 copo ( 300ml ) = 120 calorias
Licor	1 cálice ( 50ml ) = 200 calorias	Refrigerante	1 copo ( 200ml ) = 80 calorias
Suco de tomate	1 copo ( 200ml ) = 20 calorias	Vinho ou vermute	1 copo ( 200ml ) = 40 calorias
Whisky ou gin	1 dose ( 50ml ) = 120 calorias	Vodka ou caninha	1 dose ( 50ml ) = 120 calorias

### Grupo X : Doces

Açúcar	1 colher de sopa = 80 calorias	Bala	1 unidade = 40 calorias
Bolo	1 fatia média = 200 calorias	Bombom	1 unid. média = 200 calorias
Brigadeiro	1 unid. pequena = 80 calorias	Cereja em caldo	1 colher de sopa = 120 calorias
Chiclete	1 unidade = 40 calorias	Chocolate ( Barra )	1 unidade = 200 calorias
Cocada	1 unid. média = 240 calorias	Doce de goiaba	1 colher de sopa = 80 calorias
Doce de leite	1 colher de sopa = 120 calorias	Figo em calda	1 unidade = 80 calorias
Gelatina	1 taça = 140 calorias	Geléia de frutas	1 colher de sopa = 80 calorias
Marmelada	1 fatia média = 160 calorias	Marshmallow	1 colher de sopa = 140 calorias
Mel	1 colher de sopa = 80 calorias	Mousse	1 taça = 200 calorias
Pamonha	1 porção média = 200 calorias	Pudim	1 fatia média = 200 calorias
Sorvete de frutas	1 bola ou 1 picolé = 80 calorias	Sorvete com leite	1 bola ou 1 picolé = 160 calorias
Torta de frutas	1 fatia média = 200 calorias		

• NUTROLOGIA • MEDICINA DO ESPORTE • CONDICIONAMENTO FÍSICO ADAPTADO •

AV. FARIA LIMA, 1912 - 4B - ☎ (011) 3819 1122 - CEL: (011) 99915-7700 - JARDIM. PAULISTANO - SÃO PAULO - S.P.



## Dieta para projeto de pesquisa de carregamento de carboidrato



### Grupo XI : Aperitivos

Amêndoas	1 pires de café = 320 <b>calorias</b>	Amendoim	1 pires de café = 300 <b>calorias</b>
Avelã	1 pires de café = 320 <b>calorias</b>	Batatas fritas ( Chips )	1 prato ( Sobr. ) = 200 <b>calorias</b>
Biscoito de polvilho	4 unidades = 160 <b>calorias</b>	Castanha de caju	1 pires de café = 300 <b>calorias</b>
Castanha do Pará	1 pires de café = 340 <b>calorias</b>	Coxinha	1 unid. média = 180 <b>calorias</b>
Empada	1 unid. média = 140 <b>calorias</b>	Kibe ( Frito )	1 unid. média = 200 <b>calorias</b>
Nozes	1 pires de café = 360 <b>calorias</b>	Pastel	1 unid. média = 180 <b>calorias</b>
Pistache	1 pires de café = 400 <b>calorias</b>	Pipoca estourada	1 saq. grande = 200 <b>calorias</b>
Pizza	1 pedaço médio = 240 <b>calorias</b>	Semente de abóbora	1 pires de café = 280 <b>calorias</b>

### Grupo XII: 1 quota = 80 CALORIAS

Arroz Cozido	2 colheres de sopa	Aveia	2 colheres de sopa
Batata	1 unidade média	Batata doce	1 unidade pequena
Bolacha d'água	2 unidades	Bolacha de chocolate	1 unidade
Bolacha salgada	2 unidades	Bolacha de maisena	2 unidades
Chocolate em pó	1 colher de sobremesa	Farelo de arroz ou trigo	2 colheres de sopa
Farinha em geral	2 colheres de sopa	Farinha láctea	1 colher de sopa
Feijão , ervilha ou lentilha	2 colheres de sopa	Flocos de arroz ou trigo	2 colheres de sopa
Germe de trigo	2 colheres de sopa	Grão de bico	2 colheres de sopa
Macarrão cozido	2 colheres de sopa	Maisena	2 colheres de sopa
Mandioca	3 pedaços pequenos	Mandioquinha	1 unidade pequena
Milho verde	2 colheres de sopa	Pão de centeio ou torrada	1 fatia
Pão de forma ou torrada	1 fatia	Pão fresco ou torrada	1 fatia
Pão francês	1/2 unidade	Pão de glúten ou torrada	1 fatia
Pão de hambúrguer	1/2 unidade	Pão de trigo integral	1 fatia
Purê de batatas	1 colher de sopa	Wafle	1 unidade média

### Dieta de Supercompensação Clássica

Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda
10% carboidrato + exercício exaustivo	10% carboidrato + exercício exaustivo	10% carboidrato + exercício exaustivo	90% carboidrato + repouso	90% carboidrato + repouso	90% carboidrato + repouso	
Limpeza de mãos e pés Bioimpedância multifrequencial – (inBody 770) Coleta capilar de sangue – (Abbott Point of Care)			Limpeza de mãos e pés Bioimpedância multifrequencial – (inBody 770) Coleta capilar de sangue – (Abbott Point of Care)			Limpeza de mãos e pés Bioimpedância multifrequencial – (inBody 770) Coleta capilar de sangue – (Abbott Point of Care)
Biópsia do músculo vasto lateral direito - (Aguilha de Bergstrom guiado por Ultrassom Lumify Philips )			Biópsia do músculo vasto lateral direito - (Aguilha de Bergstrom guiado por Ultrassom Lumify Philips )			Biópsia do músculo vasto lateral direito - (Aguilha de Bergstrom guiado por Ultrassom Lumify Philips )

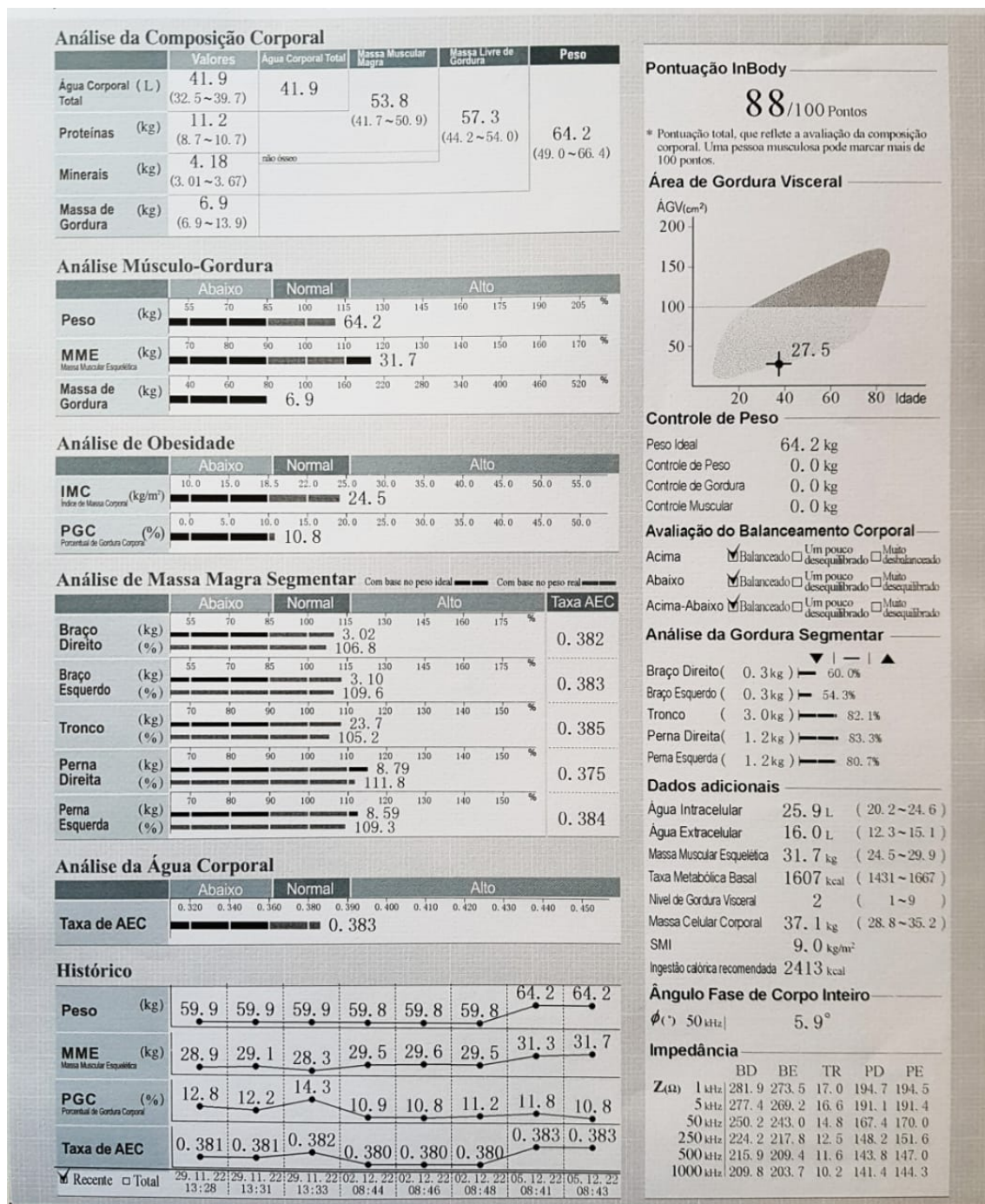
### Dieta de Sherman

Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	Segunda
50% carbo + 90 minutos Corrida a 73% VO2 <sub>max</sub>	50% carbo + 40 minutos Corrida a 73% VO2 <sub>max</sub>	50% carbo + 40 minutos Corrida a 73% VO2 <sub>max</sub>	70% carbo + 20 minutos Corrida a 73% VO2 <sub>max</sub>	70% carbo + 20 minutos Corrida a 73% VO2 <sub>max</sub>	70% carbo + Repouso	
Limpeza de mãos e pés Bioimpedância multifrequencial – (inBody 770) Coleta capilar de sangue – (Abbott Point of Care)			Limpeza de mãos e pés Bioimpedância multifrequencial – (inBody 770) Coleta capilar de sangue – (Abbott Point of Care)			Limpeza de mãos e pés Bioimpedância multifrequencial – (inBody 770) Coleta capilar de sangue – (Abbott Point of Care)
Biópsia do músculo vasto lateral direito - (Aguilha de Bergstrom guiado por Ultrassom Lumify Philips )			Biópsia do músculo vasto lateral direito - (Aguilha de Bergstrom guiado por Ultrassom Lumify Philips )			Biópsia do músculo vasto lateral direito - (Aguilha de Bergstrom guiado por Ultrassom Lumify Philips )

• NUTROLOGIA • MEDICINA DO ESPORTE • CONDICIONAMENTO FÍSICO ADAPTADO •

AV. FARIA LIMA, 1912 - 4B - ☎ (011) 3819 1122 - CEL: (011) 99915-7700 - JARDIM. PAULISTANO – SÃO PAULO – S.P.

## 8.7. Impresso dos resultados da BIS













## 9. REFERÊNCIAS

1. Mc Ardle WDK, F.I, Katch VL. *Nutrição para o Desporto e Exercício*. Editora Guanabara Koogan S.A.: Rio de Janeiro; 2001.
2. Mizumoto M, Damasceno MCT, Costa LGV. *Hipotermia e hipertermia*. Editora Manole Ltda.: Barueri, S.P.; 2013.
3. Lavoué C, Siracusa J, Chalchat É, et al. Analysis of food and fluid intake in elite ultra-endurance runners during a 24-h world championship. *J Int Soc Sports Nutr* 2020;17(1):36, doi:10.1186/s12970-020-00364-7
4. Mizumoto M, Damaceno MCT. *Emergências Vasculares*. Editora Manole Ltda.: Barueri, S.P.; 2006.
5. Sawka MN, Montain SJ, Latzka WA. Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2001;128(4):679-90, doi:10.1016/s1095-6433(01)00274-4
6. Sawka MN, Wenger CB, Pandolf KB. *Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation*. John Wiley & Sons, Ltd: 1996.
7. Mc Ardle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do Exercício*. Editora Guanabara Koogan S.A.: Rio de Janeiro; 1992.
8. Cheuvront SN, Kenefick RW, Montain SJ, et al. Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *J Appl Physiol* (1985) 2010;109(6):1989-95, doi:10.1152/jappphysiol.00367.2010
9. Sherman WM, Costill DL. The marathon: dietary manipulation to optimize performance. *Am J Sports Med* 1984;12(1):44-51, doi:10.1177/036354658401200107
10. Olsson KE, Saltin B. Variation in total body water with muscle glycogen changes in man. *Acta Physiol Scand* 1970;80(1):11-8, doi:10.1111/j.1748-1716.1970.tb04764.x
11. Kreitzman SN, Coxon AY, Szaz KF. Glycogen storage: illusions of easy weight loss, excessive weight regain, and distortions in estimates of body composition. *Am J Clin Nutr* 1992;56(1 Suppl):292S-293S, doi:10.1093/ajcn/56.1.292S
12. Maughan RJ, Shirreffs SM, Leiper JB. Errors in the estimation of hydration status from changes in body mass. *J Sports Sci* 2007;25(7):797-804, doi:10.1080/02640410600875143
13. Bergström J, Hultman E. Muscle glycogen synthesis after exercise: an enhancing factor localized to the muscle cells in man. *Nature* 1966;210(5033):309-10, doi:10.1038/210309a0
14. Ahlborg B, Berstrom J, Ekelund J, et al. Muscle glycogen and muscle electrolytes during prolonged physical exercise. *Acta Physiologica* 1967;129-142, doi:10.1111/j.1748-1716.1967.tb03608.x
15. Bergström J, Hermansen L, Hultman E, et al. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol Scand* 1967;71(2):140-50, doi:10.1111/j.1748-1716.1967.tb03720.x

16. Karlsson J, Saltin B. Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *J Appl Physiol* 1971;31(2):203-6, doi:10.1152/jappl.1971.31.2.203
17. Hawley JA, Schabert EJ, Noakes TD, et al. Carbohydrate-loading and exercise performance. An update. *Sports Med* 1997;24(2):73-81, doi:10.2165/00007256-199724020-00001
18. Burke LM, Hawley JA, Jeukendrup A, et al. Toward a Common Understanding of Diet-Exercise Strategies to Manipulate Fuel Availability for Training and Competition Preparation in Endurance Sport. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2018;28(5):451-463, doi:10.1123/ijsnem.2018-0289
19. King RFGJ, Jones B, O'Hara JP. The availability of water associated with glycogen during dehydration: a reservoir or raindrop? *Eur J Appl Physiol* 2018;118(2):283-290, doi:10.1007/s00421-017-3768-9
20. Shiose K, Yamada Y, Motonaga K, et al. Segmental extracellular and intracellular water distribution and muscle glycogen after 72-h carbohydrate loading using spectroscopic techniques. *J Appl Physiol (1985)* 2016;121(1):205-11, doi:10.1152/jappphysiol.00126.2016
21. Baker LB, Jeukendrup AE. Optimal composition of fluid-replacement beverages. *Compr Physiol* 2014;4(2):575-620, doi:10.1002/cphy.c130014
22. Stevinson CD, Biddle SJ. Cognitive orientations in marathon running and "hitting the wall". *Br J Sports Med* 1998;32(3):229-34; discussion 234-5, doi:10.1136/bjism.32.3.229
23. Smyth B. How recreational marathon runners hit the wall: A large-scale data analysis of late-race pacing collapse in the marathon. *PLoS One* 2021;16(5):e0251513, doi:10.1371/journal.pone.0251513
24. Costill DL, Pearson DR, Fink WJ. Impaired muscle glycogen storage after muscle biopsy. *J Appl Physiol (1985)* 1988;64(5):2245-8, doi:10.1152/jappl.1988.64.5.2245
25. Margaria R, Cerretelli P, Aghemo P, et al. Energy cost of running. *J Appl Physiol* 1963;18(367-70), doi:10.1152/jappl.1963.18.2.367
26. Harris C, Debeliso M, Adams K. The effects of running speed on the metabolic and mechanical energy costs of running. *Journal of Exercise Physiology on line* 2003;10, doi:10.1152/jappl.1963.18.2.367
27. Williams C. Diet and endurance fitness. *Am J Clin Nutr* 1989;49(5 Suppl):1077-83, doi:10.1093/ajcn/49.5.1077
28. Sherman WM, Pyley MJ, Sharp RL, et al. Muscle glycogen storage and its relationship with water. *Int J Sports Med* 1982;3(1):22-4, doi:10.1055/s-2008-1026056
29. Tam N, Noakes TD. The quantification of body fluid allostasis during exercise. *Sports Med* 2013;43(12):1289-99, doi:10.1007/s40279-013-0089-y
30. Jentjens R, Jeukendrup A. Determinants of post-exercise glycogen synthesis during short-term recovery. *Sports Med* 2003;33(2):117-44, doi:10.2165/00007256-200333020-00004

31. Ivy JL, Katz AL, Cutler CL, et al. Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol* (1985) 1988;64(4):1480-5, doi:10.1152/jappl.1988.64.4.1480
32. Zachwieja JJ, Costill DL, Pascoe DD, et al. Influence of muscle glycogen depletion on the rate of resynthesis. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23(1):44-8
33. Tarnopolsky MA, Bosman M, Macdonald JR, et al. Postexercise protein-carbohydrate and carbohydrate supplements increase muscle glycogen in men and women. *J Appl Physiol* (1985) 1997;83(6):1877-83, doi:10.1152/jappl.1997.83.6.1877
34. Hingst JR, Bruhn L, Hansen MB, et al. Exercise-induced molecular mechanisms promoting glycogen supercompensation in human skeletal muscle. *Mol Metab* 2018;16(24-34), doi:10.1016/j.molmet.2018.07.001
35. Knuiman P, Hopman MT, Mensink M. Glycogen availability and skeletal muscle adaptations with endurance and resistance exercise. *Nutr Metab (Lond)* 2015;12(59), doi:10.1186/s12986-015-0055-9
36. Iwayama K, Tanabe Y, Tanji F, et al. Diurnal variations in muscle and liver glycogen differ depending on the timing of exercise. *J Physiol Sci* 2021;71(1):35, doi:10.1186/s12576-021-00821-1
37. Podlogar T, Wallis GA. New Horizons in Carbohydrate Research and Application for Endurance Athletes. *Sports Med* 2022, doi:10.1007/s40279-022-01757-1
38. Sherman WM, Costill DL, Fink WJ, et al. Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilization during performance. *Int J Sports Med* 1981;2(2):114-8, doi:10.1055/s-2008-1034594
39. Burke LM, van Loon LJC, Hawley JA. Postexercise muscle glycogen resynthesis in humans. *J Appl Physiol* (1985) 2017;122(5):1055-1067, doi:10.1152/jappphysiol.00860.2016
40. Shearer J, Graham TE. Novel aspects of skeletal muscle glycogen and its regulation during rest and exercise. *Exerc Sport Sci Rev* 2004;32(3):120-6, doi:10.1097/00003677-200407000-00008
41. Ørtenblad N, Westerblad H, Nielsen J. Muscle glycogen stores and fatigue. *J Physiol* 2013;591(18):4405-13, doi:10.1113/jphysiol.2013.251629
42. Ørtenblad N, Nielsen J. Muscle glycogen and cell function--Location, location, location. *Scand J Med Sci Sports* 2015;25 Suppl 4(34-40), doi:10.1111/sms.12599
43. Nielsen J, Suetta C, Hvid LG, et al. Subcellular localization-dependent decrements in skeletal muscle glycogen and mitochondria content following short-term disuse in young and old men. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2010;299(6):E1053-60, doi:10.1152/ajpendo.00324.2010
44. Nielsen J, Holmberg HC, Schrøder HD, et al. Human skeletal muscle glycogen utilization in exhaustive exercise: role of subcellular localization and fibre type. *J Physiol* 2011;589(Pt 11):2871-85, doi:10.1113/jphysiol.2010.204487

45. Marchand I, Chorneyko K, Tarnopolsky M, et al. Quantification of subcellular glycogen in resting human muscle: granule size, number, and location. *J Appl Physiol* (1985) 2002;93(5):1598-607, doi:10.1152/jappphysiol.00585.2001
46. Jensen R, Ørtenblad N, Stausholm MH, et al. Heterogeneity in subcellular muscle glycogen utilisation during exercise impacts endurance capacity in men. *J Physiol* 2020;598(19):4271-4292, doi:10.1113/JP280247
47. Nielsen J, Cheng AJ, Ørtenblad N, et al. Subcellular distribution of glycogen and decreased tetanic Ca<sup>2+</sup> in fatigued single intact mouse muscle fibres. *J Physiol* 2014;592(9):2003-12, doi:10.1113/jphysiol.2014.271528
48. Watanabe D, Wada M. Effects of reduced muscle glycogen on excitation-contraction coupling in rat fast-twitch muscle: a glycogen removal study. *J Muscle Res Cell Motil* 2019;40(3-4):353-364, doi:10.1007/s10974-019-09524-y
49. Areta JL, Hopkins WG. Skeletal Muscle Glycogen Content at Rest and During Endurance Exercise in Humans: A Meta-Analysis. *Sports Med* 2018;48(9):2091-2102, doi:10.1007/s40279-018-0941-1
50. Tarnopolsky MA, Atkinson SA, Phillips SM, et al. Carbohydrate loading and metabolism during exercise in men and women. *J Appl Physiol* (1985) 1995;78(4):1360-8, doi:10.1152/jappl.1995.78.4.1360
51. Burke LM, Hawley JA. Carbohydrate and exercise. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 1999;2(6):515-20, doi:10.1097/00075197-199911000-00015
52. James AP, Lorraine M, Cullen D, et al. Muscle glycogen supercompensation: absence of a gender-related difference. *Eur J Appl Physiol* 2001;85(6):533-8, doi:10.1007/s004210100499
53. Gudivaka R, Schoeller DA, Kushner RF, et al. Single- and multifrequency models for bioelectrical impedance analysis of body water compartments. *J Appl Physiol* (1985) 1999;87(3):1087-96, doi:10.1152/jappl.1999.87.3.1087
54. Aguiar Santos S, Schlebusch T, Leonhardt S. Simulation of a current source with a Cole-Cole load for multi-frequency electrical impedance tomography. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2013;2013(6445-8), doi:10.1109/EMBC.2013.6611030
55. Dziejulska A, Dobrzyń P, Dobrzyń A. [The role of AMP-activated protein kinase in regulation of skeletal muscle metabolism]. *Postepy Hig Med Dosw (Online)* 2010;64(513-21
56. Lee JO, Lee SK, Kim JH, et al. Metformin regulates glucose transporter 4 (GLUT4) translocation through AMP-activated protein kinase (AMPK)-mediated Cbl/CAP signaling in 3T3-L1 preadipocyte cells. *J Biol Chem* 2012;287(53):44121-9, doi:10.1074/jbc.M112.361386
57. Weineck L. *Biologia do Esporte*. Editora Manole Ltda: Barueri, S.P.; 2000.
58. Hollmann W, Hettinger T. *Medicina do Esporte, Fundamentos Anatômicos-Fisiológicos para a Prática Esportiva*. Editora Manole Ltda: Barueri, S.P.; 2005.

59. Bouchard C. *Atividade Física e Obesidade*. Editora Manoel Ltda.: Barueri, S.P.; 2003.
60. Huang PL. A comprehensive definition for metabolic syndrome. *Dis Model Mech* 2009;2(5-6):231-7, doi:10.1242/dmm.001180
61. Ross A, Caballero B, Cousins R, et al. *Nutrição Moderna de Shils - Na saúde e na doença*. Editora Manole Ltda: Barueri, SP; 2016.
62. Lee SY, Ahn S, Kim YJ, et al. Comparison between Dual-Energy X-ray Absorptiometry and Bioelectrical Impedance Analyses for Accuracy in Measuring Whole Body Muscle Mass and Appendicular Skeletal Muscle Mass. *Nutrients* 2018;10(6), doi:10.3390/nu10060738
63. Chen B, Yu J, Gao XE, et al. A human body physiological feature selection algorithm based on filtering and improved clustering. *PLoS One* 2018;13(10):e0204816, doi:10.1371/journal.pone.0204816
64. Cole KS, Cole RH. Dispersion and Absorption in dielectrics I. Alternating current characteristics. *The Journal of Chemical Physics* 2004;9(341-351), doi:10.1063/1.1750906
65. Deurenberg P, Andreoli A, de Lorenzo A. Multi-frequency bioelectrical impedance: a comparison between the Cole-Cole modelling and Hanai equations with the classical impedance index approach. *Ann Hum Biol* 1996;23(1):31-40, doi:10.1080/03014469600004252
66. Mock T, Morrison D, Yatscoff R. Evaluation of the i-STAT system: a portable chemistry analyzer for the measurement of sodium, potassium, chloride, urea, glucose, and hematocrit. *Clin Biochem* 1995;28(2):187-92, doi:10.1016/0009-9120(95)90708-6
67. Shanely RA, Zwetsloot KA, Triplett NT, et al. Human skeletal muscle biopsy procedures using the modified Bergström technique. *J Vis Exp* 2014;91):51812, doi:10.3791/51812
68. Edwards RH, Round JM, Jones DA. Needle biopsy of skeletal muscle: a review of 10 years experience. *Muscle Nerve* 1983;6(9):676-83, doi:10.1002/mus.880060910
69. Neves M, Barreto G, Boobis L, et al. Incidence of adverse events associated with percutaneous muscular biopsy among healthy and diseased subjects. *Scand J Med Sci Sports* 2012;22(2):175-8, doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01264.x
70. Bergström J, Hultman E. Determination of water and electrolytes in muscle biopsies in the nutritional assessment of clinical disorders. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 1987;11(5 Suppl):51S-54S, doi:10.1177/014860718701100506
71. Jaffrin MY, Morel H. Body fluid volumes measurements by impedance: A review of bioimpedance spectroscopy (BIS) and bioimpedance analysis (BIA) methods. *Med Eng Phys* 2008;30(10):1257-69, doi:10.1016/j.medengphy.2008.06.009
72. Seoane F, Abtahi S, Abtahi F, et al. Mean Expected Error in Prediction of Total Body Water: A True Accuracy Comparison between Bioimpedance

Spectroscopy and Single Frequency Regression Equations. *Biomed Res Int* 2015;2015(656323), doi:10.1155/2015/656323

73. Shiose K, Yamada Y, Motonaga K, et al. Muscle glycogen depletion does not alter segmental extracellular and intracellular water distribution measured using bioimpedance spectroscopy. *J Appl Physiol* (1985) 2018;124(6):1420-1425, doi:10.1152/jappphysiol.00666.2017

74. Moon JR, Tobkin SE, Roberts MD, et al. Total body water estimations in healthy men and women using bioimpedance spectroscopy: a deuterium oxide comparison. *Nutr Metab (Lond)* 2008;5(7), doi:10.1186/1743-7075-5-7