

LUIS FELIPE CASTELLI CORREIA DE CAMPOS

**COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS PARA MENSURAÇÃO DA
POTÊNCIA AERÓBIA EM ATLETAS TETRAPLÉGICOS**

**COMPARISON OF METHODS FOR AEROBIC POWER
ASSESSMENT IN ATHLETES WITH TETRAPLEGIA**

Campinas, 2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

LUIS FELIPE CASTELLI CORREIA DE CAMPOS

**COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS PARA MENSURAÇÃO DA
POTÊNCIA AERÓBIA EM ATLETAS TETRAPLÉGICOS**

ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ IRINEU GORLA

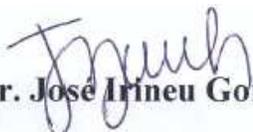
***COMPARISON OF METHODS FOR AEROBIC POWER
ASSESSMENT IN ATHLETES WITH TETRAPLEGIA***

Dissertação de Mestrado apresentada à Pós-Graduação da Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do Título de Mestre em Educação Física, área de concentração: Atividade Física Adaptada.

Dissertation presented to the PostGraduation Programme of the School of Physical Education of State University of Campinas to obtain the Master's degree in Physical Education. Concentration area: Adapted Physical Activity.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DEFESA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DEFENDIDA PELO ALUNO LUIS FELIPE CASTELLI CORREIA DE CAMPOS, E ORIENTADO PELO PROF. DR. JOSÉ IRINEU GORLA.

Prof. Dr. José Irineu Gorla



Campinas, 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
 DULCE INÊS LEOCÁDIO DOS SANTOS AUGUSTO – CRB8/4991 - BIBLIOTECA “PROF.
 ASDRUBAL FERREIRA BATISTA”
 FEF - UNICAMP

C157c Campos, Luis Felipe Castelli Correia de, 1987-
 Comparação entre métodos para mensuração da
 potência aeróbia em atletas tetraplégicos / Luis Felipe Castelli
 Correia de Campos. --Campinas, SP: [s.n.], 2013.

Orientador: José Irineu Gorla.
 Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Educação Física.

1. Avaliação. 2. Tetraplegia. 3. Treinamento. 4. Rugby em
 cadeira de rodas. 5. Consumo de oxigênio. I. Gorla, José
 Irineu. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
 Educação Física. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Comparison of methods for aerobic power assessment in athletes with tetraplegia.

Palavras-chave em inglês:

Assessment

Tetraplegia

Training

Wheelchair Rugby

Oxygen consumption

Área de Concentração: Atividade Física Adaptada

Titulação: Mestre em Educação Física.

Banca Examinadora:

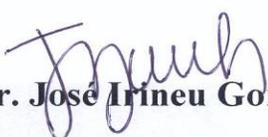
José Irineu Gorla [Orientador]

Ricardo Antonio Tanhoffer

João Paulo Borin

Data da defesa: 31-01-2013

Programa de Pós-Graduação: Educação Física

BANCA EXAMINADORA

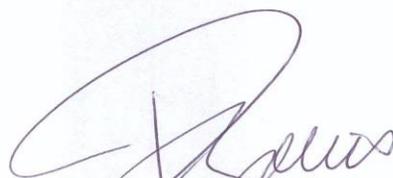
Prof. Dr. José Irineu Gorla

Orientador



Prof. Dr. Ricardo Antonio Tanhoffer

Membro Titular



Prof. Dr. João Paulo Borin

Membro Titular

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, a meus pais e amigos que contribuíram para que esse sonho pudesse ser possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade concedida de realização de mais uma etapa da minha vida, como também pelo privilégio de poder estar cercado de pessoas maravilhosas que tornaram tudo isso possível.

Agradeço a minha família que não mediram esforços para estar hoje completando esse ciclo, obrigado mamãe (Rita), papai (Tonho) e Dudu. Obrigado pelos momentos de paciência, pelos incentivos, pelo carinho, pela dedicação e inúmero momentos de apoio. Tenho muito orgulho de vocês!

Gostaria também de agradecer ao meu orientador José Irineu Gorla, que certamente tem sido um pai, por que muito além da orientação para produção desse material, foram os conselhos pessoais, conversas que contribuíram e contribuem para o meu crescimento profissional e caráter.

Não poderia deixar de agradecer a todos os amigos que direta ou indiretamente foram essenciais nesse período todo. Os parceiros de laboratório (LAMA): Luizinho, Anselmo, Leonardo, Pena, Rafa, Lucas, Tiago, as meninas: Andréia, Sheila, Vivi, Marília e Ênia. Aos amigos da Pós-graduação Thiago, Nati, Roberta, Giovana, Ceará e Juliano. Aos atletas de Rugby em cadeira de rodas da UNICAMP/ADEACAMP pois, sem a colaboração de cada um de vocês jamais esse trabalho seria desenvolvido. Aos amigos da IPJA (Igreja Presbiteriana do Jardim Aeroporto) que sempre torceram e estiveram orando pelas minhas conquistas. Aos amigos que desde muitos anos tem acompanhado essa trajetória Mixirica, Carol, Sheila, Waltinho, Tati, Rodrigo (que agora tá na Austrália). Enfim, todos sintam-se co-autores dessa obra.

Obrigado a todos!!!

CAMPOS, LUIS FELIPE CASTELLI CORREIA. Comparação entre métodos para mensuração da Potência Aeróbia em atletas tetraplégicos. 2013. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Educação Física. Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2013.

RESUMO

A avaliação da Potência Aeróbia em atletas com tetraplegia, como indicador de limite máximo de tolerância ao exercício aeróbio, é uma importante área de interesse no campo da performance paradesportiva. O presente estudo teve como objetivo comparar as medições direta e indireta do Consumo Pico de Oxigênio ($VO_{2\text{pico}}$) no teste de campo contínuo e incremental Octagon Multi-Stage Test (OMFT) bem como, correlacionar os valores obtidos no teste contínuo e incremental no ciclo-ergometro de braço (EB). Participaram desse estudo 8 atletas tetraplégicos praticantes de Rugby em cadeira de rodas. Os atletas inicialmente realizaram a avaliação antropométrica para o cálculo do índice de massa corporal (IMC) e percentual de gordura (%G) em seguida foram submetidos ao teste de campo incremental (OMFT) com a utilização do analisador de gás portátil K4b² Cosmed para mensuração direta do $VO_{2\text{pico}}$. Após 72 horas os mesmos atletas realizaram o teste contínuo e incremental no EB para obtenção dos valores de $VO_{2\text{pico}}$. Pré e pós-testes foram mensurados os valores de Frequência Cardíaca (FC), Concentração de Lactato([Lac]), Consumo de Oxigênio (VO_2) e percepção Subjetiva de Esforço (PSE). Além disso, no teste de campo (OMFT) foram coletados os dados de distância total percorrida, estágio final e número de voltas realizadas variáveis para mensuração indireta do $VO_{2\text{pico}}$. Para os valores de $VO_{2\text{pico}}$, observou-se que no EB os valores de média do grupo foi de $17,8 \pm 6 \text{ ml/kg/min}$, enquanto que para o teste OMFT foram de $21,9 \pm 5,2 \text{ ml/kg/min}$ pela mensuração direta e $24,8 \pm 3,3 \text{ ml/kg/min}$ para a mensuração através da equação de predição pré-estabelecida, a FC_{max} foi de $129,1 \pm 24 \text{ bpm}$ no EB e de $127,8 \pm 26 \text{ bpm}$ no OMFT. Já a PSE foi de $8,2 \pm 1,03$ no EB e de $6,5 \pm 2,2$ no OMFT. Através do cálculo de correlação entre as mensurações de $VO_{2\text{pico}}$, observou-se alta correlação ($r=0.86$) entre as mensuração do OMFT direta e indireta com nível de significância de $p < 0.05$ e através do teste de Bland-Altman foi observada a concordância entre os métodos com LIC95% variando de -2,8 a 8,5. O teste OMFT apresenta validade para mensuração da Potência Aeróbia em atletas com tetraplegia, porém, observa-se a necessidade de reajustes no protocolo para que os resultados encontrados sejam de fato mais próximos à realidade dos atletas com tetraplegia, possibilitando maior controle dos resultados obtidos e a prescrição da intensidade de exercícios, evitando assim, lesões devido à sobrecarga do treinamento.

Palavras-chave: Avaliação, Tetraplegia, Treinamento, Rugby em cadeira de rodas, Consumo de Oxigênio.

CAMPOS, LUIS FELIPE CASTELLI CORREIA. Comparison of methods for Aerobic Power assessment in athletes with tetraplegia. 2013. Dissertation (Master's degree in Physical Education) – School of Physical Education, State University of Campinas, Campinas, 2013.

ABSTRACT

Evaluation of Aerobic Power in Spinal Cord Injury athletes as an indicator of maximum aerobic exercise tolerance is an important area of interest of sports performance. The present study aimed to compare the direct and indirect measurements of peak oxygen consumption (VO_{2peak}) in field testing continuous and incremental Octagon Multi-Stage Test (OMFT) and to correlate the values obtained in the test continuous incremental in cycle-arm ergometer (EA). Eight athletes of the Wheelchair Rugby participated in this study. These athletes initially underwent anthropometric measurements for calculating the Body Mass Index (BMI) and percent body fat (%BF). After were submitted to field test (OMFT) with the use of portable gas analyzer K4b² Cosmed for measurement direct of the VO_{2peak} . After 72 hours the same athletes performed the test continuous incremental in EA to obtain the values of VO_{2peak} . Pre and post-test values have been measured heart rate (HR), lactate concentration ([Lac]), oxygen consumption (VO_2) and perceived exertion (PE). Moreover, the field test (OMFT) data were collected from total distance traveled, stage, number of turns. Variables to measurement indirect of VO_{2peak} . For the VO_{2peak} values, it was observed that the values of the EA group mean was 17.8 ± 6 ml/kg/min, whereas for the test OMFT were 21.9 ± 5.2 ml/kg/min by direct measurement and 24.8 ± 3.3 ml/kg/min for measurement prediction equation by pre-established, HR_{max} was 129.1 ± 24 bpm in EA and 127.8 ± 26 bpm in OMFT. Already the PSE was 8.2 ± 1.03 in EA and 6.5 ± 2.2 in OMFT. By calculating the correlation between the measurements of VO_{2peak} , there was a high correlation ($r = 0.86$) between the measurement of direct and indirect OMFT with a significance level of $p < 0.05$ and by Bland-Altman concordance was observed between methods with varying LIC95% from -2.8 to 8.5. The OMFT shows validity for measuring Aerobic Power in athletes with tetraplegia, however, there is a need for adjustments in the protocol so that the results are actually closer to the reality of athletes with tetraplegia, enabling greater control of the results and prescription of exercise intensity, thus avoiding injury due to overload training.

Keywords: Assessment, Tetraplegia, Training, Wheelchair Rugby, Oxygen Consumption

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Caracterização da amostra do estudo.....	41
TABELA 2 - Variáveis Fisiológicas e Metabólicas obtidas após o teste máximo no Ergômetro de Braço (EB) e teste de campo (OMFT).....	48
TABELA 3 - Correlação entre as variáveis antropométricas, fisiológicas e metabólicas com o consumo máximo de oxigênio obtido no teste de Ergômetro de Braço (EB) e no Teste de Campo (OMFT).	49
TABELA 4 - Correlações de Pearson entre os resultados obtidos de consumo pico de oxigênio (VO_{2pico}) no teste de campo (TC) e no ergômetro de braço (EB).....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração dos resultados obtidos através das combinações terminológicas e buscas no banco de dados SCIVERSE.....	29
Figura 2 – Percurso do teste OMFT proposto por Vanderthomenn et al (2002).....	43
Figura 3 – (a) Adaptação para o posicionamento da posição neutra, (b) posição da mão do EB, (c) adaptação realizada para o fixamento das mãos dos atletas no pedal do EB.....	45
Figura 4 – Comparação entre os métodos direto e indireto no OMFT e EB através do teste de Bland-Altman.	50

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

VO_{2máx} - Consumo máximo de oxigênio

VO_{2pico} - Consumo pico de oxigênio

TA - Treinamento Aeróbio

LME - Lesão da medula espinhal

OMFT - Octagon multistage Fitness Test

EB - Ergômetro de braço

PSE - Percepção Subjetiva de Esforço

[Lac] - Concentração de Lactato

D - Distância total percorrida

FC_{máx} - Frequência cardíaca máxima

CA - Capacidade aeróbia

FC - Frequência Cardíaca

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	13
1.1 - Objetivo	15
1.1.1- Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO 1 - ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS E BENEFÍCIOS DO TREINAMENTO AERÓBIO	16
1.1 - Introdução.....	16
1.2 - Capacidade Aeróbia x Potência Aeróbia	18
1.3 - Consumo Máximo de Oxigênio ($VO_{2máx}$) x Consumo Pico de Oxigênio (VO_{2pico}).....	19
1.4 - Avaliação da Potência Aeróbia	19
1.5 - O Condicionamento Aeróbio em atletas com tetraplegia.....	23
CAPÍTULO 2 - ESTUDOS DE VALIDAÇÃO DE TESTES PARA ANÁLISE DA POTÊNCIA AERÓBIA EM ATLETAS TETRAPLÉGICOS: REVISÃO DE LITERATURA	26
2.1 - Introdução.....	26
2.2 - Metodologia.....	28
2.3 - Resultados.....	29
2.4 - Conclusão	36
CAPÍTULO 3 – COMPARAÇÃO ENTRE O OCTAGON MULTISTAGE FITNESS TEST E O ERGÔMETRO DE BRAÇO PARA MENSURAÇÃO DA POTÊNCIA AERÓBIA EM ATLETAS COM TETRAPLEGIA.....	38
3.1 – Introdução	38
3.2 - Metodologia.....	40
3.2.1 - Caracterização do Estudo.....	40
3.2.2 - Amostra.....	40
3.2.3 – Procedimentos	41
3.2.4 - Procedimentos estatísticos	47
3.3 - Resultados.....	47
3.5 - Discussão	51

3.6 - Conclusão	55
2 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
3 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
ANEXO I - Termo Consentimento	64
ANEXO II - Ficha Coleta de Dados	666

1 - INTRODUÇÃO

Elevado nível de condicionamento aeróbio é essencial para atletas, inclusive para aqueles com deficiência, na conquista de resultados expressivos em competições esportivas. Porém, atletas com lesão na medula espinhal (LME) nível cervical ou tetraplégicos, geralmente, apresentam disfunções fisiológicas (LEICHT, BISHOP, GOSSEY-TOLFREY, 2011), neuromusculares (UZUN et al., 2012) e metabólicas (CAMPBELL, WILLIAMS, LAKOMY, 2004; TANHOFFER et al., 2012) que refletem no comprometimento do rendimento esportivo, sendo a principal delas, os baixos níveis de condicionamento do sistema cardiorrespiratório, o que implica na instalação da fadiga precoce (MYERS, LEE, KIRATLI, 2007).

As modalidades coletivas paraolímpicas, como o basquete em cadeira de rodas e o rugby em cadeira de rodas, apresentam elegibilidade para atletas com tetraplegia (IWRF, 2012; IWBF, 2012). Ambas as modalidades, apresentam elevadas exigências de esforços intermitentes, ou seja, constantemente os atletas necessitam realizar manobras como passes ou lançamentos, mudanças bruscas de direção, sprints e bloqueios (SPORNER et al., 2009; AGUDO, ESPINOSA, RUIZ, 2010) em alta intensidade que por vezes, são intercalados com pequenas pausas ou atividades de baixa intensidade (SARRO et al., 2010).

Dessa forma, percebe-se a importância do treinamento aeróbio em atletas com tetraplegia, visto que, o metabolismo aeróbio (fator predominante) nessas modalidades, será responsável em proporcionar uma recuperação metabólica mais rápida para os estímulos intensos (HUTZLER, MECKEL, BERZEN, 2011) através da melhor funcionalidade e interação entre os sistemas respiratório, cardiovascular, metabólico e muscular, permitindo com que o atleta participe do jogo o maior tempo possível em alta intensidade (ABAD apud MACHADO, 2010). Além do treinamento, torna-se imprescindível a realização da avaliação do metabolismo aeróbio para compreender o impacto do treinamento físico e do jogo no sistema cardiorrespiratório em atletas com tetraplegia (VANLANDEWIJCK et al., 2006).

A Potência Aeróbia um dos principais marcadores do sistema cardiorrespiratório utilizados em atletas com LME (VANDERTHOMENN et al., 2002, VANLANDEWIJCK et al., 2006) e, é definida como a máxima capacidade que um indivíduo possui de utilizar o oxigênio pelos músculos em unidade de tempo (ABAD apud MACHADO, 2010) e, é determinada pelo consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) o qual, tem sido amplamente explorada no campo da

performance paradesportiva (BERNARDI et al., 2010; MOLIK et al., 2010; LEICHT, BISHOP, GOSSEY-TOLFREY, 2011).

A obtenção do $VO_{2\text{pico}}$ ou $VO_{2\text{máx}}$ pode ser realizada de duas maneiras, ou através de protocolos laboratoriais ou em testes de campo. Em relação aos procedimentos laboratoriais, os instrumentos comumente utilizados juntamente aos equipamentos metabólicos para avaliação do consumo de oxigênio (VO_2) durante o exercício físico são o ergômetro de braço (GOOSEY-TOLFREY et al., 2006; LEWIS et al., 2007), ergômetro de cadeira de rodas (DALLMEIJER et al., 1996; JANSSEN et al., 2002) e esteira para cadeira de rodas (JANSSEN et al., 2001; SCHRIEKS et al., 2011). Em relação aos testes de campo, percebe-se a necessidade de protocolos capazes de estimar fidedignamente o $VO_{2\text{pico}}$ em atletas com LME nível cervical. Além disso, estudos apresentam a utilização de testes não validados (GOOSEY-TOLFREY, TOLFREY, 2008) ou a utilização de equações não específicas para a população em diversas modalidades paraolímpicas, o que acarreta em informações errôneas em relação à condição real desses indivíduos (CUNNINGHAM et al., 1999; GOOSEY-TOLFREY, TOLFREY, 2008).

Percebendo a lacuna existente em testes de campo com equações de predição confiáveis para mensuração da Potência Aeróbia em atletas com tetraplegia, e entendendo a importância de aprofundar sobre o referido tema, este trabalho realizou um levantamento bibliográfico assim como a realização tanto de protocolo laboratorial como de campo em indivíduos com tetraplegia, na tentativa de estabelecer a relação existente entre os resultados em diferentes procedimentos.

Dessa forma, para simplificar o acesso às informações, este estudo está organizado em capítulos. O primeiro capítulo intitulado como “Adaptações fisiológicas e benefícios do treinamento aeróbio” visa apresentar as principais adaptações do treinamento aeróbio (TA) de forma geral, as principais implicações na performance esportiva, quais as formas de se avaliar esse metabolismo, e apresentar as principais complicações existentes do componente cardiorrespiratório em indivíduos com tetraplegia, os benefícios do TA nessa população, bem como sua importância na performance paradesportiva.

No segundo capítulo intitulado como “Estudos de validação de testes para análise da potência aeróbia em atletas tetraplégicos: uma revisão de literatura” realizou-se uma revisão de literatura cuja finalidade foi apresentar as metodologias originais de testes de campo utilizados para mensuração do condicionamento cardiorrespiratório em atletas tetraplégicos e apresentar os

principais equívocos metodológicos observados. E por fim, o terceiro capítulo, intitulado como “Comparação entre o octagon multistage fitness test (OMFT) e o ergômetro de braço (EB) para mensuração da potência aeróbia em atletas com tetraplegia” o qual aborda diretamente o foco deste estudo. Nele será apresentado a metodologia utilizada para a comparação entre os métodos direto e indireto no OMFT, bem como, a correlação dessas metodologias com o teste no ciclo-ergômetro de braço (EB) para a mensuração da Potência Aeróbia em atletas com tetraplegia.

Espera-se com este estudo contribuir para a área da avaliação, prescrição e controle do treinamento em modalidades coletivas paradesportivas que são desenvolvidas em cadeira de rodas, bem como para o desenvolvimento de testes capazes de avaliar as principais variáveis e componentes do paradesporto, além da divulgação de sua prática.

1.1 - Objetivo

O presente estudo teve por objetivo mensurar o perfil cardiorrespiratório através do consumo pico de oxigênio ($VO_{2\text{pico}}$) em atletas com tetraplegia, bem como, comparar os resultados obtidos no teste contínuo e incremental de campo – Octagon Multistage Test (OMFT) como o ergômetro de braço (EB).

1.1.1- Objetivos Específicos

A) Comparar as médias do grupo nas mensurações direta e indireta do $VO_{2\text{pico}}$ no OMFT;

B) Correlacionar as médias do grupo nas mensurações direta e indireta do $VO_{2\text{pico}}$ com os resultados obtidos no ciclo-ergômetro de braço (EB);

C) Analisar a concordância entre os métodos direto e indireto de campo e do ciclo-ergômetro de braço para a mensuração do $VO_{2\text{pico}}$ em atletas com tetraplegia.

CAPÍTULO 1 - ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS E BENEFÍCIOS DO TREINAMENTO AERÓBIO

1.1 - Introdução

O metabolismo aeróbio é um fator limitante de desempenho para modalidades coletivas ou individuais que apresentam elevadas exigências de esforços intermitentes, nos quais os atletas necessitam realizar constantemente manobras como passes ou lançamentos, mudanças bruscas de direção, sprints e bloqueios (SPORNER et al., 2009; AGUDO, ESPINOSA, RUIZ, 2010) em alta intensidade que por vezes, são intercalados com pequenos repousos ou atividades de baixa intensidade. Essas ações são observadas em diversas modalidades convencionais como Futebol, Rugby, Handebol (SOUZA et al., 2006; DELLAL et al., 2011; HIGHAM et al., 2012) como em algumas modalidades paralímpicas: rugby em cadeira de rodas (SARRO et al., 2010), basquete em cadeira de rodas (SPORNER et al., 2009) e tênis em cadeira de rodas (ROY et al., 2006). Nessas modalidades segundo Abad (2010), o atleta que apresentar maior capacidade de produzir energia devido a maior quantidade de oxigênio (O_2) disponível para captação e utilização durante maior tempo possível e com a máxima eficiência, teoricamente, apresentará melhores condições para a performance esportiva. Sendo assim, observa-se a importância do treinamento aeróbio (TA) em atletas hágedos ou daqueles que apresentam algum tipo de deficiência.

O TA é geralmente caracterizado por atividades de longa duração realizada de forma contínua ou intermitente, cujo mecanismo majoritário para a produção de energia provém da quantidade de O_2 disponível no ambiente, assim como da integração entre pulmão (captação), coração (distribuição) e músculos (utilização). Quanto mais eficientes forem esses três sistemas no processo de captação, distribuição e utilização, maior será o condicionamento do indivíduo para suportar atividades de longa duração e apresentarão recuperação mais rápida em exercícios de alta intensidade (MAUD, FOSTER, 2009; MACHADO, 2010).

De acordo com Stone, Kilding (2009) estudos em geral demonstram os benefícios e adaptações ao TA sobre o sistema respiratório, cardiovascular, neuromuscular e sobre os sistemas metabólicos em diferentes metodologias de treinamento. Dentre os tipos de atividades, as que são realizadas de forma contínua com intensidades de baixa a moderada ($\sim 70-80\% VO_{2m\acute{a}x}$) têm como

principais adaptações orgânicas os componentes centrais. Essas adaptações são para a melhora da capacidade de bombeamento do coração (distribuição de O_2), aumento do volume sistólico e hipertrofia do ventrículo esquerdo (RAWLINS, BHAN, SHARMA, 2009; PITSAVOS et al., 2011), fatores que associados e somados aumentam os níveis de $VO_{2máx}$, enquanto que, os protocolos intermitentes normalmente são realizados com intensidades elevadas (acima de $80\%VO_{2máx}$) têm a finalidade de gerar adaptações no metabolismo aeróbio para propiciar rápida recuperação após atividade de alta intensidade. Essas adaptações ocorrem a nível periférico através do aumento de capilarização muscular (GUTE et al., 1996), da atividade enzimática (MENA, MAYNAR, CAMPILLO, 1996), do volume e densidade das mitocôndrias (TONKONOJI, SAHLIN, 2002), assim como o aumento da mobilização de ácidos graxos livres para fornecimento de energia (HOLLOSZY, COYLE, 1984).

Ainda nesse sentido, observa-se que os benefícios do TA sob os aspectos individuais são numerosos e para atletas de alto rendimento em modalidades coletivas, sejam elas convencionais ou paralímpicas. Esse tipo de treinamento assume papel primordial devido as características básicas dessas modalidades. As características normalmente encontradas consistem na posse de bola para o ataque ao alvo adversário (gols ou cestas) - parte ofensiva do jogo, enquanto que, paralelamente a outra equipe busca a recuperação da posse de bola e proteção do próprio alvo, parte defensiva (BAYER, 1992). Essas ações de transição são realizadas constantemente, no qual o atleta sem deficiência utiliza de movimentos intensos como saltos, mudanças de direção, sprints e atletas com deficiência (física), realizam a propulsão de forma intensa, com mudanças bruscas de direção com ou sem o contato entre as cadeiras e são ações predominantemente realizadas pelo sistema energético ATP-CP, porém, a ressíntese do ATP em atividades realizadas de forma intensa com pequenas pausas de recuperação em longo período de tempo (acima de 3 minutos) provêm do sistema aeróbio (consumo de O_2) (MAUD, FOSTER, 2009). Sendo assim, o rendimento atlético, de forma geral, ficará limitado quando a equipe ou o atleta não apresentar níveis de metabolismo aeróbio pareado ao exigido em jogo (STONE, KILDING, 2009).

1.2 - Capacidade Aeróbia x Potência Aeróbia (Potência Aeróbia)

A aptidão aeróbia (AA), segundo Abad (2010) está relacionada á capacidade do indivíduo de realizar uma atividade cuja dependência energética é predominantemente aeróbia. Para Maud, Foster (2009), os níveis de AA estão associados à eficiência entre a maior quantidade de O_2 que pode ser utilizado pelos tecidos dos atletas para o prolongamento do trabalho a ser realizado. O TA pode ser realizado de forma contínua ou intermitente com benefícios da AA em nível central e periférico, respectivamente (TAWASHY, 2009).

Os benefícios relacionados em nível central (vide item anterior) estão relacionados à Capacidade Aeróbia (CA), enquanto que, os benefícios periféricos (vide item anterior) são relacionados à Potência Aeróbia. A CA é definida como o total de energia que o sistema aeróbio possui disponível e comumente é mensurada pelos limiares metabólicos, como lactato sanguíneo e glicemia (DENADAI, GRECO, 2005). Já a Potência Aeróbia é o quanto de energia deste metabolismo é passível de ser utilizado por unidade de tempo, ou seja, é a máxima captação e utilização do O_2 por unidade de tempo (HOOKER, WELLS, 1992).

A Potência Aeróbia é um dos principais marcadores para análise do sistema cardiorrespiratório, sendo uma das principais variáveis para a mensuração deste componente o consumo pico de oxigênio (VO_{2pico}), o qual tem sido amplamente explorada no campo da performance paradesportiva (BERNARDI et al., 2010; MOLIK et al., 2010; LEICHT, BISHOP, GOSSEY-TOLFREY, 2011).

O VO_{2pico} depende da capacidade individual dos sujeitos em absorver o O_2 do ambiente, transporta-lo via corrente sanguínea e ser utilizado pelas células musculares para o fornecimento de energia em atividades de moderada a longa duração. Matematicamente, o $VO_{2máx}$ é o produto do resultado entre os fatores centrais associados aos fatores periféricos (VANLANDEWICK, THOMPSON, 2011). De acordo com Vandewalle (2001), os níveis de $VO_{2máx}$ estão estritamente relacionados a alguns fatores, como: o sexo, genética, idade, excesso de peso, altitude e o nível de treinamento. Sendo assim, justifica-se o fato de dois indivíduos com morfologias diferenciadas realizarem a mesma atividade e terem níveis de condicionamento aeróbio diferenciados, ou indivíduos com morfologias similares, porém, treinamento em diferentes climas e altitudes.

1.3 - Consumo Máximo de Oxigênio ($VO_{2m\acute{a}x}$) x Consumo Pico de Oxigênio (VO_{2pico})

A mensuração do $VO_{2m\acute{a}x}$ em testes específicos é obtida quando há a estabilização da captação do oxigênio apesar do aumento da intensidade do exercício, geralmente, forma-se um platô no gráfico analisado. Porém, quando não há evidência de um platô com o aumento da intensidade do exercício e assim, o aumento dos níveis de captação de oxigênio e em seguida, uma queda nos valores, pode-se afirmar que houve o pico de oxigênio (VO_{2pico}). Ambas as variáveis são válidas para afirmar os valores de Potência Aeróbia em indivíduos sedentários ou atletas (AMORETTI, BRION, 2001). De acordo com os mesmos autores, a ausência de um platô no consumo de oxigênio (VO_2) são frequentemente observadas durante exercícios que solicitam pequena massa muscular. Atletas tetraplégicos apresentam níveis de força reduzida devido à menor massa muscular ativa e déficit na capacidade de recrutamento das unidades motoras; atrofia muscular em decorrência de menor quantidade de proteínas contráteis (GORGEY, DUDLEY, 2006; PELLETIER, HICKS, 2011), o que indica é que em testes para mensuração de Potência Aeróbia, por vezes o que se obtêm são os níveis de VO_{2pico} e não $VO_{2m\acute{a}x}$.

1.4 - Avaliação da Potência Aeróbia

A mensuração da Potência Aeróbia ($VO_{2m\acute{a}x}$ ou VO_{2pico}) em atletas com ou sem deficiência podem ser realizadas tanto em laboratório como em testes de campo. Na tentativa de caracterizar esses procedimentos, Maud e Foster (2009) subdividiu a avaliação da potência aeróbia de duas formas: testes máximos e submáximos. Os dois tipos de testes são comumente utilizados por atletas sem deficiência, entretanto a escolha para utilização de um deles vai depender da modalidade esportiva praticada. No quadro 1 a seguir, são descritos os principais protocolos utilizados em atletas sem deficiência.

Quadro 1 - Classificação dos tipos de testes para avaliação da Potência Aeróbia e protocolos comumente utilizados em atletas sem deficiência. Modelo descrito e adaptado de Maud e Foster (2009).

Potência Aeróbia	Metodologias em Teste de Campo	Testes laboratoriais ou que requerem equipamentos especializados
Testes Máximos	1. Tempo para cobrir uma distância específica;	1. Testes contínuos: $VO_{2máx}$ obtido durante um teste com carga de trabalho progressiva e continuamente aumentada com o uso de um equipamento específico.
	2. Distância coberta em um período específico;	a) Teste de rampa com carga de trabalho em aumento contínuo; b) Teste com aumento específico de carga de trabalho em intervalos de tempo específicos.
Testes Submáximos	3. Tempo registrado ou distância coberta, em uma corrida de vai-e-vem até a exaustão, com aumentos de velocidade incremental em intervalos de tempo específicos.	2. Testes descontínuos: como 1b, exceto que os períodos específicos de recuperação são distribuídos entre os estágios do exercício.
	1. Recuperação da Frequência Cardíaca após a realização do protocolo pré-determinado.	2. Estabilização da Frequência Cardíaca com cargas de trabalho específicas e por períodos predeterminados

A principal diferença entre os testes máximos e submáximos utilizados em atletas sem deficiência quando comparados aos estudos que são realizados com indivíduos tetraplégicos geralmente são relacionados aos incrementos dos testes, a velocidade inicial de execução em testes incrementais ou velocidade média de execução em testes contínuos, tornando-os mais específicos a população (SCHMID et al., 2001; JANSSEN et al., 2002; GOSSEY-TOLFREY et al., 2006; LEWIS et al., 2007). Por outro lado, são limitados os estudos que apresentam com clareza a metodologia utilizada, o que dificulta a possibilidade de comparação entre os estudos realizados em atletas com tetraplegia.

Alguns critérios são estabelecidos para que o valor de VO_2 possa ser considerado máximo ou pico durante o teste de esforço físico em atletas sem deficiência. O principal critério

aceito é a representação de um platô nos valores de VO_2 com o aumento da intensidade do teste, caso não seja observado, outros três principais critérios são: (a) concentração de lactato maior do que 8mmol/L, (b) razão de troca respiratória maior do que 1,0 e valores de FC acima de 90% do máximo previsto pela idade ($220 - \text{idade}$) (HOWLEY, BASSET JR, WELCH, 1995). Os principais equipamentos utilizados em atletas sem deficiência são o ciclo-ergômetro e a esteira. Os exercícios realizados nesses equipamentos geralmente utilizam grande porção de massa muscular e conseqüentemente, geram estresse suficiente sobre o sistema cardiorrespiratório para obtenção de valores máximo reais dos níveis de VO_2 . Por outro lado, atletas com tetraplegia geralmente não atendem aos critérios convencionais estipulados devido a menor massa muscular ativa, menor capacidade pulmonar, menor capacidade cardiovascular e disfunção do sistema nervoso simpático. Esses fatores são responsáveis por induzirem a fadiga precoce periférica, o que impossibilita com que o atleta alcance níveis elevados de estresse sobre o sistema cardiorrespiratório, e mesmo assim vários estudos identificam o valor de $VO_{2\text{pico}}$ após a interrupção do teste ser devido a exaustão voluntária (VANLANDEWIJCK, THOMPSON, 2011).

Em protocolos laboratoriais, os principais equipamentos utilizados são realizados em dois padrões de movimento: o primeiro é o movimento de propulsão de cadeira de rodas, cujo instrumento similar é ergômetro de cadeira de rodas (ErgoCR) (JANSSEN et al., 2002; GOOSEY-TOLFREY et al., 2006) e a esteira para cadeira de rodas (ECR) (JANSSEN et al., 2001; SCHRIEKS et al., 2011), o segundo está relacionado aos movimentos que simulam o “pedalar” na bicicleta, porém realizados com os membros superiores no ciclo-ergômetro de braço (EB) (GOOSEY-TOLFREY et al., 2006; LEWIS et al., 2007). Esses equipamentos são os mais utilizados na literatura para análise da Potência Aeróbia em atletas com deficiência física (BHAMBHANI, 2002) e são considerados “padrão ouro” para a avaliação da CA e da Potência Aeróbia nessa população (MORGULEC-ADAMOWICZ, 2011).

Lewis et al. (2007) avaliou 10 tetraplégicos sedentários no EB em protocolo incremental porém sem controle da velocidade execução, sendo o primeiro estágio de 3 minutos sem carga e na sequência aumento de 100kpm/ em cada estágio. A média do grupo de $VO_{2\text{pico}}$ obtida foi de $6,73 \pm 3,27 \text{ml/kg/min}$. Já Goosey-Tolfrey et al. (2006) avaliaram 8 tetraplégicos praticantes de Rugby e Tênis em cadeira de rodas no EB em protocolo incremental com velocidade contínua. A duração de cada estágio foi de 2 minutos com aumento de 5W por

estágio. A média do $VO_{2\text{pico}}$ do grupo foi de $13,4 \pm 2,37$ ml/kg/min. Janssen et al. (2002) avaliou 59 tetraplégicos ativos no ECR em protocolo com velocidade contínua de 0,56m/s com aumento gradativo da resistência em 10% por minuto, como resultado, a média do $VO_{2\text{pico}}$ obtido foi de $12,6 \pm 6,6$ ml/kg/min. Já Schmid et al. (2001) avaliou 6 tetraplégicos em protocolo incremental no ECR sendo a velocidade inicial de 10km/h com aumento de 10W a cada 3 minutos. A média obtida foi de $27,5 \pm 10,86$ ml/kg/min. Tawashy (2009) através da revisão de literatura identificou que indivíduos com tetraplegia entre atletas e sedentários, apresentaram média no $VO_{2\text{pico}}$ de 11,6 ml/kg/min no EB em 14 estudos, 13,1 ml/kg/min na ECR em 17 estudos e de 14,4 ml/kg/min na esteira de cadeira de rodas hand-cycle em 3 estudos. Os valores de $VO_{2\text{pico}}$ nesses estudos, além de demonstrar que o nível de treinamento interfere de modo significativo nos resultados do sistema cardiorrespiratório, os diferentes protocolos utilizados no mesmo equipamento inviabilizam a comparação para a discussão dos valores de $VO_{2\text{pico}}$ frente ao estímulo realizado.

Nesse sentido, surge o interesse de propostas de metodologias em testes de campo para a análise da Potência Aeróbia em atletas com deficiência (FRANKLIN et al., 1990; VINET et al., 1996; VANDERTHOMMEN et al., 2002; LASKIN et al., 2004; VANLANDEWIJCK et al., 2006; GOOSEY-TOLFREY, TOLFREY, 2008). Os testes de campo em indivíduos sem deficiência têm sido desenvolvidas e utilizadas com sucesso (VINET et al., 1996; POULAIN et al., 1999; VANLANDEWIJCK et al., 2006), porém, quando os mesmos testes com equações similares são utilizadas em atletas com diferentes deficiências físicas, os resultados acabam gerando informações errôneas em relação à condição real desses indivíduos (GOOSEY-TOLFREY, TOLFREY, 2008), além disso, observa-se que os diferentes estudos que propõem metodologias originais em campo apresentam dificuldades em indicar as variáveis que devem ser analisadas para que os valores de $VO_{2\text{pico}}$ mensurados diretamente em laboratório ou através analisador de gás portátil possam apresentar níveis de correlação confiáveis com a utilização de equações específicas para agrupar as diferentes deficiências que constituem as amostras. Nesse sentido, o presente estudo teve por finalidade verificar a concordância entre o método direto e indireto para estimar a Potência Aeróbia em atletas tetraplégicos no teste de campo proposto por Vanderthomenn et al. (2002).

1.5 - O Condicionamento Aeróbio em atletas com tetraplegia

A LME pode ser decorrente de fatores traumáticos ou patológicos que tem como consequência a diminuição ou perda do tônus muscular e da sensibilidade. Segundo a ASIA (1997) à diminuição ou perda da função motora e/ou sensorial no segmento cervical da medula espinhal, resultando na diminuição das funções dos membros superiores (MMSS) assim como dos membros inferiores (MMII) e órgãos pélvicos é denominada tetraplegia.

As principais complicações associadas à tetraplegia além da perda ou diminuição do tônus muscular e função sensorial abaixo do nível da lesão são a disfunção do sistema nervoso simpático (SNS) (VALENTE et al., 2007), atrofia do ventrículo esquerdo e conseqüentemente menor eficiência na contração cardíaca (PHILLIPS et al., 1998; GARSTANG, MILLER-SMITH; 2007), menor capacidade de mobilização dos ácidos graxos para utilização como fonte de energia (BAUMAN, 2001; TANHOFFER, 2012) e menor capacidade pulmonar devido ao comprometimento das inervações da musculaturas respiratórias responsáveis no processo de inspiração e expiração (SITTA, WERNECK, MANETTA, 2001; FRONTERA, 2006; ARES, CRISTANTE, 2007). A magnitude dessas disfunções fisiológicas e alterações metabólicas estão estritamente relacionada ao tipo e nível da lesão (VALENTE et al., 2007).

Phillips et al. (1998) e Vanloan et al. (1987) relatam que indivíduos tetraplégicos quando submetidos a um exercício físico apresentam níveis reduzidos no aumento da frequência cardíaca (FC) e $VO_{2\text{pico}}$ com o aumento da intensidade de exercício, além de apresentarem fadiga precoce quando comparados a população que não possui LME, fatores decorrentes da menor resistência muscular periférica, da atuação simpática e da capacidade cardiorrespiratória. De acordo com os mesmos autores, quanto mais alta for o nível lesão, maior é o comprometimento da elevação dos níveis da FC e do $VO_{2\text{max}}$ frente a intensidade do exercício físico. Reforçando essa ideia, sabe-se que o desenvolvimento de uma base cardiorrespiratória é essencial para o rendimento atlético nas modalidades coletivas tanto convencionais quanto paradesportivas, atletas com tetraplegia, utilizam apenas as musculaturas dos membros superiores e tronco (alguns casos) para a realização dos movimentos técnicos de propulsão da cadeira de rodas ou “pedalar” no triciclo e/ou em outros equipamentos específicos como o ergômetro de braço, diferentemente de atletas hígidos que normalmente utilizam grandes grupos musculares em atividades aeróbias como os membros inferiores associados aos superiores para correr, saltar, pular (WINNICK,

2004). Segundo o mesmo autor, o trabalho realizado por essa pequena porção muscular em atletas com tetraplegia associada a disfunção do SNS e alterações na estrutura cardíaca acabam não permitindo níveis de estresse do coração e do sistema respiratório suficientes para propiciarem adaptações para a melhora dos níveis cardiorrespiratórios (CA e Potência Aeróbia), equiparando-os aos atletas sem deficiência. Porém a diferença existente dos níveis de Potência Aeróbia entre tetraplégicos sedentários (LEWIS et al., 2007) e atletas (GOOSEY-TOLFREY et al., 2006) constata-se que o TA é capaz de propiciar adaptações fisiológicas a nível central e periférico para melhora dos níveis cardiorrespiratórios (VO_{2pico}).

Hopman et al. (1996) descreveram um estudo utilizando 21 sujeitos com tetraplegia (segmentos de C4-C8). Os sujeitos foram subdivididos em 3 grupos: (A) treinados, (B) não treinados e (C) sedentários. Os sujeitos foram submetidos ao teste de esforço máximo e submáximo no EB com frenagem elétrica através de protocolo incremental de cargas. Foi observado que o grupo A (treinados) apresentaram níveis de Potência Aeróbia maiores do que os outros dois grupos. Podemos concluir que o TA apresenta benefícios em atletas com tetraplegia quando comparados aos atletas sedentários, bem como, que a melhora dos componentes aeróbios estão mais ligados aos aspectos periféricos do que centrais (VANLANDEWICJK, THOMPSON, 2011) ou seja, o aumento da Potência Aeróbia apresenta indícios de ser mais sensível do que o aumento da CA, porém na literatura, o condicionamento aeróbio é observado independentemente do protocolo (exercícios contínuos ou intermitentes) utilizado.

Segundo Valent et al. (2007) a melhora do condicionamento cardiorrespiratório (níveis de VO_{2pico}) observado em 14 estudos que realizaram a intervenção com o TA em atletas com tetraplegia foi de aproximadamente $17,6 \pm 11,2\%$. Os estudos utilizaram tanto o ergômetro de braço como o ergômetro de cadeira de rodas. As intensidades de prescrição dos exercícios foram realizadas a partir das variáveis de FC (variando de 50-80% da máxima) e através da Potência pico (aproximadamente de 50-60% da máxima). Os protocolos de treinamento foram realizados de forma contínua ou intervalado com tempo total de treino variando entre 8 a 25 semanas.

Portanto, se o metabolismo aeróbio é um fator limitante de desempenho para modalidades (convencionais ou paralímpicas) coletivas ou individuais que apresentam elevadas exigências de esforços intermitentes, o TA deve ser realizado de forma intensificada em atletas tetraplégicos, visto que os índices cardiorrespiratórios são reduzidos após a LME, sendo assim, os atletas com tetraplegia altamente treinados apresentam índices favoráveis para suportarem a

demanda de jogo, bem como apresentarem rápida recuperação nas pequenas pausas que ocorrem durante as partidas (ROY et al., 2006; SPORNER et al., 2009; SARRO et al., 2010). Torna-se imprescindível também, a realização das avaliações periódicas desse componente essencial para o desempenho, não somente para o controle da prescrição de exercícios como o monitoramento desta variável ao longo do processo de treinamento.

CAPÍTULO 2 - ESTUDOS DE VALIDAÇÃO DE TESTES PARA ANÁLISE DA POTÊNCIA AERÓBIA EM ATLETAS TETRAPLÉGICOS: REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Introdução

Visando a maximização dos resultados durante as competições de alto rendimento, torna-se imprescindível a prescrição de exercícios com volumes e intensidades de forma adequada, assim como o monitoramento e a realização de avaliações periódicas que estejam focadas em procedimentos que possibilitem a melhora do desempenho.

Nesse sentido, a avaliação da Potência Aeróbia em atletas com LME, como indicador de limite máximo de tolerância ao exercício aeróbio, é uma importante área de interesse no campo da performance paradesportiva (VANLANDEWIJCK et al., 2006). Comumente são realizadas através de protocolos laboratoriais ou por testes de campo. Em relação aos procedimentos laboratoriais, os instrumentos comumente utilizados são o ergômetro de braço (GOOSEY-TOLFREY et al., 2006; LEWIS et al., 2007), ergômetro de cadeira de rodas (DALLMEIJER et al., 1996; JANSSEN et al., 2002) e esteira para cadeira de rodas (JANSSEN et al., 2001; SCHRIEKS et al., 2011). Embora a medição laboratorial apresente maior precisão na mensuração do $VO_{2\text{pico}}$, o acesso aos instrumentos são restritos devido ao alto custo e, por outro lado, treinadores estão à busca de ferramentas práticas e de fácil execução para acompanhar o desempenho de seus atletas de forma rápida e eficiente (LASKIN, SLIVKA, FROGLEY, 2004; VANLANDEWIJCK et al., 2006; GOOSEY-TOLFREY, TOLFREY, 2008).

Dessa forma, surge como alternativa, a utilização dos testes de campo, não só como ferramenta de fácil acesso e execução, mas porque apresentam similaridade em termos de desenvolvimento e atividade em relação aos eventos competitivos (VINET et al., 1996; LASKIN, SLIVKA, FROGLEY, 2004).

As avaliações da Potência Aeróbia através de testes de campo em indivíduos sem deficiência têm sido desenvolvidas e utilizadas com sucesso (VINET et al., 1996; POULAIN et al., 1999; VANLANDEWIJCK et al., 2006). Porém, quando os mesmos testes com equações similares são utilizadas em atletas com diferentes deficiências físicas, os resultados acabam gerando informações errôneas em relação à condição real desses indivíduos. Em decorrência da

tetraplegia, os atletas apresentam disfunção do sistema autonômico simpático, o que pode ser agravado pelo tipo e nível de lesão, sendo assim, quanto maior o comprometimento desse atleta, menor serão as possibilidades de atingir níveis elevados de frequência cardíaca e consumo de oxigênio, fato que justifica a necessidade de equações específicas à população (GOOSEY-TOLFREY, TOLFREY, 2008).

Diante dessas possibilidades, pesquisadores vêm tentando apresentar equações validas para mensuração da Potência Aeróbia em atletas com deficiência física, mesmo que com muitas restrições apresentadas em decorrência das diferentes deficiências, na dificuldade de obter amostras homogêneas e por vezes, possuir pequenos grupos amostrais.

Franklin et al. (1990) correlacionaram os valores de $VO_{2\text{pico}}$ obtidos no teste de 12 minutos na pista de tartan com os valores de $VO_{2\text{pico}}$ obtidos através do ergômetro de braço e encontraram correlação moderada ($r=0.84$), Vinet et al. (2002) correlacionaram os valores de $VO_{2\text{pico}}$ obtidos no teste ALBT em pista de tartan com os valores obtidos no ergoespirômetro portátil e identificaram correlação moderada de ($r^2=0.81$). Por outro lado, estudos como o de Vinet et al., 1996; Vanderthomenn et al., 2002 e Vanlandewijck et al., 2006 apresentaram correlações menores do que $r=0.69$ na mensuração do $VO_{2\text{pico}}$ em testes de campo, o que requer por parte dos avaliadores cuidado na interpretação dos resultados para não superestimarem a real Potência Aeróbia dos atletas com tetraplegia, visto que são avaliados e inseridos em grupos amostrais com sujeitos amputados, sequela de pólio, paraplégicos ou até mesmo indivíduos sem deficiência (VANLANDEWIJCK et al., 1999; GOOSEY-TOLFREY, TOLFREY, 2008).

Nos estudos supracitados, observa-se a presença de atletas com tetraplegia na amostra, porém, existe ainda a necessidade de desenvolvimento de protocolos que sejam capazes de mensurar de forma fidedigna a condição cardiorrespiratória de atletas com tetraplegia em quadra, visto que os principais protocolos desenvolvidos a população são em pista de tartan. A validação de protocolos em quadra, além de permitir maior proximidade com modalidades disputadas em quadra, oferecerão aos treinadores a possibilidade da análise mais apurada do parâmetro cardiorrespiratório.

Portanto, este estudo teve como objetivo, encontrar na literatura metodologias originais para avaliação da Potência Aeróbia em atletas com tetraplegia, descrever os procedimentos utilizados e por fim, apresentar os possíveis erros metodológicos analisados para

que outras pesquisas busquem desenvolvimento de protocolos mais fidedignos e adequados para a referida população.

2.2 - Metodologia

Este estudo caracteriza-se como revisão de literatura, que segundo Thomas, Nelson e Silverman (2012) é um tipo de pesquisa que tem por finalidade, localizar e sintetizar toda a literatura relevante sobre determinado tópico.

Para o desenvolvimento do trabalho, foi realizada a busca no banco de dados SCIVERSE¹, ferramenta construída para integração dos conteúdos científicos e históricos dos principais bancos de dados utilizados na Educação Física, como ScienceDirect, Scopus, Pubmed e Medline. Após acessar o banco de dados, realizou-se a busca pelas seguintes (combinações das) palavras-chaves: “*Wheelchair Users*” somado a “*Spinal Cord Injury*” cuja finalidade era de verificar a quantidade de artigos, dissertações e teses que estavam relacionados aos usuários de cadeira de rodas com LME em termos gerais. Em seguida, realizou-se a busca através das seguintes combinações terminológicas: “*Wheelchair Athletes*”, combinados com, “*Field Test*”, “*Validation*” and “*Peak Oxygen Consumption*”, para análise de estudos relacionados à construção de testes de campo para avaliação da Potência Aeróbia em atletas com deficiência física. A pesquisa limitou-se a terminologias na língua inglesa e foram considerados estudos realizados de 1980 até 2011. Após a primeira seleção dos estudos, todos foram analisados mais detalhadamente, ou seja, foi gerada uma lista de referência onde foram incluídos 86 manuscritos com potencial de corresponderem ao objetivo do estudo. Como critério de inclusão na revisão, após a leitura do título e dos resumos, os estudos deveriam apresentar as seguintes características: a) proposta original de metodologia para análise da Potência Aeróbia em atletas com deficiência física, b) a amostra deveria conter atletas com tetraplegia, c) os testes realizados apresentassem mensuração do VO₂ máximo ou pico e, d) clareza na descrição da amostra, procedimentos e resultados.

Após análise minuciosa dos manuscritos considerando os fatores de inclusão, foram selecionados 10 artigos, todos de autoria internacional (figura 1). Porém, 1 (um) artigo não foi

¹ Página para acesso: <http://www.hub.sciverse.com/action/home>

encontrado na íntegra, o que impossibilitou a descrição e apresentação do resultado encontrado pelos autores.

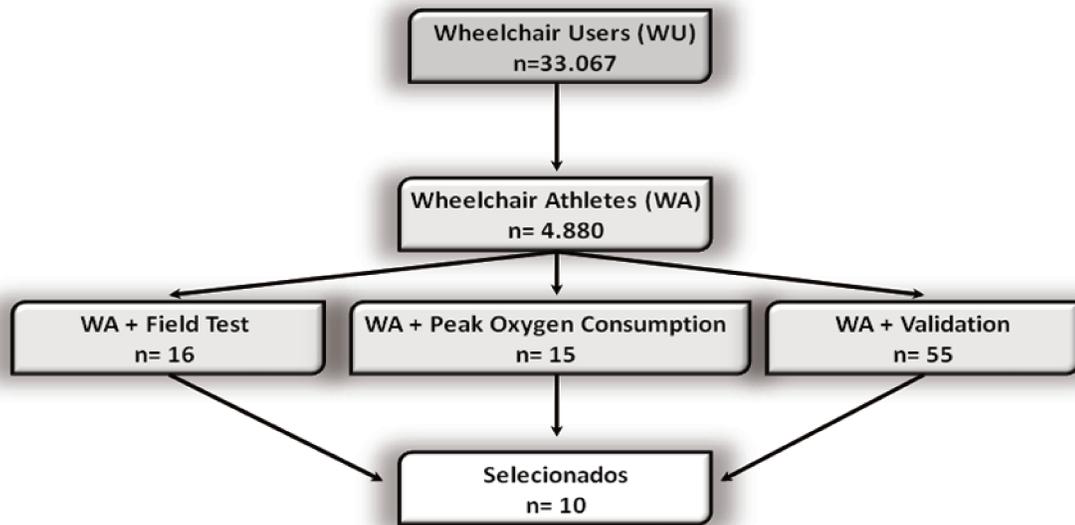


Figura 1 - Ilustração dos resultados obtidos através das combinações terminológicas e buscas no banco de dados SCIVERSE.

E para o desenvolvimento do estudo, cada artigo foi detalhado com a descrição do autor e ano da produção do material, amostra utilizada no estudo e o número de participantes de acordo com a deficiência, a metodologia adotada tanto nos testes de campo, procedimento laboratorial adotado e os principais resultados obtidos, como a equação de predição para mensuração do $VO_{2\text{pico}}$ e os níveis de correlação entre as medições diretas e indiretas.

2.3 - Resultados

Segundo Vanlandewijck et al. (1999), o primeiro estudo para a predição do condicionamento aeróbio de usuários de cadeira de rodas em teste de campo foi proposto por Rhodes et al. (1981) e anos mais tarde, Franklin et al. (1990) passa a fomentar essa área de interesse que vem emergindo no campo da performance paradesportiva.

Rhodes et al. (1981) e Franklin et al. (1990) validaram o protocolo adaptado do teste de corrida 12 minutos para usuários de cadeira de rodas, proposto inicialmente por Cooper (1968)

em pista de 400m em superfície de tartan. Como adaptação ao teste original, os autores propuseram um percurso retangular no qual, o atleta deveria realizar a maior distância possível em 12 minutos. Em ambos os estudos, após correlação entre a distância percorrida e o $VO_{2\text{pico}}$ mensurado em protocolo laboratorial realizado no ergômetro de braço, forneceram indícios de que o referido teste de campo apresenta boa estimativa do $VO_{2\text{pico}}$ em usuários de cadeira de rodas, $r^2=0,77$ e $r=0,84$, respectivamente. Além da distância percorrida, Rhodes et al. (1981) utilizaram a correlação de outras variáveis independentes como pressão arterial, frequência cardíaca e características antropométricas dos sujeitos com a variável dependente $VO_{2\text{pico}}$ para aumento da predição na equação de regressão, enquanto que Franklin et al. (1990), utilizou apenas a distância percorrida. Como limitação metodológica, os estudos não consideraram a resistência do material e utilizaram cadeiras de rodas padronizadas, o que pode ter gerado informações que comprometem os resultados visto que, a resistência do material frente à superfície utilizada assim como o não reconhecimento prévio do material, impossibilitam a análise da distância real que poderia vir a ser percorrida pelo atleta, levando ao comprometimento das informações do nível de $VO_{2\text{pico}}$. Entretanto, a vantagem da utilização desse teste é da possibilidade de se avaliar vários atletas ao mesmo tempo, é de fácil realização e baixo custo. Em contrapartida, as desvantagens são que como o teste é máximo durante 12 minutos, a falta de motivação e a incapacidade de manter o ritmo constante podem comprometer os resultados desejados, além do teste ser contínuo e não representa similaridade aos esforços realizados durante o jogo.

Vinet et al. (1996) realizaram a adaptação do Leger and Boucher Test (ALBT) para indivíduos usuários de cadeira de rodas e correlacionaram as variáveis duração do teste, $\%FC_{\text{máx}}$ e $VO_{2\text{pico}}$ com resultados obtidos no teste de esteira para cadeira de rodas. O ALBT foi conduzido em uma pista de tartan de 400m demarcado a cada 50 metros com cone, no qual, o atleta deveria percorrer o percurso de acordo com a velocidade pré-estabelecida pelo áudio, sendo a velocidade inicial de 4km/h com incremento de 1km/h a cada minuto, até exaustão. As variáveis analisadas e correlacionadas ao final dos testes, duração do teste, $\%FC_{\text{máx}}$ e $VO_{2\text{pico}}$, confirmaram o ALBT como teste válido para mensuração dos níveis de $VO_{2\text{pico}}$ em atletas usuários em cadeira de rodas ($r=0,65$). Porém, quando comparou os resultados obtidos com os resultados da equação pré-estabelecida por Leger e Boucher (1980) para indivíduos sem deficiência, não apresentou validade, confirmando assim, a necessidade de equações específicas

para indivíduos com deficiência física. O estudo apresentou limitação metodológica não pelo pequeno número da amostra de 9 atletas paraplégicos ($28,9 \pm 4,2$ anos), mas sim por não categorizar o tipo de lesão, ou seja, se a paraplegia é espástica ou flácida, ou seja, se apresentam ou não tônus muscular, assim como o nível da lesão, devido a existência considerada significativa dos parâmetros fisiológicos, metabólicos e neuromusculares entre atletas com lesão acima e abaixo de primeira vértebra lombar (L1). Na sequência, Poulain et al. (1999) analisaram a reprodutibilidade do ALBT para sujeitos usuários de cadeira de rodas. Foram selecionados 8 atletas do sexo masculino com paraplegia ($30,8 \pm 5,1$ anos). Todos os sujeitos realizaram três vezes o teste, cujo protocolo foi semelhante ao utilizado por Vinet et al. (1996). Ao final do teste foram coletados e analisados os valores referentes à temperatura do ambiente (TA), velocidade máxima ($V_{\text{máx}}$) do último estágio e o valor da frequência cardíaca máxima ($FC_{\text{máx}}$) atingida durante o minuto final do teste. A conclusão do estudo foi de que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as diferenças das médias das variáveis de TA, $FC_{\text{máx}}$ e $V_{\text{máx}}$. Sendo assim, o teste apresentou boa reprodutibilidade. Pela sequência cronológica, Vinet et al. (2002) propuseram a validação da equação para predição do $VO_{2\text{pico}}$ em atletas usuários de cadeira de rodas, através do ALBT. Foram recrutados 56 usuários de cadeira de rodas de ambos os sexos, sendo 36 paraplégicos, 5 amputados e 12 indivíduos com sequela de poliomielite. Como primeira limitação do estudo, os atletas não foram detalhados em relação ao tipo e nível de lesão dos paraplégicos e nem ao nível de amputação dos atletas que participaram do estudo. Por outro lado, os atletas foram divididos em 2 grupos, o primeiro com a proposta de elaboração de equação de regressão e o segundo grupo para análise da validade externa da equação, além disso, os atletas receberam um coeficiente de acordo com o nível de lesão. Paraplégicos foram atribuídos o coeficiente de 1, enquanto que amputados e sequelados de Poliomielite, receberam o coeficiente de 0, valores que foram inseridos como variável dependente na equação para mensuração do $VO_{2\text{pico}}$. As variáveis independentes coletadas durante o teste foram: distância percorrida, velocidade máxima atingida do último minuto e o número de propulsões. Essas variáveis foram analisadas e contribuíram para a elaboração da equação de predição do $VO_{2\text{pico}}$ ($r^2=0,81$). O diferencial metodológico e científico desse estudo foi a utilização da variável resistência da cadeira, proposto inicialmente por Vinet et al. (1998), como componente capaz de influenciar o desempenho do participante e que deve ser analisado cuidadosamente em testes que são utilizadas cadeiras de rodas.

Vanderthommen et al. (2002) desenvolveram o teste de campo incremental progressivo em percurso octagonal em quadra de madeira com a finalidade de mensurar o consumo máximo de oxigênio de atletas com diferentes deficiências física. O teste consistiu no atleta realizar o percurso octagonal, sendo quatro lados de 11 metros e quatro lados com 2,83 metros com a velocidade pré-determinada pelo sinal sonoro proposto no teste convencional de Leger, Boucher (1980). Das variáveis coletadas no estudo, o estágio em que o atleta interrompeu o teste teve maior correlação com o $VO_{2\text{pico}}$ ($r^2=0,59$). Sendo assim, os autores propuseram a equação para predição do $VO_{2\text{pico}}$ considerando apenas o estágio alcançado durante o teste. Entretanto, vale ressaltar que o estágio no teste possui incremento na velocidade, sendo assim, cada estágio tem aumento do número de beeps, (no mínimo 6 beeps e no máximo 18 beeps). Sendo assim, o autor poderia ter verificado a distância percorrida como um parâmetro primordial, visto que, ele é mais fidedigno do que apenas o estágio alcançado. Além disso, a amostra foi composta por um grupo heterogêneo (n=2 tetraplégicos, n=26 paraplégicos, n=5 sequelados de poliomielite e n=4 amputados) o que pode ter comprometido os resultados do teste, visto que, apesar do atleta com tetraplegia pudesse ter deslocado maior distância em relação ao atleta amputado, possivelmente seus parâmetros metabólicos e fisiológicos poderiam ter respostas inferiores aos sujeitos amputados devido ao comprometimento do sistema nervoso autonômico simpático.

Laskin et al. (2004) propuseram a validação de dois testes de campo contínuos com esforço submáximos para mensuração do $VO_{2\text{pico}}$ em atletas com deficiência física. O teste 1 consistia no atleta percorrer a quadra de basquete com velocidade de 60 propulsões por minuto e o teste 2, percorrer com velocidade de 80 propulsões por minuto, ambos os testes tiveram duração de 5 minutos. Comparados ao ergômetro de braço, o teste 1 e o teste 2 apresentaram boa correlação para mensuração do $VO_{2\text{pico}}$, $r^2=0,73$ e $r^2=0,74$, respectivamente. O mesmo foi observado em relação à comparação entre os testes ($r=0,87$). No entanto, o teste 2 apresentou maior reprodutibilidade nas variáveis de frequência cardíaca, percepção subjetiva de esforço e distância percorrida, concluindo que, apesar do teste 2 apresentar maior reprodutibilidade, ambos os testes são confiáveis para mensuração do $VO_{2\text{pico}}$ em atletas usuários de cadeira de rodas. Por outro lado, os esforços em modalidades coletivas em cadeira de rodas, caracterizam-se como intermitentes, e o teste por ser contínuo, não representa similaridade aos esforços realizados em

eventos competitivos, situação verificada nos estudos de Rhodes et al. (1981) e Franklin et al. (1990).

Vanlandewijck et al. (2006) determinaram o impacto das variáveis ergonômicas (cadeira de rodas e seus respectivos usuários) e ambientais (superfície do teste) no teste de campo Shuttle Run 25m para otimizar a previsibilidade do $VO_{2\text{pico}}$. Foram selecionados 11 sujeitos do sexo masculino, sendo 07 paraplégicos, 01 paralisado cerebral e 03 indivíduos sem deficiência ($31 \pm 6,62$ anos). Como limitação metodológica, foi observado a inclusão de atletas sem deficiência no estudo e não relataram o nível de treinabilidade em cadeira de rodas desses sujeitos, bem como, não foi caracterizado o nível e o tipo de paraplegia dos atletas. Entretanto, todos os sujeitos realizaram o teste três vezes. O teste foi adaptado de Leger e Lambert (1982) – Shuttle Run 25m que consistia dos indivíduos realizarem a corrida de vai-e-vem entre os cones distados a 25m um do outro com a velocidade pré-estabelecida pelo áudio. Das três etapas, no primeiro momento os sujeitos realizam o teste em condições normais em pista de tartan, PVC e concreto. No segundo momento, foi induzido o aumento da resistência mecânica (menor calibragem dos pneus) em superfície macia e linóleo e no terceiro momento, utilizou-se a superfície macia e linóleo, porém com capacidade de giro reduzida. Concluiu-se que, o $VO_{2\text{pico}}$ foi semelhante nos três momentos, porém, a resistência mecânica, proposta por Vinet et al. (1998), e a capacidade de giro atuaram de forma significativa para diminuição da performance no teste, principalmente na variável tempo de duração do teste. A partir disso, os autores utilizaram essas variáveis dependentes para o cálculo de regressão linear para predição do $VO_{2\text{pico}}$ ($r=0.64$). Mesmo considerando as informações ergonômicas e ambientais, percebe-se uma correlação regular na predição do $VO_{2\text{pico}}$, podendo ser justificado pelas características heterogênicas e o número ($n=11$) da amostra.

Goosey-Tolfrey, Tolfrey (2008) analisaram a validade e reprodutibilidade do teste incremental contínuo para usuários de cadeira de rodas a partir do protocolo proposto inicialmente por Brewer, Ramsbottom, Williams (1988) para indivíduos sem deficiência. O teste tinha por finalidade, mensurar a capacidade aeróbia dos indivíduos através da corrida de vai e vem em um percurso de 20m de acordo com a velocidade pré-estabelecida pelo sinal sonoro. Foram selecionados 24 sujeitos do sexo masculino usuários de cadeira de rodas altamente treinados, porém, os sujeitos não foram descritos em relação aos tipos de deficiência física que compuseram a amostra. Inicialmente, realizaram o teste laboratorial de esforço máximo através

do ergômetro de cadeira de rodas para mensuração do $VO_{2\text{pico}}$ e $FC_{\text{máx}}$. Em seguida, todos os sujeitos foram submetidos ao teste e re-teste de campo. Foi observado que o teste de campo não apresentou validade em relação à mensuração da capacidade aeróbia ($VO_{2\text{pico}}$) em atletas usuários de cadeira de rodas, porém, apresentou reprodutibilidade nas variáveis de $FC_{\text{máx}}$ e distância percorrida. Os resultados observados podem, a nosso ver, estarem condicionados além da possibilidade do tipo de esforço realizado em cadeira de rodas como frenagem e aceleração durante o teste, o qual pode vir a descaracterizar a proposta metodológica original de apenas observar incremento da velocidade sem diminuição do ritmo de corrida ou propulsão, como também os sujeitos selecionados para a amostra do estudo que não foram caracterizados de forma clara.

No quadro 2 são resumidos os estudos encontrados relacionados à validação de testes de campo em atletas com deficiência física nos estudos aqui apresentados para melhor visualização da amostra, protocolo utilizado e os principais resultados obtidos.

Quadro 2 – Estudos de validação de testes de campo para análise da Potência Aeróbia em atletas com deficiência física

Autor/Ano	Amostra	Método	Resultado	R
Franklin et al. (1990)	N=30 usuários de cadeira de rodas do sexo masculino. n=25 paraplégicos, n=2 seqüela de pólio, n=3 amputados	Correlação do teste laboratorial de ergômetro de braço com o teste de campo contínuo – Corrida 12 minutos adaptado	$D(\text{milhas}) = 0,37 + 0,0337 \cdot \text{VO}_{2\text{máx}}$ (ml.kg.min)	r=0,84
Vinet et al. (1996)	n = 9 paraplégicos do sexo masculino	Correlação do teste laboratorial de esteira de cadeira de rodas com o teste de campo incremental progressivo – ALBT	As variáveis analisadas duração do teste, %FC _{máx} e VO _{2máx} apresentaram boa correlação entre os testes.	r=0,65
Vanlandewijck et al. (1999)	n=46 atletas do sexo masculino. n=5 mielomelíngonose, n=5 Paralisia cerebral, n=13 Lesão medular, n=4 poliomielite, n=12 amputados.	Correlação do teste laboratorial de ergômetro de braço com o teste de campo de intensidade incremental progressivo – Shuttle Run 25m	O teste apresenta boa reprodutibilidade, porém não reflete valores reais de Potência Aeróbia	r=0,67
Poulain et al. (1999)	n=8 atletas com paraplegia do sexo masculino	Teste de campo com intensidade incremental progressivo – ALBT	Boa reprodutibilidade nas variáveis de TA, FC _{máx} e V _{máx}	-
Vanderthommen et al. (2002)	n= 37, sendo 2 mulheres e 35 homens usuários de cadeira de rodas treinados. Tetraplégicos (n=2), Paraplégicos (n= 26), Sequela de poliomielite (n=5), Amputados (n=4)	Teste de campo com intensidade incremental progressivo – Octagon Multistage Test (OMST)	$\text{VO}_{2\text{pico}} = 18,03 + 0,78 \cdot \text{score}$	r ² =0,59
Vinet et al. (2002)	n=56 atletas usuários de cadeira de rodas de ambos os sexos. Paraplégicos (n=39), Amputados (n=5) e Sequela de poliomielite (n=12)	Teste de campo com intensidade incremental progressivo – ALBT	$\text{VO}_{2\text{pico}} = 0,22 \cdot \text{Va}_{\text{máx}} - 0,63 \log_{10} \text{idade} + 0,05 \cdot \text{IMC} - 0,25(\text{nível}) - 0,52$	r ² =0,81

Autor/ano	Amostra	Método	Resultado	r
Laskin et al. (2004)	n= 24 atletas usuários de cadeira de rodas. Paraplégicos, amputados, má formação congênita e paralisia cerebral.	Testes sub-máximos contínuos (Teste1 = 60 propulsões por minuto, Teste 2 = 80 propulsões por minuto)	60prop/min.: VO_{2pico} (L/min) = $0,74 + 0,31(\text{classificação}) + 0,003(m) - 0,15(PSE)$ 80prop/min.: $(VO_{2pico}$ (L/min) = $1,50 + 0,0029(m) - 0,16(PSE) + 0,235(\text{classificação})$	$60\text{prop}/mi$ n ($r^2=0,73$) $80\text{prop}/mi$ n ($r^2=0,74$)
Vanlandewijck et al. (2006)	n=11 atletas do sexo masculino, sendo: n=07 paraplégicos, n=01 paralisado cerebral e n=03 sem deficiência	Teste de campo intensidade incremental progressivo – Shuttle Run 25m	$VO_{2pico} = 0,67 + 0,023 SR(s) - 39,48 MR(m/s^2) + 5,11 TC(s)$	$r = 0,64$
Gossey-Tolfrey et al. (2008)	n = 24 atletas do sexo masculino, praticantes de basquete em cadeira de rodas - altamente treinados	Teste de campo com intensidade incremental progressivo – Shuttle Run 20m comparado ao Teste no Ergômetro de Cadeira de Rodas	A $FC_{máx}$ e Distância percorrida entre o teste e re-teste foram reprodutíveis, porém o teste não mensura a Potência Aeróbia real	-

2.4 - Conclusão

A avaliação da Potência Aeróbia através do VO_{2pico} em atletas usuários de cadeira de rodas, principalmente com tetraplegia, torna-se indispensável, visto que, é um dos indicadores de limite máximo de tolerância ao exercício aeróbio, além de fornecer subsídios para prescrição e controle dos treinamentos frente a intensidade de esforço exigida durante as sessões de treinamento e jogos oficiais.

Com o desenvolvimento desse estudo, pode-se concluir que, a utilização desses recursos tem sido uma importante área de interesse no campo da performance paradesportiva porém, ainda apresentam restrições em decorrência das deficiências, na dificuldade de conseguir amostras homogêneas, no qual atletas com tetraplegia são comparados a atletas com amputação de membro inferior ou com atletas sem deficiência, o que pode vir comprometer os resultados devido aos comprometimentos tanto do controle motor como do sistema nervoso autonômico

simpático observado geralmente em atletas tetraplégicos. Outra restrição está relacionada a dificuldade de obter grupos amostrais em números considerados suficientes para realizações de procedimentos estatísticos. Os estudos de forma geral não caracterizam de forma pertinente os atletas envolvidos na amostra em relação ao tipo (flácida ou espástica) e nível (cervical, acima ou abaixo de L1) de lesão da medula espinhal, ao nível de amputação, ao grau de comprometimento motor em paralisados cerebrais, não apresentam detalhadamente o material utilizado nos protocolos realizados, ou seja, se são cadeiras de passeio (cadeira do dia-a-dia) ou cadeiras oficiais das respectivas modalidades praticadas pelos atletas com deficiência física (Rugby, Basquete, Atletismo) como também, são exploradas diferentes variáveis que dificultam a comparação entre os estudos. Fatores esses que, associados, contribuíram para que a maioria dos testes de campo apresentassem correlações de baixas a moderadas e assim, impossibilitando de chegar a um consenso no protocolo ideal e quais variáveis de fato interferem no processo avaliativo da Potência Aeróbia.

Apesar da evolução dos processos de avaliação no âmbito paradesportivo, mais estudos devem ser estimulados para que protocolos de campo tornem-se mais fidedignos e adequados para essa população. Dessa forma os técnicos poderão realizar o processo de avaliação com mais facilidade e de forma rápida e consistente.

CAPÍTULO 3 – COMPARAÇÃO ENTRE O OCTAGON MULTISTAGE FITNESS TEST E O ERGÔMETRO DE BRAÇO PARA MENSURAÇÃO DA POTÊNCIA AERÓBIA EM ATLETAS COM TETRAPLEGIA

3.1 – Introdução

O condicionamento aeróbio é fator limitante de desempenho nas competições esportivas em modalidades individuais ou coletivas paralímpicas que apresentam esforços intermitentes.

Atletas com tetraplegia são elegíveis para a prática das principais modalidades paralímpicas como o Rugby em cadeira de rodas, Basquete em cadeira de rodas, Atletismo e Natação (IPC, 2012), entretanto apresentam baixo condicionamento cardiorrespiratório o que compromete o rendimento atlético devido ao surgimento da instalação da fadiga precoce. Tais fatores estão associados à disfunção do sistema nervoso simpático (SNS) (VALENTE et al., 2007), atrofia do ventrículo esquerdo e menor eficiência na contração cardíaca (GARSTANG, MILLER-SMITH; 2007; PHILLIPS et al., 1998), menor capacidade de mobilização dos ácidos graxos para utilização como fonte de energia (TANHOFFER, 2012; BAUMAN, 2001) e menor capacidade pulmonar devido ao comprometimento das inervações da musculaturas respiratórias responsáveis no processo de inspiração e expiração (ARES, CRISTANTE, 2007; FRONTERA, 2006; SITTA, WERNECK, MANETTA, 2001), sendo a magnitude dessas disfunções fisiológicas e alterações metabólicas, estritamente relacionada ao tipo e nível da lesão (VALENTE et al., 2007).

O TA segundo Valente et al. (2007) e Hopman (1996) atua de forma satisfatória para minimizar o impacto da tetraplegia sobre os níveis de condicionamento aeróbio, tanto na CA que está relacionada aos componentes centrais, quanto na Potência Aeróbia que está relacionada aos componentes periféricos. Valent et al. (2007) observaram a melhora dos níveis de $VO_{2\text{pico}}$ de aproximadamente $17,6 \pm 11,2\%$ em 14 estudos que realizaram a intervenção com o TA em atletas com tetraplegia. Enquanto que Hopman et al. (1996) observaram que o grupo de tetraplégicos treinados apresentaram níveis $VO_{2\text{pico}}$ maiores do que o grupo de tetraplégicos sedentário. E

segundo Vanlandewicjk, Thompson (2011) a melhora dos componentes aeróbios estão mais ligados aos aspectos periféricos do que centrais.

Sendo assim, a Potência Aeróbia torna-se um dos principais marcadores para análise do sistema cardiorrespiratório através dos níveis de $VO_{2\text{pico}}$, o qual tem sido amplamente explorada no campo da performance paradesportiva (LEICHT, BISHOP, GOSSEY-TOLFREY, 2011; BERNARDI et al., 2010; MOLIK et al., 2010). Os principais instrumentos para a mensuração da Potência Aeróbia em atletas com tetraplegia são o ergômetro de braço (LEWIS et al., 2007; GOOSEY-TOLFREY et al., 2006), ergômetro de cadeira de rodas (JANSSEN et al., 2002; DALLMEIJER et al., 1996) e esteira para cadeira de rodas (SCHRIEKS et al., 2011; JANSSEN et al., 2001) e os testes de campo (GOSSEY-TOLFREY et al., 2008; VANDERTHOMENN et al., 2002; FRANKLIN et al., 1990).

Os testes de campo surgem como metodologias de baixo custo, com maior facilidade de execução além de ser mais próximos a realidade em relação ao padrão de movimento e ambiente de jogo vivenciadas pelos atletas, tornando-se a preferência de uso por treinadores. A validação dos testes de campo na mensuração de $VO_{2\text{pico}}$ a partir de instrumentos “padrão ouro” foram observados nos estudos de Franklin et al. (1990) o qual apresentaram correlação de $r=0.84$ no teste de corrida contínua quando comparados aos valores do EB, no estudo de Vinet et al. (1996) que correlacionaram o teste adaptado de Leger, Boucher (1980) com o ergômetro de cadeira de rodas ($r=0.65$), no de Vanlandewicjk et al. (1999) que correlacionaram os valores de $VO_{2\text{pico}}$ no ergômetro de braço com o teste de shuttle run 25m ($r=0.67$) e Gossey-Tolfrey et al. (2008) que correlacionaram os valores de $VO_{2\text{pico}}$ do EB com o teste shuttle run 20m. Com exceção do estudo de Franklin et al. (1990), os testes não apresentaram correlações confiáveis para a mensuração dos níveis de $VO_{2\text{pico}}$, porém o estudo foi realizado utilizando pista de tartan e não quadra específica da prática de modalidades como o Rugby e Basquete em cadeira de rodas. Vanderthomenn et al. (2002) realizaram o teste OMFT em quadra de madeira com a finalidade de estabelecer a equação de predição de $VO_{2\text{pico}}$ em atletas com deficiência física. O procedimento foi realizado em teste e re-teste através da utilização do analisador de gás portátil. A correlação foi de $r^2=0.59$, o que torna o teste não confiável para mensuração da Potência Aeróbia em atletas com diferentes deficiência física. Além disso, o autor utilizou na amostra atletas tetraplégicos, paraplégicos, amputados e sequelados de poliomielite (sem especificação do tipo e nível das deficiências), o que pode acarretar na superestimação dos níveis de Potência Aeróbia quando

utilizada a equação proposta, uma vez que, os atletas com tetraplegia apresentam disfunções fisiológicas e metabólicas, que diferem de atletas paraplégicos abaixo do nível T6, amputados e sequelados de poliomielite.

Portanto, o presente estudo teve como finalidade (a) mensurar os níveis de $VO_{2\text{pico}}$ em atletas com tetraplegia no OMFT através da equação pré-estabelecida por Vanderthomenn et al. (2002) (método indireto) e através do método direto utilizando o analisador de gás portátil, (b) correlacionar os valores de $VO_{2\text{pico}}$ do OMFT obtidos de forma direta e indireta com os resultados encontrados no ciclo-ergômetro de braço (EB) e, (c) verificar a aplicabilidade do protocolo do OMFT em atletas com tetraplegia na mensuração do $VO_{2\text{pico}}$.

3.2 - Metodologia

3.2.1 - Caracterização do Estudo

De acordo com Thomas, Nelson e Silverman (2012), este estudo caracteriza-se como pesquisa descritiva, de caráter correlacional e apresenta um delineamento transversal.

3.2.2 - Amostra

Para o desenvolvimento do estudo, a amostra foi composta por 8 atletas de elite do sexo masculino de rugby em cadeira de rodas da equipe UNICAMP/ADEACAMP com tetraplegia (n=4 com lesões incompletas e n=4 com lesões completas). Atualmente, o Brasil possui aproximadamente 80 atletas praticantes de Rugby em cadeira de rodas com tetraplegia cadastrados na Associação Brasileira de Rugby em Cadeira de Rodas (ABRC), sendo assim a amostra deste estudo foi de 10% do total de praticantes da respectiva modalidade.

Como critério de inclusão para a participação do estudo os atletas deveriam estar frequentando regularmente os treinamentos de Rugby em cadeira de rodas com volume de treino de aproximadamente 8 horas semanais, ou seja, classificados como frequentes na escala de atividade física (WASHBURN et. al. 2002), ser praticante da modalidade a pelo menos um ano com experiência de no mínimo uma competição a nível nacional e não apresentassem contraindicação para o teste de esforço máximo, diagnosticado através do exame clínico de

eletromiografia em repouso. Em contrapartida, os atletas que relatassem diagnóstico de alguma patologia cardiovascular recente, enfermidade (por exemplo: úlceras de pressão e infecções urinárias) ou alterações hemodinâmicas em repouso que compromettesse o desempenho no início do teste, seriam excluídos do estudo. O presente estudo foi submetido ao comitê de ética da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas e após aprovação sob o protocolo número 878/2010, os sujeitos foram orientados em relação aos procedimentos a serem realizados e todos os atletas assinaram o termo de consentimento. As principais características antropométricas, de classificação funcional, nível e tempo de lesão e de prática paradesportiva estão descritas na tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização da amostra do estudo

Sujeitos	CF	Idade (anos)	NL	MC (Kg)	MS (Kg)	EST (m)	IMC (Kg/m ²)	TL (anos)	TP (anos)
1	0,5	26	C6 ^c	66,4	84,1	1,74	21,9	7	4
2	2,5	26	C6/C7 ⁱ	59,3	75,5	1,59	23,4	5	4
3	2,5	42	C5/C6 ⁱ	69,5	87,5	1,81	21,2	10	2
4	1,5	35	C5/C6 ⁱ	63,2	80,2	1,76	20,4	8,5	5
5	0,5	38	C5 ^c	68,8	87,8	1,73	22,9	15	5
6	2,5	33	C6 ^c	62,7	78,4	1,7	27,1	10	4
7	3	38	C5/C6 ^c	78	96	1,65	35,2	14	4
8	2	25	C5/C6 ⁱ	82,5	98	1,87	28,0	3	2
Média (dp)	-	32,8(6,5)	-	68,8(7,9)	85,9(8)	1,73(0,09)	23(2,5)	9(4,1)	3,7(1,1)

Legenda: ^c - lesão completa; ⁱ - lesão incompleta; (dp) – desvio padrão; CF – classificação funcional; NL – nível de lesão; MC – Massa Corporal; MS – Massa do Sistema (MC + massa da cadeira de rodas); EST – estatura; IMC – índice de massa corporal; TL – tempo de lesão; TP – tempo de prática.

3.2.3 – Procedimentos

A proposta do estudo foi de correlacionar os resultados de Potência Aeróbia através da mensuração do VO_{2pico} obtidos durante o teste de campo e laboratorial em atletas tetraplégicos. Sendo assim, após assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido, os atletas foram submetidos à avaliação antropométrica para mensuração da Massa Corporal (MC) através da utilização da balança 2180[®] (Toledo, Brasil) com precisão de 0,1 Kg e da estatura em posição supinada através do estadiômetro de madeira com precisão em centímetros. Foi mensurada a massa da cadeira de rodas de cada sujeito (MCR), a qual somada a MC do atleta

gerava o valor da massa do sistema (MS). A avaliação da MS foi realizada anteriormente ao teste de campo OMFT e ao teste no ciclo ergômetro de braço (EB) para maior controle das variáveis que poderiam interferir na resposta cardiorrespiratória frente aos testes a serem realizados. Paralelamente, foi realizada a calibração dos pneus das cadeiras de rodas esportivas oficiais para a prática da modalidade utilizadas pelos atletas (rotineiramente) no valor de 110 PSI (pressão interna dos pneus em libras). O valor de 110 PSI foi utilizado devido à tolerância máxima de PSI indicada pelo fabricante e por ser a calibragem normalmente utilizada pelos atletas durante os treinos e jogos. Em seguida, os atletas foram orientados em relação aos procedimentos básicos para a realização do teste incremental OMFT, como a manutenção do ritmo de frequência na propulsão da cadeira de rodas e o cadenciamento na realização da inspiração e expiração durante o teste, para facilitar a leitura dos dados fornecidos pelo analisador de gás como também evitar a hiperventilação em intensidades baixas a moderadas. Após 72 horas, os atletas realizaram o teste de esforço máximo incremental no EB em ambiente controlado. Em ambos os protocolos (OMFT e EB) os atletas foram monitorados em relação às variáveis de Frequência Cardíaca (FC) através do freqüencímetro cardíaco da marca POLAR[®], do comportamento do Consumo de oxigênio (VO₂) frente à intensidade do exercício com o analisador de gás portátil K4b²[®] system (Cosmed, Italy), da percepção subjetiva de esforço (PSE) através da escala de esforço (Foster, 2001) e dos níveis de concentração de lactato ([Lac]) antes da realização do teste, imediatamente pós-teste e mais 5 coletas a cada 2 minutos. A [Lac] foi realizada através da coleta de gota de sangue do lóbulo da orelha direita com o uso do lactímetro portátil Roche modelo Accutrend[®] Plus.

Antes do início dos protocolos de OMFT e do EB os atletas foram orientados a permanecerem em repouso absoluto durante 10 minutos e logo em seguida, foi aferida a Pressão Arterial Sistêmica (PA) através do método auscultatório com esfigmomanômetro aneróide com precisão em milímetros de mercúrio (mmHg) para diagnosticar se os atletas apresentavam contraindicação para a realização dos mesmos. Foram mensurados em repouso também antes do desenvolvimento dos testes OMFT e EB, os valores referentes à FC, VO₂ e [Lac].

3.2.3.1 – Teste de Campo (OMFT)

O OMFT é caracterizado como um teste com intensidade incremental, cuja velocidade é pré-estabelecida por sinal sonoro (beep) e exige do atleta a exaustão voluntária. O

percurso do teste de campo (OMFT) foi proposto por Vanderthommen et. al. (2002) enquanto que o sinal sonoro (beep) utilizado para o aumento progressivo da intensidade do teste foi descrito por Leger e Boucher (1980). Após contagem regressiva de 5 segundos, o teste foi iniciado com o beep e o atleta deveria manter a velocidade suficiente para que a cada beep, ele estivesse dentro da área de transição (4 beeps por volta). O percurso exige um espaço de 15m x 15m (Figura 2), sendo que, a cada dois metros dos ângulos do quadrado foram realizados “quebras” no percurso formando aparentemente um octógono com quatro lados de 11 metros e quatro lados com 2,83 metros.

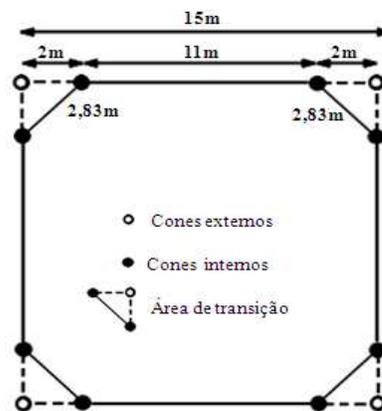


Figura 2 – Percurso do teste OMFT proposto por Vanderthommenn et al (2002).

A velocidade inicial da cadeira de rodas a ser propulsionada de acordo com o beep era de 6 km/h com incrementos de 0,37 km/h por estágio. Cada estágio teve duração de um minuto. A finalização do teste se deu no momento em que o atleta foi incapaz de chegar ou passar pela zona de transição por três vezes consecutivas.

No teste OMFT os valores de VO_{2pico} foram mensurados de forma direta e indireta. A medição direta (VO_{2pico_TCd}) correspondeu aos resultados registrados pelo analisador de gás portátil K4b^{2®} system (Cosmed, Italy), enquanto que a mensuração indireta (VO_{2pico_TCi}) correspondeu aos resultados gerados pela equação de predição pré-estabelecida por Vanderthommenn et al. (2002), cuja equação é: $VO_{2pico} (ml/kg/min) = 18,03 + 0,78*(estágio)$. Os valores referentes ao estágio alcançado, PSE e distância percorrida (D) foram realizados através da ficha de anotação elaborada para cada atleta.

3.2.3.2 – Ciclo Ergômetro de Braço (EB)

Após 72 horas, os mesmos sujeitos foram submetidos ao teste de esforço cardiorrespiratório incremental máximo no ciclo ergômetro de braço M4100 (Cefise, Brasil) para avaliação da Potência Aeróbia ($VO_{2\text{pico}}$). Para o início do teste, os avaliadores posicionaram o atleta no EB de maneira com que o atleta permanecesse com o eixo do pedal na mesma altura da linha dos ombros, em relação à distância ideal entre o atleta e o ergômetro é a distância que permite uma leve flexão de cotovelo no ponto mais longínquo do movimento da manivela (FRANKLIN et al., 1990; MORGULEC et al., 2005; MORGULEC-ADAMOWICZ, 2011). Para que os resultados e as características da propulsão durante o jogo pudessem ser similares no EB, foram realizadas algumas adaptações. Devido à falta de controle de tronco apresentada pelos participantes do estudo, todos os sujeitos utilizaram faixa elástica para melhor estabilização do tronco no encosto da cadeira do EB. Outra adaptação realizada é em relação à posição da mão para segurar o pedal, devido ao fato de os atletas tetraplégicos não apresentarem suficiente funcionalidade motora nas mãos para realizar a preensão manual exigida na posição pronada, sendo assim, optou-se por, além da utilização de faixas elásticas ou esparadrapos para melhor fixação e aderência na realização do teste, que o posicionamento em relação ao pedal fosse realizado na posição neutra (Figura 3) de acordo com o procedimento proposto por Bressel et al. (2001). Segundo os mesmo autores, a posição neutra possibilita ao atleta maior similaridade no movimento de propulsão realizado em jogo e tem maior atuação do músculo braquioradial para o movimento de flexão de cotovelo, principalmente em atletas tetraplégicos que não apresentam o músculo tríceps ativo ou totalmente funcional.

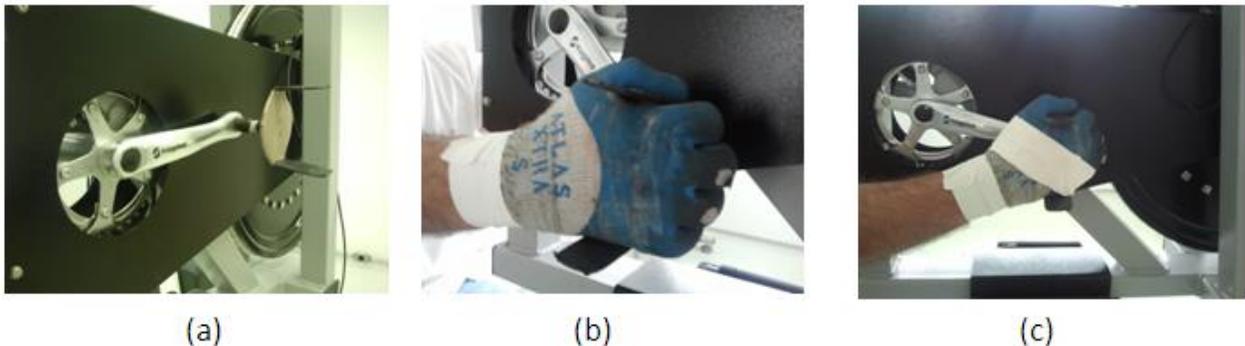


Figura 3 – (a) Adaptação para o posicionamento da posição neutra, (b) posição da mão do EB, (c) adaptação realizada para o fixamento das mãos dos atletas no pedal do EB.

Realizadas tais adaptações, os atletas eram orientados a permanecer em repouso durante 10 minutos para a coleta das variáveis de FC, PSE, [Lac] e PA em repouso. Logo em seguida o teste era iniciado com um aquecimento prévio com duração de 2 minutos com carga de 2,5W (50g) na velocidade de 50-60rpm. Após o aquecimento, a carga era aumentada de 5W (para atletas com CF igual ou abaixo de 1.5) e de 10W (para atletas com CF igual ou maior de 2.0) a cada minuto enquanto que a velocidade deveria permanecer constante. A divisão das CF para o incremento de carga justifica-se pelo fato dos atletas de menor CF (abaixo de 1.5) não apresentarem o tríceps totalmente ou parcialmente funcional. O teste tinha por finalidade levar o atleta até a exaustão voluntária no período de 8 a 12 minutos, que segundo Davis (2009) é o tempo ideal para mensuração da Potência Aeróbia. Sendo assim, o atleta que atingisse o oitavo minuto sem apresentar sintomas de fadiga ou valores de PSE relativamente baixos, o incremento da carga passava a ser realizado com ajustes de 50% a 100% da carga normal de incremento, induzido de modo subjetivo a fadiga antes de ultrapassar os 12 minutos do teste. O teste era finalizado quando o atleta não apresentava mais condições em manter a velocidade pré-estabelecida frente ao incremento de carga.

Para o controle da velocidade do teste e intensidade de esforço foi utilizado o software Ergometric 6.0 (Cefise) que era conectado ao sensor localizado na roda do EB enquanto que a PSE foi coletada a cada minuto. Os valores de $VO_{2\text{pico}}$ foram mensurados de forma direta ($VO_{2\text{pico_EB}}$) através do analisador de gás portátil K4b^{2®} system (Cosmed, Italy).

3.2.3.3 – Analisador de gás Portátil K4b²

O ergoespirômetro portátil K4b² é uma ferramenta bastante útil para avaliação de respostas cardiorrespiratórias frente ao estímulo pré-estabelecido. O teste de campo por si só, permite uma avaliação mais próxima à realidade esportiva e, quando realizado com a utilização da ergoespirometria portátil, contribui para obtenção de dados mais próximos a realidade dos atletas.

O analisador de gás utilizado nesse estudo é caracterizado como um sistema computadorizado de ergoespirometria portátil que realiza a análise do fluxo-volume de ar respiração-a-respiração através de um transmissor sem fios (wireless) e utiliza um programa (software) específico para o armazenamento dos dados.

O K4b² realiza a mensuração precisa de 30 variáveis fisiológicas durante o exercício em campo ou laboratório, sendo as principais delas: o Consumo de Oxigênio (VO₂) em valores relativos e absolutos, a Ventilação Pulmonar (VE), a Frequência Cardíaca (FC), a Frequência Respiratória (FR), o Equivalente Respiratório de Oxigênio (EqO₂) e de Dióxido de Carbono (EqCO₂), a razão de Troca Respiratória entre oxigênio e dióxido de carbono (O₂/CO₂) e a Pressão Parcial de oxigênio (PetO₂) e dióxido de carbono (PetCO₂) ao final da expiração, além da variável metabólica de cálculo da calorimetria indireta.

Duffield et al. (2004) desenvolveram um estudo para verificar a validade e a reprodutibilidade do K4b² em 20 homens hígidos em um protocolo de 10 minutos de corrida, 3 minutos de corrida mais intensa e 1 minuto de sprint em quatro ocasiões distintas e encontraram alta consistência e reprodutibilidade nos valores mensurados de VO₂. McLaughlin et al. (2001) investigaram a validação do K4b² correlacionando os valores obtidos em diferentes intensidades de esforço no ciclo ergômetro com o método “padrão ouro” de saco de Douglas, concluindo que o sistema portátil de análise de gás K4b² apresenta elevados níveis de aceitabilidade para mensuração do VO₂.

Para estabelecer os valores de VO_{2pico} em atletas tetraplégicos tanto no OMFT (na mensuração direta) como no EB e o valor de FC_{max} em ambos os testes foi adotado como critério utilizar o maior valor encontrado durante os 30 segundos finais do teste, visto que, antes das 3 tentativas consecutivas queimadas no OMFT o atleta tentava se recuperar e atingia a velocidade máxima e logo em seguida, a exaustão voluntária, enquanto que no ergômetro, a atleta era

encorajado a não desistir quando apresentava queda na manutenção da velocidade após aumento do incremento. Para análise dos valores encontrados, os relatórios foram gerados com padronização de médias entre 5 a 7 respirações.

3.2.4 - Procedimentos estatísticos

Para caracterização da amostra do grupo foi utilizado à estatística descritiva. As variáveis fisiológicas, metabólicas, antropométricas e dos resultados dos testes de campo e do ergômetro de braço foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Após verificação de normalidade, todas as variáveis foram correlacionadas aos valores de consumo pico de oxigênio obtido nos testes OMFT (direto e indiretamente) e no EB. Foi utilizado o teste de correlação de Spearman nas variáveis de distância percorrida (D) e nas concentrações de pico de lactato de campo ($[Lac]_{pico_TC}$) e laboratorial ($[Lac]_{pico_EB}$). Para as variáveis de $FC_{máx}$ e PSE obtidas tanto no teste OMFT como de EB, a CF, a MS, a idade e o estágio alcançado utilizou-se o teste de correlação de Pearson, devido a normalidade encontrada nas variáveis. Para a correlação entre os métodos diretos e indiretos de campo (OMFT) e o teste de EB na mensuração dos valores de VO_{2pico} foi utilizado o teste de correlação de Pearson. Os valores em relação ao intervalo de confiança (IC) e o limite de concordância (LIC95%) foram identificados entre as medições e para representar graficamente a concordância entre os métodos utilizou-se o teste de Bland-Altman. Todos os resultados foram apresentados em média e desvio padrão. O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$. As análises foram realizadas através do pacote estatístico R-plus[®] 2.13.

3.3 - Resultados

Tanto os parâmetros metabólicos e fisiológicos máximos (pico) de performance como os valores de repouso dessas variáveis obtidos tanto no OMFT como no EB estão descritas na tabela 2. Os resultados estão apresentados em média (desvio padrão), mínimo e máximo.

Tabelas 2 - Variáveis Fisiológicas e Metabólicas obtidas após o teste máximo no Ergômetro de Braço (EB) e teste de campo (OMFT).

Variáveis	EB			OMFT		
	m (dp)	Min	máx	m (dp)	min	máx
VO _{2rep} (ml/kg/min)	4,1(1,2)	2,7	5,4	3,9(1,3)	2,4	5,2
VO _{2pico} (ml/kg/min)	17,87(6,08)	12,3	30,8	21,99(5,26)*	16,4	33,4
VO _{2pico ind.} (ml/kg/min)	-	-	-	24,86(3,38)*	21,15	32,07
FC _{rep} (bpm)	62 (6,2)	56	67	64 (8,1)	58	70
FC _{máx} (bpm)	129,1 (24)	90	169	127,8 (26)	90	182
PSE	8,2 (1,03)	7	10	6,5 (2,2)	4	9
[Lac] _{rep} (mmol/L)	1,97 (0,72)	1	3	2,03 (0,82)	1	3
[Lac] _{pico} (mmol/L)	6,23 (1,96)	4,6	9,5	6,30 (2,91)	4,3	12,2
Estágio	-	-	-	8,75 (4,33)	4	18
D (m)	-	-	-	1013,6 (720,7)	968,1	2641,5

Legenda: EB – ergômetro de braço; OMFT – octagon multistage fitness test; med – média; dp – desvio padrão; min – mínimo; máx – máximo; VO_{2pico} – consumo pico de oxigênio; FC_{máx} – frequência cardíaca máxima; PSE – percepção subjetiva de esforço; [Lac] – concentração de lactato; D – distância percorrida.

* diferença significativa em relação ao VO_{2pico}_EB (p≥0,05)

A média do número de estágios completados no OMFT, a distância total percorrida (D) e tempo de duração na realização do teste foram de 8,75±4,33 estágios, 1013,6±720,7m e 8,7±3,9minutos, respectivamente. Já no EB, a média de tempo para a realização do teste foi de 9,4±1,92minutos. Através da equação proposta por Veeger et al. (1991) para atletas com deficiência física de: $FC_{máx} = 220 - idade - 10(\text{bpm})$, observou-se que os atletas apresentaram média de 127,8±26bpm no OMFT e de 129,1±24bpm no EB, valores aproximadamente de 70% a 73% da FC_{máx}. Porém, o valor em relação ao RER foi de 1.09±0.6 no OMFT e de 1,10±0,4 no EB, a [Lac] de 6,2±1,96mmol/L no EB e de 6,3±2,9mmol/L no OMFT, indicando que ambos os testes incrementais (OMFT e EB) exigem esforço máximo por parte dos atletas. O fato do %FC_{máx} não estarem representando os valores máximos ou próximos ao máximo, pode ser justificado devido a disfunção do SNA (predominância do sistema nervoso parassimpático, com consequente bradicardia) apresentados por atletas com tetraplegia.

A tabela 3 apresenta a correlação entre os principais parâmetros de performance coletados pós-teste. Os parâmetros foram correlacionados com os valores de VO_{2pico} obtidos de forma direta e indireta no OMFT e no EB. As variáveis estágio e FC_{máx}_TC apresentam fortes correlações ($r \geq 0,80$) e com significância estatística ($p \leq 0,05$) para as mensurações diretas e indiretas no OMFT, sugerindo a necessidade de controle das variáveis para a predição do VO_{2pico}

estimado, enquanto que, as variáveis D e $[Lac]_{pico_TC}$ apresentam fortes correlações ($r \geq 0,80$) e com significância estatística ($p \leq 0,05$) apenas para as mensurações indiretas no OMFT.

Tabela 3 - Correlação entre as variáveis antropométricas, fisiológicas e metabólicas com o consumo máximo de oxigênio obtido no teste de Ergômetro de Braço (EB) e no Teste de Campo (OMFT).

Variáveis	VO_{2pico_EB} (ml/kg/min)	VO_{2pico_TCi} (ml/kg/min)	VO_{2pico_TCd} (ml/kg/min)
CF	0,03	0,40	0,39
MS (Kg)	-0,59	-0,24	-0,50
Idade (anos)	-0,03	-0,02	-0,33
Estágio	0,58	1,00*	0,86*
D (m)	-0,04	0,97*	0,52
PSE_TC	-0,16	-0,25	-0,16
PSE_EB	-0,06	-0,07	-0,04
$FC_{máx_EB}$ (bpm)	0,45	0,26	0,33
$FC_{máx_TC}$ (bpm)	0,69	0,80*	0,82*
$[Lac]_{pico_EB}$ (mmol/L)	0,67	0,41	0,01
$[Lac]_{pico_TC}$ (mmol/L)	0,21	0,82*	0,23

Legenda: CF – Classificação Funcional; VO_{2pico_EB} – consumo pico de oxigênio no ergômetro de braço; VO_{2pico_TCd} – Consumo Pico de Oxigênio; VO_{2pico_TCi} – Predição Consumo Pico de Oxigênio; MS – massa sistema; D – distancia percorrida; EB – ergômetro de braço; TC – teste de campo; $FC_{máx}$ – Frequência Cardíaca Máxima; $[Lac]_{pico}$ – Concentração Pico de Lactato. * $p \leq 0,05$

Para a amostra do estudo, o teste de correlação entre os métodos de mensuração do VO_{2pico} direto e indireto no OMFT e EB foi identificado forte correlação e com significância estatística ($p \leq 0,05$) quando comparada a variável VO_{2pico_TCd} com VO_{2pico_TCi} ($r=0,86$). Os resultados das correlações entre os diferentes métodos são descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Correlações de Pearson entre os resultados obtidos de consumo pico de oxigênio (VO_{2pico}) no teste de campo (TC) e no ergômetro de braço (EB).

Testes	r (IC)	LIC95%
VO_{2pico_EB} vs VO_{2pico_TCi} (ml/kg/min)	0,58 (-0,20 – 0,91)	-2,7 a 17
VO_{2pico_EB} vs VO_{2pico_TCd} (ml/kg/min)	0,53 (-0,27 – 0,90)	6,7 a 14,9
VO_{2pico_TCd} vs VO_{2pico_TCi} (ml/kg/min)	0,86* (0,40 – 0,97)	-2,8 a 8,5

Legenda: EB – ergômetro de braço; VO_{2pico} – Consumo pico de oxigênio; $[Lac]_{pico}$ - concentração pico de lactato; $FC_{máx}$ - frequência cardíaca máxima; VO_{2pico_TCd} – consumo pico de oxigênio direto; VO_{2pico_TCi} – predição consumo pico de oxigênio; TC – teste de campo; LIC95% - limite de concordância de Bland-Altman. * $p \leq 0,05$

Apesar de não ser observada fortes correlações entre as variáveis de VO2pico_EB com VO2pico_TCi ($r=0,58$) e VO2pico_EB com VO2pico_TCd ($r=0,53$), houve concordância nos resultados de comparação entre os métodos. E para representar graficamente a concordância entre os métodos foi utilizado o teste de Bland-Altman (Figura 4).

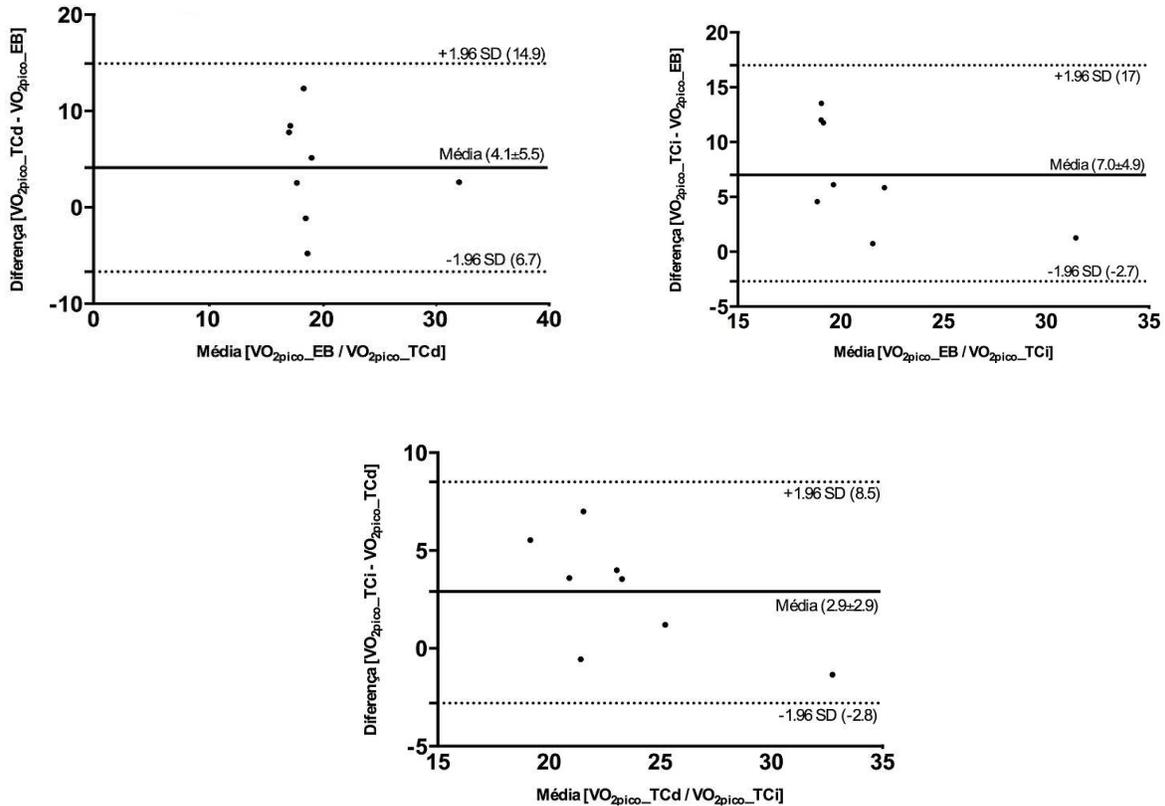


Figura 4 – Comparação entre os métodos direto e indireto no OMFT e EB através do teste de Bland-Altman.

Foi observada maior concordância entre VO2pico_TCi com o VO2pico_TCd com LIC95% de -2,8 a 8,5. Entretanto, quando realizado a análise da amplitude do intervalo de confiança (IC) para a validade do método indireto comparado ao direto no OMFT, os resultados demonstram a não confiabilidade entre os métodos devido a resultados que variam entre $r=0,40$ a $r=0,97$.

3.5 - Discussão

A avaliação da Potência Aeróbia através dos níveis de $VO_{2\text{pico}}$ é um dos principais indicadores de limite máximo de tolerância ao exercício aeróbio e tem sido amplamente explorada no campo da performance paradesportiva (VANLANDEWIJCK et al., 2006; BERNARDI et al., 2010; MOLIK et al., 2010; LEICHT, BISHOP, GOSSEY-TOLFREY, 2011) como componente essencial para conquistas de resultados expressivos em competições esportivas. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi de analisar se o OMFT pode ser utilizado por técnicos ou preparadores físicos para avaliação da Potência Aeróbia através da mensuração do $VO_{2\text{pico}}$ em atletas com tetraplegia correlacionando os valores obtidos de forma direta e indiretamente no OMFT com os resultados do EB.

Os testes de campo para mensuração da Potência Aeróbia em atletas com deficiência física em geral foram inicialmente adaptados do teste submáximo de Cooper de corrida de 12 minutos (RHODES et al., 1981; FRANKLIN et al., 1990) e mais recentemente a partir do teste de esforço máximo incremental de Léger, Boucher (POULAIN et al., 1999; VINET et al., 2002). Entretanto, ambos os testes foram desenvolvidos em pista de tartan, fugindo da especificidade do local de treinos e competições de equipes que utilizam a quadra como o basquete, handebol e o rugby em cadeira de rodas. Apenas dois testes foram identificados para análise da Potência Aeróbia em quadra, o de Vanlandewijck et al. (1999) e o de Vanderthomenn et al. (2002).

Vanlandewijck et al. (1999) na tentativa de validar a equação pré-estabelecida para pessoas sem deficiência no teste de corrida vai-e-vem de 25m para atletas com deficiência física, submeteram os atletas com diferentes deficiências física, inclusive tetraplégicos ao protocolo original do teste, no qual os atletas tinham de percorrer 25m em linha reta e no final do percurso realizar um giro de 180° para retonar ao outro lado de acordo com a velocidade era estabelecida pelo áudio. Foram observados que os atletas realizavam constantes acelerações e desacelerações no teste (característica não observada no protocolo original do teste em pessoas hígdas), o qual acabava exigindo elevados níveis de resistência e força muscular (metabolismo glicolítico) e não predominantemente a utilização do metabolismo aeróbio. Correlacionando o valor obtido no teste de quadra com o EB os autores observaram uma fraca correlação ($r=0,69$) entre os valores de $VO_{2\text{pico}}$ mensurados, concluindo que o teste não apresenta validade para a população em questão. Os resultados encontrados por Vanlandewijck et al. (1999) de forma geral, apresentaram o

mesmo comportamento nesse estudo. Quando os valores de $VO_{2\text{pico}}$ no EB ($VO_{2\text{pico_EB}}$) foram correlacionados com os valores de $VO_{2\text{pico}}$ do OMFT ($VO_{2\text{pico_TCi}}$ e $VO_{2\text{pico_TCd}}$), os resultados apresentaram baixa correlação, $r=0,58$ e $r=0,53$ respectivamente, apesar do procedimento de Bland-Altman demonstrar graficamente a concordância entre os métodos. A baixa correlação existente entre as mensurações de campo OMFT com o EB podem ser justificados pelo fato de que o movimento específico de propulsão no OMFT requer maior solicitação de recrutamento de massa muscular devido a variável MS atuar constantemente como forma de resistência para o deslocamento da cadeira de rodas, diferentemente do movimento de “pedalar” no EB, no qual o atleta apresenta apenas o incremento da carga como resistência. O stress cardiorrespiratório ($VO_{2\text{pico}}$) atingido no OMFT foi significativamente maior do que no EB, sendo os valores de $21,99\pm 5,26\text{ml/kg/min}$ no $VO_{2\text{pico_TCd}}$, $24,86\pm 3,38\text{ml/kg/min}$ no $VO_{2\text{pico_TCi}}$ e $17,87\pm 6,08\text{ml/kg/min}$ no $VO_{2\text{pico_EB}}$. Nota-se que a mensuração do $VO_{2\text{pico}}$ no EB não reflete os valores reais obtidos em quadra ($p\leq 0,05$).

Janssen et al. (2002) propuseram uma tabela para a classificação da capacidade física de indivíduos com LME, comparando os resultados obtidos tanto no OMFT como no EB, pode-se observar que os valores de $VO_{2\text{pico}}$ foram categorizados como excelente ($>16,94\text{ml/kg/min}$). Tawashy (2009), após a realização de uma revisão sistemática dos níveis de $VO_{2\text{pico}}$ em diferentes estudos, identificou que tetraplégicos atletas e sedentários apresentaram média no $VO_{2\text{pico}}$ de $11,6\text{ml/kg/min}$ no EB em 14 estudos. Goosey-Tolfrey, Castle, Webborn (2006) através do EB identificaram valor médio de $13,4\text{ml/kg/min}$ em atletas altamente treinados com lesão da medula espinhal. Os resultados supracitados foram inferiores aos obtidos no EB com os atletas tetraplégicos nesse estudo, fato que pode ser evidenciado pela modulação do sistema cardiorrespiratório nesses atletas para o condicionamento físico exigido pela modalidade Rugby em cadeira de rodas. Esses resultados ficam mais evidenciados ainda quando a mensuração é realizada de forma mais próxima à realidade do jogo através do OMFT. A comparação dos resultados de $VO_{2\text{pico}}$ em testes de quadra específicos para a população específica não é possível devido a utilização de diferentes deficiências na amostra dos estudos encontrados.

Vanderthomenn et al. (2002) encontraram correlação fraca ($r^2=0,59$) para a mensuração do $VO_{2\text{pico}}$ no OMFT, resultados que podem ter sido influenciado pela utilização de amostra heterogênea composta por atletas masculinos e femininos com tetraplegia, paraplegia, amputação (sem definição do tipo e altura de amputação) e sequela de poliomielite, como

também a utilização apenas da variável estágio para a predição dos níveis de $VO_{2\text{pico}}$. Com a utilização de amostra composta apenas por atletas tetraplégicos do sexo masculino neste estudo, encontramos correlação de $r=0,86$ entre a mensuração $VO_{2\text{pico_TCi}}$ com o $VO_{2\text{pico_TCd}}$, confirmando assim a confiabilidade entre as mensurações. E através do teste de correlação entre as variáveis observou-se que além do estágio, a $FC_{\text{máx}}$ também interfere significativamente nos resultados do teste e deve ser considerada na mensuração do $VO_{2\text{pico}}$ realizado indiretamente.

Por outro lado, Buchfuhrer et al. (1983) identificaram que o tempo ideal para obtenção dos maiores valores de $VO_{2\text{pico}}$ em protocolos incrementais variam de 8 a 12 minutos, menos que isso, o incremento não está adequado a população e acima disso, os protocolos tornam-se exaustivos demandando por parte do atleta grande motivação para lidar com elevados níveis de concentração de lactato sanguíneo e calor. Sob a realidade prática observada em relação à duração do teste, no EB a média dos atletas foi de $9,4\pm 1,92$ minutos, sendo o menor tempo de aproximadamente 8 minutos e maior tempo de aproximadamente 12 minutos de acordo com a CF. No OMFT observamos que a média do grupo foi de $8,7\pm 3,9$ minutos, porém com os dados analisados por CF, os atletas com CF menor ou igual a 1,5 apresentaram média de $7\pm 2,64$ minutos, com apenas um atleta atingindo o tempo mínimo de 8 minutos e atletas com CF igual ou acima de 2,0 apresentaram média de $9,8\pm 5,06$ minutos, com um atleta que suportou o teste até 19 minutos. Para sustentar a hipótese da necessidade de readequação do incremento do teste, Silver (2007) e Price, Campbell (2003) relatam que atletas com tetraplegia apresentam disfunção no processo de termorregulação e menor capacidade cardiorrespiratória (LEICHT, BISHOP, GOSSEY-TOLFREY, 2011) fatores que comprometem o processo de dissipação de calor.

A dissipação de calor atuando de forma deficitária é responsável pelo organismo realizar a redistribuição do bombeamento cardíaco para um menor aporte sanguíneo (com isso menos O_2) na musculatura em atividade e maior aporte sanguíneo para a circulação cutânea, na tentativa de dissipar o calor (MAUD, FOSTER, 2009), processo que contribui para a explicação de níveis baixos de $VO_{2\text{pico}}$ em protocolos extensos. Já em relação aos protocolos “rápidos” (com duração menor do que 8 minutos), os atletas devido à baixa resistência e força muscular (HAISMA et al., 2006) não suportaram a velocidade do incremento do teste, propiciando uma subestimação na mensuração real dos níveis de $VO_{2\text{pico}}$ (BUCHFUHRER et al., 1983).

Com relação à PSE, os atletas apresentavam boa compreensão e familiarização da escala proposta por Foster et al. (2001) em situações de treino e jogo. No OMFT os atletas

tiveram média de $6,5 \pm 2,2$, ou seja, um esforço perceptivo médio de 65% em relação ao máximo enquanto que, no EB a média foi de 82% ($8,2 \pm 1$) em relação ao máximo. O baixo valor na PSE, mesmo considerando o teste máximo, pode estar condicionado à fadiga neuromuscular induzida devido a menor porção de massa muscular ativa, déficit na capacidade de recrutamento das unidades motoras e atrofia muscular em decorrência de menor quantidade de proteínas contráteis, principais alterações observadas em atletas tetraplégicos (HICKS et al., 2003; VALENTE et al., 2007; DEVILLARD et al., 2007). Em atletas tetraplégicos, a PSE está relacionada com as respostas neuromusculares. O fato da PSE ser menor no OMFT foi condicionado à velocidade inicial do protocolo e ao incremento do teste, que exigem níveis elevados de resistência e força muscular para acompanhar o ritmo pré-estabelecido, principalmente em atletas com CF baixa, não permitindo com que a resposta de esforço frente ao tempo de execução do teste pudessem de fato gerar stress neuromuscular suficiente para obtenção de maiores valores de PSE. Por outro lado, para atletas com CF alta, o incremento do teste e a velocidade inicial subestimam os níveis de força e resistência muscular, o que não induz altos valores de PSE em relação ao esforço, mas sim queda de resistência devido ao tempo de execução do teste.

Um das principais alterações observadas em tetraplégicos é a disfunção do sistema nervoso autônomo, principalmente na redução de atuação do sistema nervoso simpático (SNS) (HICKS et al., 2003; GARSTANG, MILLER-SMITH, 2007). De acordo com os mesmos autores, o SNS atua no sentido de proporcionar adaptações para que o organismo possa suportar as demandas físicas exigidas, ou seja, é responsável em aumentar o fluxo sanguíneo para diferentes tecidos, aumentar a eficiência e a frequência das contrações cardíacas beneficiando o retorno venoso, porém em atletas com lesão da medula espinhal acima de T6, observam-se níveis reduzidos desse aumento, que podem ser entendidos pela redução da menor massa muscular ativa e principalmente pela redução da atuação simpática. Nesse sentido, o presente estudo observou que a média de $FC_{m\acute{a}x}$ no EB e no OMFT foi de $129,1 \pm 24$ bpm e $127,8 \pm 26$ bpm, respectivamente. Não foi observada diferença estatística entre as medições, concluindo que ambos os testes apresentaram a mesma resposta fisiológica para a variável de FC apesar da diferença na PSE e VO_{2pico} entre o OMFT e EB. Entretanto, a utilização do cálculo de $FC_{m\acute{a}x}$ a partir da idade do indivíduo como uma variável para identificação de esforço máximo no teste (VEEGER, 1991) não apresenta aplicabilidade para atletas com tetraplegia devido as alterações observadas no SNS.

Entretanto, foi observado que a $FC_{m\acute{a}x}$ obtida durante o teste OMFT interfere significativamente nos resultados do teste e deve ser considerada na mensuração do VO_{2pico} .

Como limitação do estudo, não foi analisada a resistência da MS em relação à superfície. Porém, as cadeiras utilizadas para a realização do teste, foram revisadas e realizadas as manutenções necessárias para que a resistência do material, não interferisse de forma significativa durante a realização do teste.

3.6 - Conclusão

A avaliação da Potência Aeróbia em atletas tetraplégicos através da mensuração do VO_{2pico} , torna-se indispensável no esporte de alto rendimento, visto que é um dos principais indicadores de tolerância ao exercício aeróbio. Nesse sentido, pesquisadores vêm desenvolvendo testes de campo confiáveis como alternativa para uso regular nos controles e avaliações dos treinamentos, devido a sua praticidade, baixo custo e facilidade na execução.

O OMFT é um teste de campo capaz de mensurar o condicionamento global de performance dos atletas com tetraplegia devido a característica de estimular em níveis máximos o sistema cardiorrespiratório e neuromuscular levando o atleta à exaustão voluntária. Sendo assim, além de mensurar a capacidade cardiorrespiratória de atletas tetraplégicos que estão relacionadas aos aspectos fisiológicos centrais, possibilitam técnicos e preparadores físicos em realizar a análise de outras variáveis que possam estar ligadas aos componentes relacionados ao desempenho como a resistência muscular periférica que influenciaram também nos resultados da distância percorrida, o tempo de duração do teste e os níveis de concentração de lactato em diferentes intensidades do exercício.

Apesar dos resultados observados entre os procedimentos diretos e indiretos no OMFT apresentarem forte correlação ($r=0,86$, $p \leq 0,05$) e boa concordância entre os procedimentos na mensuração do VO_{2pico} , sugerindo que o teste OMFT é capaz de mensurar a Potência Aeróbia em atletas tetraplégicos. Porém, no OMFT são necessários ajustes metodológicos em relação ao incremento do teste visto que, atletas tetraplégicos com CF inferiores a 2,0 (atletas que normalmente não apresentam tríceps funcional) tanto a velocidade como o incremento inicial do teste não permitem um adequado “estresse” fisiológico para atingir níveis máximos de VO_{2pico} , gerando uma subestimativa dos valores reais enquanto que, para

atletas com CF acima de 2,0 às vezes a velocidade inicial e incremento do teste tornam-se incapazes de exigir a exaustão voluntária no tempo adequado e são responsáveis pela superestimativa dos valores reais, como observado nos gráficos de Bland-Altman, além disso foi observado a necessidade de inclusão dos valores de $FC_{\text{máx_TC}}$ para a predição do $VO_{2\text{pico}}$ estimado em atletas tetraplégicos. Dessa forma, observa-se a necessidade de reajustes no protocolo do teste OMFT para que os resultados encontrados sejam de fato mais próximos à realidade dos atletas com tetraplegia, possibilitando maior controle dos resultados obtidos e a prescrição da intensidade de exercícios, evitando assim, lesões devido à sobrecarga do treinamento, uma vez que foi observado que o EB não reflete a Potência Aeróbia ($VO_{2\text{pico}}$) real em quadra.

2 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Elevado nível de condicionamento aeróbio é essencial para atletas, inclusive para aqueles com deficiência, na conquista de resultados expressivos em competições esportivas. Portanto, se o metabolismo aeróbio é um fator limitante de desempenho para modalidades (convencionais ou paralímpicas) coletivas ou individuais que apresentam elevadas exigências de esforços intermitentes, o TA deve ser realizado de forma intensificada em atletas tetraplégicos, visto que os índices cardiorrespiratórios são reduzidos após a LME.

A aplicação de testes de campo para mensuração da Potência Aeróbia em atletas com tetraplegia surgem como alternativa de baixo custo, fácil execução e maior praticidade para treinadores. Entretanto, com o desenvolvimento desse estudo, pode-se concluir que, esses testes ainda apresentam restrições em decorrência das deficiências, na dificuldade de conseguir amostras homogêneas, no qual atletas com tetraplegia são comparados a atletas com amputação de membro inferior, paralisados cerebrais, sequelados de poliomielite ou com atletas sem deficiência, o que pode vir comprometer a interpretação dos resultados. Outra restrição está na dificuldade de comparação entre os estudos devido a não caracterização de forma pertinente dos atletas envolvidos na amostra, não detalhamento do material utilizado nos protocolos realizados, como a descrição do tipo de cadeiras de rodas utilizadas. Fatores que impossibilitam de chegar a um consenso no protocolo ideal e quais variáveis de fato interferem no processo avaliativo da Potência Aeróbia.

Com o desenvolvimento do presente estudo utilizando apenas atletas com tetraplegia, observou-se forte correlação na mensuração do $VO_{2\text{pico}}$ entre os procedimentos diretos e indiretos no OMFT e boa concordância entre os métodos, sugerindo que o teste OMFT é capaz de mensurar a Potência Aeróbia em atletas tetraplégicos, por outro lado, foi evidente a observação de que o EB não reflete a Potência Aeróbia real em quadra dos atletas com tetraplegia, fato que pode estar associado ao movimento de “pedalar”, cuja porção de massa muscular solicitada para o movimento acaba sendo menor do que a utilizada no movimento de propulsão da cadeira de rodas, como também a não existência de resistência da MS, a qual é capaz de gerar maior estress cardiorrespiratório pela exigência de maior nível de força necessário para o deslocamento.

Entretanto, por observações práticas verificou-se que o OMFT necessita de ajustes metodológicos em relação ao incremento do teste visto que, atletas tetraplégicos com CF inferiores a 2,0 (atletas que normalmente não apresentam tríceps funcional) tanto a velocidade como o incremento inicial do teste não permitem um adequado “estresse” fisiológico para atingir níveis máximos de $VO_{2\text{pico}}$, gerando uma subestimativa dos valores reais enquanto que, para atletas com CF acima de 2,0 às vezes a velocidade inicial e incremento do teste tornam-se incapazes de exigir a exaustão voluntária no tempo adequado para a mensuração da Potência Aeróbia. Sendo assim, mais estudos devem ser realizados para a padronização de protocolos adequados para essa população e, dessa forma os técnicos poderão realizar o processo de avaliação com mais facilidade e de forma rápida e consistente.

3 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, C. C. C. Bases Teóricas da aptidão Aeróbia. In: MACHADO, A. F. **Manual de Avaliação Física**. 1ªed. São Paulo: Editora Ícone, 2010.

AGUDO, A. G., ESPINOSA, A. D. A., RUIZ, B. C. Wheelchair Basketball Quantification. **Phys Med Rehabil Clin N Am.** n. 21, p. 141–156, 2010.

AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION – ASIA – International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury. **Spinal Cord**, n. 35, p. 266–274, 1997.

AMORETTI, R., BRION, R. **Cardiologia do esporte.** Manole: São Paulo, 2001.

ARES, M. J. J.; CRISTANTE, A. R. L. Reabilitação da Medula Espinal: Tratamento *in GREVE*, J. M. D. **Tratado de Medicina e Reabilitação.** São Paulo: Editora Roca, 2007.

BAUMAN, W. A. Carbohydrate and lipid metabolism in chronic spinal cord injury. **J Spinal Cord Med.** v.24, n.4, p.266–77, 2001.

BAYER, C. **La Enseñanza de los juegos deportivos colectivos: baloncesto, fútbol, balonmano, hockey sobre hierba y sobre hielo, rugby, balonvolea, waterpolo.** 2ª Barcelona: Hispano Europea, 1992.

BERNARDI, M., GUERRA, E., DI GIACINTO, B., DI CESARE, A., CASTELLANO, V., BHAMBHANI, Y. Field evaluation of paralympic athletes in selected sports: Implications for training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.42, n.6, p.1200-1208, 2010.

BHAMBHANI, Y. Physiology of Wheelchair Racing in Athletes with Spinal Cord Injury. **Sports Med**, v. 32, n. 1, p. 23-51, 2002

BRESSEL, E., BRESSEL, M., MARQUEZ, M. et al. The effect of handgrip position on upper extremity neuromuscular responses to arm cranking exercise. **J Eletromyogr Kinesiol.** v.11, n.4, p.291-298, 2001.

BUCHFUEHRER, M. J. et al. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. **Journal of Applied Physiology**, v.55, p.558-564, 1983.

CAMPBELL, I. G., WILLIAMS, C., LAKOMY, H. K. A. Physiological and metabolic responses of wheelchair athletes in different racing classes to prolonged exercise. **Journal of Sports Sciences.** v.22, n.5, p.449-456, 2004.

COOPER, K. H. A means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. **JAMA**, v.4, p.201-203, 1968.

CUNNINGHAM, T. K., McCANN, G. P. NIMMO, M. A., HILLIS, W. S. A comparison of the multistage fitness test with ergometer derived VO in paraplegic athletes. **British Journal of Sports Medicine**, v.34, 1999.

DALLMEIJER, A. J., HOPMAN, M. T., VAN AS, H. H., VAN DER WOUDE, L. H. Physical capacity and physical strain in persons with tetraplegia; the role of sport activity. **Spinal Cord**. v.34, p. 729-735, 1996.

DELLAL, A., HILL-HAAS, S., LAGO-PENAS, C., CHAMARI, K. Small-Sided Games in Soccer: Amateur vs. Professional Players' Physiological Responses, Physical, and Technical Activities. **Journal of Strength & Conditioning Research**, v.25, n.9, p.2371-2381, 2011.

DENADAI, B. S., GRECO, C. C. **Educação Física no Ensino Superior: Prescrição do Treinamento Aeróbio – Teoria e Prática**. São Paulo: Guanabara Koogan, 2005.

DEVILLARD, X., RIMAUD, D., ROCHE, F., CALMELS, P. Effects of training programs for spinal cord injury. **Annals of Readaptative Medicine Physiology**, v.50, p.490–498, 2007.

DUFFIELD, R., DAWSON, B., PINNINGTON, H. C., WONG, P. Accuracy and reliability of a Cosmed K4b2 portable gas analysis system. **J Sci Med Sport**. v.7, n.1, p.11-22, 2004.

FOSTER, C., FLORHAUG, J.A., FRANKLIN, J., GOTTSCHALL, L., HROVATIN, L., PARKER, S., DOLESHAL, P., DODGE, C. A new approach to monitoring exercise testing. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.15, 109-115, 2001.

FRANKLIN, A. F., SWANTEK, K. I., GRAIS, S. L., JOHNSTONE, K. S., GORDON, S., TIMMIS, G. C. Field test estimation of maximal oxygen consumption in Wheelchair users. **Arch Phys Med Rehabil**. v.71, p.574-578, 1990.

FRONTERA, W. R.; DAWSON, D. M.; SLOVIK, D. M. **Exercise in Rehabilitation Medicine**. 2nd Edition. Human Kinetics Profe: 2006.

GARSTANG, S. V.; MILLER-SMITH, S. A. Autonomic Nervous System Dysfunction After Spinal Cord Injury. **Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America**, v. 18, p. 275-296, 2007.

GOOSEY-TOLFREY, V., CASTLE, P., WEBBORN, N. Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players. **Br J Sports Med**, v.40, n.8, p. 684-687, 2006.

GORGEY A.S; DUDLEY G.A. Skeletal muscle atrophy and increased intramuscular fat after incomplete spinal cord injury. **Spinal Cord**, v.45, 304–309, 2007

GOSSEY-TOLFREY, V. L., TOLFREY, K. The multi-stage fitness test as a predictor of endurance fitness in wheelchair athletes. **Journal of Sports Sciences**. v.26, n.5, p.511-517, 2008.

GUTE, D., FRAGA, C., LAUGHLIN, M. H. et al. Regional changes in capillary supply in skeletal muscle of high-intensity endurance-trained rats. **J Appl Physiol**, v.34, n.1, p.619-626, 1996.

HAISMA, J. R., VAN DER WOUDE, L. H. V., STAM, H. J., BERGEN, M. P., SLUIS, T. A. R., BUSSMANN, J. B. J. Physical capacity in wheelchair-dependent persons with a spinal cord injury: a critical review of the literature. **Spinal Cord**. v.44, p.642-652, 2006.

HICKS, A.L., MARTIN K.A., DITOR D.S., LATIMER A.E., CRAVEN C., BUGARESTI J.; McCARTNEY, N. Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: effects on strength, arm ergometry performance and psychological well-being. **Spinal Cord**, v.41, p.34–43, 2003.

HIGHAM, D. G., PYNE, D. B., ANSON, J. M., EDDY, A. Physiological, anthropometric and performance characteristics of rugby sevens players. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, Human Kinetics in Press, 2012.

HOLLOSZY, J.O, COYLE, E. F. Adaptations os skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. **J. Appl Physiol.** v.56, n.4, p.831-838, 1984.

HOOKER, S. P., WELLS, C. L. Aerobic Power of competitive paraplegic road racers. **Spinal Cord.** V.30, p.428-436, 1992.

HOPMAN, M. T. E.; DALLMEIJER, A. N.; SNOEK, G.; VAN DER WOUDE, L. H. V. The Effect of Training on Cardiovascular Responses to Arm Exercise in Individuals with Tetraplegia. **European Journal of Applied Physiology**, v. 74, p. 172-179, 1996.

HOWLEY, E. T., BASSET JR, D. R., WELCH, H. G. Criteria for maximal oxygen uptake: review and commentary. **Med Sci Sports Exerc.** v.27, n.9, p.1292-1301, 1995.

HUNTER, G. R., HUTZLER, Y. S., MECKEL, Y., BERZEN, J. Aerobic and anaerobic power. In: VANLANDEWICK, Y. C., THOMPSON, W. R. The Paralympic Athletes. **Handbook of Sports Medicine and Science.** Wiley-Blackwell. 2011.

IPC. Classification Code. Disponível em <<http://www.paralympic.org/Classification/Code>> acessado em 14/12/2012.

IWBF. Official Player Classification Manual. Disponível em <<http://www.iwbf.org/pdfs/2010ClassificationManualRev8.pdf>> acessado em 10/08/2012.

IWRF. IWRF Classification Manual. 3ªed. Disponível em <<http://www.iwrf.com/?page=classification>> acessado em 10/08/2012.

JANSSEN, T. W. J., DALLMEIJER, A. J., VEEGER, D., VAN DER WOUDE, L. H. V. Normative values and determinants of physical capacity in individuals with spinal cord injury. **Journal of Rehabilitation Research and Development**, v. 39, n.1, p. 29–39, 2002.

JANSSEN, T. W., DALLMEIJER, A. J., VAN DER WOUDE, L. H. Physical capacity and race performance of handcycle users. **J Rehabil Res Dev.** v.38, p. 33-40, 2001.

LASKIN, J. J., SLIVKA, D., FROGLEY, M. A cadence based sub-maximal field test for the prediction of peak oxygen consumption in elite wheelchair basketball athletes. **Journal of Exercise Physiology-online.** v.7, n.1, p.8-18, 2004.

- LEGER, L. A., LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO_{2max} . **European Journal of Applied Physiology**. v.49, p.1–12, 1982.
- LÉGER, L., BOUCHER, R. An indirect continuous running multistage field test: the University of Montreal track test. **Can J Appl Spt Science**. v.5, p. 77-84, 1980.
- LEICHT, C. A., BISHOP, N. C., GOOSEY-TOLFREY, V. L. Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes. **Scandinavian journal of Medicine & Science in Sports**. v.22, n.4, p.1-8, 2011.
- LEWIS, J. E., NASH, M. S., HAMM, L. F., MARTINS S. C. GROAH, S. L. The relationship between Perceived Exertion and Physiologic Indicators of stress during graded arm exercise in persons with spinal cord injuries. **Arch Phys Med Rehabil**. v.88, p.1205-1211, 2007.
- MACHADO, A. F. **Manual de Avaliação Física**. 1ªed. Rio de Janeiro: Ícone, 2010.
- MALONE, L. A. Physiological responses of skilled players during a competitive wheelchair tennis match. **Journal of Strength and Conditioning Research**. v.3, n.20, p.665-671, 2006.
- MAUD, P. J., FOSTER, C. **Avaliação Fisiológica do condicionamento humano**. 2ªed. São Paulo: Editora Phorte, 2009.
- MCLAUGHLIN, J. E., KING, G. A., HOWLEY, E. T., BASSETT, J. R., AINSWORTH, B. E. Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. **Int J Sports Med**. v.22, n.4, p.280-4, 2001.
- MENA, P., MAYNAR, M., CAMPILLO, J. P. Changes in plasma enzyme activities in professional racing cyclists. **Br J Sports Med**. v.30, n.2, p.122–124, 1996.
- MENEAR, K. S., MOLIK, B., LASKIN, J. J., KOSMOL, A., SKUCAS, K., BIDA, U. Relationship between functional classification levels and anaerobic performance of wheelchair basketball athletes. **Research quarterly for exercise and Sport**, v.81, n.1, p.69-73, 2010.
- MORGULEC, N.; KOSMOL, A.; VANLANDEWIJCK, Y.; HUBNER-WOZNIAK, E. Anaerobic Performance of Active and Sedentary Male Individuals With Quadriplegia. **Adapted Physical Activity Quarterly**, v.22, p.253-264, 2005.
- MORGULEC-ADAMOWICZ, N.; KOSMOL, A.; MOLIK, B.; YILLA, A.B.; LASKIN, J.J. Aerobic, Anaerobic, and Skill Performance With Regard to Classification in Wheelchair Rugby Athletes. **Research Quartely for Exercise and Sport**, v.82, n.1, p. 61-69, 2011
- MYERS, J., LEE, M., KIRATLI, J. Cardiovascular disease in spinal cord injury: an overview of prevalence, risk, evaluation, and management. **Am J Phys Med Rehabil**. n.86, p.142-152, 2007.
- PELLETIER C.A., HICKS A.L. Muscle fatigue characteristics in paralyzed muscle after SCI. **Spinal Cord**, v.49, 125–130, 2011

PHILLIPS, W. T.; KIRATLI, B. J.; SARKARATI, M.; WERAARCHAKUL, G.; MYERS, J.; FRANKLIN, B. A.; PARKASH, I.; FROELICHER, V. Effect of Spinal Cord Injury on the Heart and Cardiovascular Fitness. **Current Problems in Cardiology**, v. 23, n. 11, p. 641 –716, 1998.

PITSAVOS C., CHRYSOHOOU, C., KOUTROUMBI, M., AGGELI, C., KOURLABA, G., PANAGIOTAKOS, D., MICHAELIDES, A., STEFANADIS, C. The Impact of Moderate Aerobic Physical Training on Left Ventricular Mass, Exercise Capacity and Blood Pressure Response During Treadmill Testing in Borderline and Mildly Hypertensive Males. **Hellenic J Cardiol**, v.52, p. 6-14, 2011.

POULAIN, M., VINET, A., BERNARD, P. L., VARRAY, A. Reproducibility of the Adapted Leger and Boucher test for wheelchair-dependent athletes. **Spinal Cord**. v.37, n.2, p.129-135, 1999.

PRICE, M. J., CAMPBELL, I. G. Effects of pinal cord lesion level upon thermoregulation during exercise in the heat. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.35, n.7, p.1100-1107, 2003.

RAWLINS, J., BHAN, A., SHARMA, S. Left Ventricular Hypertrofy in Athletes. **EHJ Cardiovascular Imaging**. v.10, n.3, p.350-356, 2009.

RHODES, E. C., MCKENZIE, D. C., COUTTS K. D., ROGERS, A. R. A field test for the prediction of aerobic capacity in male paraplegics and quadraplegics. **Can J Appl Sport Sci**. v.6, n.4, p. 182–6, 1981.

ROY, J. L., SARRO, K. J., MISUTA, M. S., BURKETT, B., MALONE, L. A., BARROS, R. M. L. Tracking of Wheelchair Rugby players in the 2008 demolition derby final. **Journal os Sports Sciences**, v.28, n.2, p.193-200, 2010.

SCHMID, A., SCHMIDT-TRUCKSSAS, A., HUONKER, M., et al. Catecholamines response of high performance wheelchair athletes at rest and during exercise with autonomic dysreflexia. **Int J Sports Med**. v.22, p.2-7, 2001

SCHMID, M. M., SCHRIEKS, I. C., BARNES, M. J., HODGES, L. D. Comparison study of treadmill versus arm ergometry. **Clinical Physiology and Functional Imaging**. v.31, n.4, p.326-331, 2011.

SCHRIEKS, I. C., BARNES, M. J., HODGES, L. D. Comparison study of treadmill versus arm ergometry. **Clinical Physiology and Functional Imaging**. v.31, n.4, p.326-331, 2011.

SILVER, J. R. Thermoregulation in tetraplegic patients: letter to the editor. **Spinal Cord**. v.45, p. 460, 2007.

SITTA, M. C.; WERNECK, D. F. M. S.; MANETTA, J. A. Tratamento Clínico da Lesão da Medula Espinal – Fase Aguda *in* GREVE, J. M. D.; CASALIS, M. E. P.; BARROS FILHO, T. E. P.(Org). **Diagnóstico e Tratamento da Lesão da Medula Espinal**. São Paulo: Editora Roca, 2001.

SOUZA, J., GOMES, A. C., LEME, L., SILVA, S. G. Alterações em variáveis motoras e metabólicas induzidas pelo treinamento durante um macrociclo em jogadores de handebol. **Rev Bras Med Esporte**. v.12, n.3, 2006.

SPORNER, M. L., GRINDLE, G. C., KELLEHER, A., TEODORSKI, E. E., COOPER, R., COOPER, R. A. Quantification of activity during wheelchair basketball and rugby at the National Veterans Wheelchair Games: A pilot study. **Prosthetics and Orthotics International**. v.33, n.3, p.210-217, 2009.

STONE, N. M., KILDING, A. E. Aerobic conditioning for team sport athletes. **Sports Med**. v.39, n.8, p.615-642, 2009.

TANHOFFER, R. A., TANHOFFER, A. I. P., RAYMOND, J., HILLS, A. P., DAVIS, G. M. Comparison of methods to assess energy expenditure and physical activity in people with spinal cord injury. **Journal of Spinal Cord Medicine**. v.35, n.1, p.35-45, 2012.

TAWASHY, A. **Cardiovascular fitness in individuals with cervical spinal cord injury**. 2009. Dissertação de mestrado em educação física- the university of british columbia, vancouver, canadá, 2009.

THOMAS, J.; NELSON, J.; SILVERMAN, S. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 6° ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

TONKONOGLI, M., SAHLIN, K. Physical Exercise and Mitochondrial Function in Human Skeletal Muscle. **American College of Sports Medicine**, v. 30, p. 130-137, 2002.

UZUN, S., POURMOGHADDAM, A., HIERONYMUS, M., THRASHER, T. A. Evaluation of muscle fatigue of wheelchair basketball players with spinal cord injury using recurrence quantification analysis of surface EMG. **Eur J Appl Physiol**. Março, 2012.

VALENT, L. J. M.; DALLMEIJER, A. J.; HUODIJK, H.; TALSMA, E.; VAN DER WOUDE, L. H. V. The Effects of Upper Body Exercise on the Physical Capacity of People with a Spinal Cord Injury: A Systematic Review. **Clinical Rehabilitation**, v. 21, p. 315-330, 2007.

VANDANDEWIJCK, Y., DALY, D. J., THEISEN, D. M. Field test evaluation of aerobic, anaerobic, and Wheelchair Basketball skill performances. **Int Journal Sports Med**. v.20, p.548-554, 1999.

VANDERTHOMENN, M., FRANCAUX, M., COLINET, C., LEHANCE, C., LHERMEROUT, C., CRIELAARD, J. M., THEISEN, D. A multistage field test of wheelchair users for evaluation of fitness and prediction of peak oxygen consumption. **Journal of Rehabilitation Research and Development**. v.39, n.6, p.685-692, 2002.

VANDEWALLE, H. Mensuração do Consumo Máximo de Oxigênio em Laboratório. In: AMORETTI, R., BRION, R. **Cardiologia do esporte**. Manole: São Paulo, 2001.

VANLANDEWIJCK, Y. C., THOMPSON, W. R. **The paraplympic Athlete**. Handbook of Sports Medicine and Science. Wiley-Blackwell: Oxford, 2011.

VANLANDEWIJCK, Y., VLIET, P. V., VERELLEN, J., THEISEN, D. Determinants of shuttle run performance in the prediction of peak VO_2 in wheelchair users. **Disability and Rehabilitation**. v.28, n.20, p.1259-1266, 2006

VANLOAN, M. D.; MCCLUER, S.; LOFTIN, M.; BOILEAU, R. A. Comparison of Physiological Responses to Maximal Arm Exercise Among Able-Bodied, Paraplegic and Quadriplegics. **Paraplegia**, v. 25, n. 5, p. 397-405. 1987.

VEEGER, H. E., HADJ, YAHMED. M., VAN DER WOUDE, L. H., CHARPENTIER, P. Peak oxygen uptake and maximal power output of Olympic wheelchair-dependent athletes. **Med Sci Sports Exerc**. v.23, n.10,p.1201–1209, 1991.

VINET, A., BERNARD, P. L., DUCOMPS, C., SELCHOW, O., GALLAIS, D.L., MICALLEF, J.P. A field deceleration test to assess total wheelchair resistance. **Int J Rehabil Res**. v.21, n.4, p.397-401, 1998.

VINET, A., BERNARD, P. L., POULAIN, M., VARRAY, A., GALLAIS, D. L., MICALLEF, J. P. Validation of an incremental field test for the direct assessment of peak oxygen uptake in wheelchair-dependent athletes. **Spinal Cord**. v.34, p.288-293, 1996.

VINET, A., GALLAIS, D. L., BOUGES, S., BERNARD, P.L., POULAIN, M., VARRAY, A., MICALLEF. Prediction of VO_{2peak} in wheelchair-dependent athletes from the adapted Leger and Boucher test. **Spinal Cord**. v.40, n.10, p.507-512, 2002.

WASHBURN, R. A., ZHU, W., MCAULEY, E., FROGLEY, M., FIGONI, S. F. The physical activity scale for individuals with physical disabilities: development and evaluation. **Arch Phys Med Rehabil**. v.83, p.193-200, 2002.

WINNICK, J. P. **Educação Física e Esportes Adaptados**. Barueri, São Paulo: Manole, 2004.

ANEXO I – Termo Consentimento

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Educação Física
Departamento de Estudos da Atividade Motora Adaptada

Análise da validade concorrente de três testes de campo para mensuração da Potência Aeróbia de atletas com lesão medular.

Objetivo da pesquisa: A pesquisa tem por objetivo, analisar a validade concorrente de três testes de campo e comparar os resultados com os obtidos no ciclo ergômetro de braço para mensuração do consumo pico de oxigênio no teste físico (VO_{2pico}) em atletas com lesão medular. Os resultados dessa pesquisa, que será realizada com 40 pessoas, tanto homens quanto mulheres, poderão facilitar o controle e o acompanhamento do treinamento físico, caso seja verificado a validades dos testes.

Procedimentos da Pesquisa: Caso você aceite participar da pesquisa serão avaliados os seus resultados coletados no testes de campo para mensuração da Potência Aeróbia, seguindo-se a metodologia original, propostas por pesquisadores internacionais. Além dos resultados dos testes, serão coletados os valores de pressão arterial e frequência cardíaca, como parâmetros de controle e comportamento durante os testes. As avaliações ocorrerão na Faculdade de Educação Física – FEF- da UNICAMP.

Desconforto e riscos de participação: Ao participar desta pesquisa, você não correrá nenhum risco quanto a sua integridade física ou moral. O desconforto pode acontecer devido ao tempo para a realização das atividades e ao exercício físico.

Benefícios da Pesquisa: Você não terá nenhum benefício com sua participação, mas estará ajudando a divulgação dos benefícios das atividades físicas e esportivas para promover a saúde ou para o treinamento de pessoas com deficiências físicas, de maneira segura.

Esclarecimentos: Você é convidado a participar da pesquisa, portanto não é obrigado a aceitar e pode se recusar ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa sem qualquer problema. Para isso basta falar com o pesquisador. Em qualquer momento, você poderá pedir mais informações ou esclarecimentos sobre a pesquisa e sua participação. Para informações ou reclamações sobre os aspectos éticos você pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Unicamp, telefone (19) 3521-8936 ou pelo e-mail cep@fcm.unicamp.br.

Confidencialidade: A sua identidade e de todos os voluntários serão mantidas em total segredo, tanto pelo pesquisador como pela instituição onde será realizada a pesquisa. Os resultados da pesquisa poderão ser divulgados em palestras, cursos, conferências, periódicos científicos ou outra forma de divulgação que possa transmitir os conhecimentos para a sociedade e profissionais da área, sempre sem nenhuma identificação dos participantes .

Gastos Adicionais: Caso você tenha gastos com transporte até o local da pesquisa, o pesquisador irá devolver esse dinheiro para você logo após a coleta dos dados.

Consentimento Pós-informação:

Após ler e compreender as informações acima, eu _____, portador da Carteira de Identidade n. _____, esclarecido sobre todos os aspectos da pesquisa como objetivos, riscos, procedimentos e sigilo, de livre vontade dou meu consentimento para minha inclusão como sujeito da pesquisa e utilização da minha imagem para que seja feito um vídeo para as equipes que participação da validação dos testes.

Assim assino este documento de autorização e recebo uma cópia do mesmo.

Assinatura do Participante Voluntário

Data: ____/____/____

Assinatura do Pesquisador

Data: ____/____/____

José Irineu Gorla
Fone: (19) 35216616 (19) 81791995
e-mail: gorla@fef.unicamp.br

ANEXO II – Ficha Coleta de Dados

FICHA COLETA OCTAGON MULTISTAGE TEST – VANDERTHOMENN et al. (2002)

Estágio	Corrida															
	Distância															
1	1/20	2/40	3/60	4/80	5/100	6/120	7/140									
2	1/160	2/180	3/200	4/220	5/240	6/260	7/280	8/300								
3	1/320	2/340	3/360	4/380	5/400	6/420	7/440	8/460								
4	1/480	2/500	3/520	4/540	5/560	6/580	7/600	8/620								
5	1/640	2/660	3/680	4/700	5/720	6/740	7/760	8/780	9/800							
6	1/820	2/840	3/860	4/880	5/900	6/920	7/940	8/960	9/980							
7	1/1000	2/1020	3/1040	4/1060	5/1080	6/1100	7/1120	8/1140	9/1160	10/1180						
8	1/1200	2/1220	3/1240	4/1260	5/1280	6/1300	7/1320	8/1340	9/1360	10/1380						
9	1/1400	2/1420	3/1440	4/1460	5/1480	6/1500	7/1520	8/1540	9/1560	10/1580						
10	1/1600	2/1620	3/1640	4/1660	5/1680	6/1700	7/1720	8/1740	9/1760	10/1780	11/1800					
11	1/1820	2/1840	3/1860	4/1880	5/1900	6/1920	7/1940	8/1960	9/1980	10/2000	11/2020					
12	1/2040	2/2060	3/2080	4/2100	5/2120	6/2140	7/2160	8/2180	9/2200	10/2220	11/2240	12/2260				
13	1/2280	2/2300	3/2320	4/2340	5/2360	6/2380	7/2400	8/2420	9/2440	10/2460	11/2480	12/2500				
14	1/2520	2/2540	3/2560	4/2580	5/2600	6/2620	7/2640	8/2660	9/2680	10/2700	11/2720	12/2740	13/2760			
15	1/2780	2/2800	3/2820	4/2840	5/2860	6/2880	7/2900	8/2920	9/2940	10/2960	11/2980	12/3000	13/3020			
16	1/3040	2/3060	3/3080	4/3100	5/3120	6/3140	7/3160	8/3180	9/3200	10/3220	11/3240	12/3260	13/3280			
17	1/3300	2/3320	3/3340	4/3360	5/3380	6/3400	7/3420	8/3440	9/3460	10/3480	11/3500	12/3520	13/3540	14/3560		
18	1/3580	2/3600	3/3620	4/3640	5/3660	6/3680	7/3700	8/3720	9/3740	10/3760	11/3780	12/3800	13/3820	14/3840		
19	1/3860	2/3880	3/3900	4/3920	5/3940	6/3960	7/3980	8/4000	9/4020	10/4040	11/4060	12/4080	13/4100	14/4120	15/4140	
20	1/4160	2/4180	3/4200	4/4220	5/4240	6/4260	7/4280	8/4300	9/4320	10/4340	11/4360	12/4380	13/4400	14/4420	15/4440	
21	1/4460	2/4480	3/4500	4/4520	5/4540	6/4560	7/4580	8/4600	9/4620	10/4640	11/4660	12/4680	13/4700	14/4720	15/4740	

ANEXO II – Ficha Coleta de Dados**DADOS COLETA DE CAMPO****NOME:** _____ **IDADE:** _____ **MC:** _____ **EST:** _____**MCR:** _____ **MS:** _____ **ASIA:** _____ **DEFICIÊNCIA:** _____**TEMPO LESÃO:** _____ **NIVEL LESÃO:** _____**TEMPO PRÁTICA DO RUGBY/BASQUETE:** _____**HORAS TREINO SEM.:** _____**[lac] repouso:** _____ **[lac] pós-teste:** _____**FC repouso:** _____ **FCmáx:** _____**VO₂repouso:** _____ **VO₂máx:** _____**n° Voltas:** _____ **Estágio:** _____