

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
CENTRO BIOLÓGICO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PÓS – GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

**LARA GUÉRIOS**

ANÁLISE COMPARATIVA DO CONSUMO DE OXIGÊNIO E DA  
RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA ENTRE UMA CORRIDA EM  
ESTEIRA ERGOMÉTRICA E UMA CORRIDA VIRTUAL, EM ADULTOS  
JOVENS DO SEXO MASCULINO

CURITIBA  
2012

**LARA GUÉRIOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO CONSUMO DE OXIGÊNIO E DA  
RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA ENTRE UMA CORRIDA EM  
ESTEIRA ERGOMÉTRICA E UMA CORRIDA VIRTUAL, EM ADULTOS  
JOVENS DO SEXO MASCULINO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como pré-requisito para a obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. Dalton Bertolim  
Précoma

**CURITIBA  
2012**

## LARA GUÉRIOS

### ANÁLISE COMPARATIVA DO CONSUMO DE OXIGÊNIO E DA RESPOSTA DA FREQUÊNCIA CARDÍACA ENTRE UMA CORRIDA EM ESTEIRA ERGOMÉTRICA E UMA CORRIDA VIRTUAL, EM ADULTOS JOVENS DO SEXO MASCULINO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como pré-requisito para a obtenção do título de Doutora.

#### COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Curitiba, 29 de junho de 2012.

## **DEDICATÓRIA**

*A minha guerreira mãe Olga pelo incentivo ao estudo e por sempre estar ao meu lado, incansavelmente...ao meu lado, me ensinando o verdadeiro sentido das palavras ética, respeito, dedicação e amor;  
Ao meu filho querido Solano que, mesmo ainda tão pequeno, compreender a necessidade das minhas ausências e participar conjuntamente das minhas batalhas.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela proteção contínua;

Ao meu orientador Prof. Dr. Dalton Bertolim Précoma pela oportunidade que me proporcionou para a realização desse sonho e por ter permitido a minha participação nesta magistral linha de pesquisa a qual desenvolveu com tanto carinho e dedicação;

Especial ao Dr. Marcelo Bichels Leitão e seus funcionários, responsáveis pela CLINICOR onde foram realizados os testes, pela gentileza, presteza, disposição e a atenção que sempre dispensaram a mim e a toda a equipe, pois certamente sem esta parceria este trabalho não poderia ser desenvolvido;

Profa. Márcia Olandoski, responsável pela análise estatística dos dados apresentados neste trabalho, pelas diversas vezes que prontamente me atendeu;

Aos acadêmicos que participaram desta pesquisa pela disposição, empenho e o importante auxílio em diversas etapas do estudo;

Às minhas amigas Ana Cristina Falcade e Liz Andrea Villela Baroncini pela inestimável ajuda, conselhos, dicas e conforto emocional que sempre me proporcionaram;

Minha família, principalmente a minha querida irmã Giselle que me recebeu com todo carinho, afeto e companheirismo nesta longa jornada de quatro anos e meio;

Minha grande amiga Eloisa Fonseca que me amparou sempre com muito carinho e me confortou com belas palavras de amizade nos momentos de desânimo;

Para que eu pudesse agradecer a minha mãe certamente eu teria que escrever uma nova tese, somente com agradecimentos e mais agradecimentos. Como agradecer uma pessoa tão maravilhosa que me deu a vida e me ensinou TUDO, com limites, amor e muita ternura!

E, por fim, a todos aqueles que torceram para o sucesso da realização deste grande sonho, deixo o meu MUITO OBRIGADA!

“A condição do exercício não é uma  
simples variante da condição de repouso,  
pois constitui a essência da máquina”.

*(Sir Joseph Barcroft, 1934)*

## RESUMO 432 PALAVRAS

**Introdução:** Evidências indicam que o sedentarismo é um dos fatores de risco para a ocorrência de enfermidades coronarianas, acidentes vasculares cerebrais e doenças arteriais periféricas. Estratégias que conciliem gasto energético e diversão podem ser uma alternativa importante no combate ao sedentarismo. Os jogos eletrônicos que demandam gasto energético têm apresentado respostas promissoras nessa área. **Objetivo:** O presente estudo objetivou fazer uma análise comparativa do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) e da resposta da frequência cardíaca (FC) entre uma corrida em esteira ergométrica e corrida estática utilizando o *exergame* Nintendo® Wii Fit. **Métodos:** Vinte e sete jovens saudáveis entre 20 e 30 anos, com média de  $24,1 \pm 2,5$ , foram submetidos a uma corrida em esteira ergométrica e posteriormente a uma corrida estacionária no *Wii Fit*, no mesmo ritmo de passadas do atingido na esteira. Utilizou-se medida direta de  $VO_2$  em ambas as situações de esforço, bem como a medição da FC. No período dos 2 minutos finais, as duas formas de exercício foram consideradas comparáveis. **Resultados:** O  $VO_2$  na esteira foi de  $30,3 \pm 2,7$  ml/Kg/min, enquanto na corrida no *Wii-Fit*® foi de  $26,5 \pm 2,9$  ml/Kg/min, com  $p=0,001$ , mostrando diferença estatisticamente significativa. A Frequência Cardíaca na esteira foi de  $161,3 \pm 16,0$  bpm, enquanto na corrida com o *Wii-Fit*® foi de  $159,5 \pm 17,4$  com  $p=0,455$ , não havendo diferença estatística significativa. **Conclusão:** O  $VO_2$  medido na corrida em esteira quando comparado aos valores obtidos na corrida com o *Wii Fit* mostrou diferença estatística significativa, enquanto que a FC nas duas situações não mostrou esta diferença. Contudo, as duas modalidades apresentaram diferença em relação a valores de  $VO_2$  e FC, quando comparadas ao repouso, sendo as duas consideradas atividades físicas vigorosas.

**Palavras – chave:** Jogo virtual, corrida virtual, Ergoespirometria, exergame.



## ABSTRACT

**Introduction:** Evidence suggests that a sedentary lifestyle is a risk factor for coronary artery disease, stroke, and peripheral arterial disease. Strategies that balance energy expenditure and fun can be an important alternative for combating the sedentary lifestyle. Electronic games that demand energy expenditure have shown promising responses in this area. **Objective:** The present study was to perform a comparative analysis of oxygen consumption and heart rate response between trotting on an ergometric treadmill and running at the same pace using a virtual static racing program (Wii Fit®). **Methods:** Twenty-seven healthy young male adults ( $24.1 \pm 2.5$  years) trotted on a treadmill and then ran in place at the same rate. **Results:** During the final two minutes, the two forms of exercise were considered comparable.  $VO_2$  was significantly higher ( $p=0.001$ ) when the subjects were exercising on the treadmill,  $30,3 \pm 2,7$  ml/kg/min, than during the Wii Fit® race,  $26,5 \pm 2,9$  l/kg/min. The average heart rate of the subjects was not significantly different ( $p=0,455$ ) on the treadmill,  $161,3 \pm 16,0$  bpm, compared with during the Wii Fit® race,  $159,5 \pm 17,4$ . **Conclusion:** The  $VO_2$  measured in treadmill running compared to the values obtained in the race with the Wii Fit showed statistically significant difference, whereas the HR in both cases did not show this difference. However, the two modes differ in relation to  $VO_2$  and HR when compared to rest, the two considered vigorous physical activity.

**Keywords:** virtual game, virtual jog, ergospirometry, exergame.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Figura 01 – Esteira ergométrica (Inbrasport Super ALT).....  | 48 |
| Figura 02 – Videogame Nintendo® <i>Wii Fit</i> .....   | 49 |
| Figura 03 – Analisador de gases (Cortex Metalyzer II).....   | 51 |
| Figura 04 – Primeira etapa do teste – Esteira.....   | 52 |
| Figura 05 A e B – Segunda etapa do teste – <i>Game</i> de corrida virtual.....                             | 53 |
| Figura 06 – Metronome utilizado para marcar as passadas.....   | 53 |
| Figura 07 – Variação do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ml/kg/min) durante a corrida na esteira e no Wii..... | 55 |
| Figura 08 – Variação da frequência cardíaca durante a corrida na esteira e no Wii.....                     | 56 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 01 – Protocolo da pesquisa.....  | 47 |
| Tabela 02 – Média, Mediana, Máximo, Mínimo e desvio padrão do O <sub>2</sub> durante a corrida na esteira e no <i>Wii</i> ..... | 57 |
| Tabela 03 – Média, Mediana, Máximo, Mínimo e desvio padrão da FC durante a corrida na esteira e no <i>Wii</i> .....             | 57 |
| Tabela 04 – Valores antropométricos da amostra.....   | 58 |
| Tabela 05 – Valores de VO <sub>2</sub> normais.....   | 59 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|                    |  |
|--------------------|--|
| AHA                | American Hearrt Association                |
| CO <sub>2</sub>    | Dióxido de carbono                         |
| DC                 | Débito Cardíaco                            |
| dif. a-V           | Diferença arteriovenosa                    |
| EXG                | Exergames                                  |
| FC                 | Frequência cardíaca                        |
| MET                | Equivalente metabólico                     |
| O <sub>2</sub>     | Oxigênio                                   |
| pO <sub>2</sub>    | Pressão de oxigênio                        |
| PUCPR              | Pontifícia Universidade Católica do Paraná |
| R                  | Razão de trocas gasosas                    |
| TMR                | Taxa metabólica de repouso                 |
| TE                 | Teste ergométrico                          |
| V <sub>E</sub>     | Ventilação                                 |
| VO <sub>2máx</sub> | Volume máximo de oxigênio                  |
| VS                 | Volume sistólico                           |

## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | 14 |
| 1.1 OBJETIVO.....  | 16 |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....   | 17 |
| 2.1 BENEFÍCIOS DA ATIVIDADE FÍSICA PARA A SAÚDE.....                               | 17 |
| 2.2 RESPOSTAS METABÓLICAS OBTIDAS DURANTE A ATIVIDADE FÍSICA.....                  | 20 |
| <b>2.2.1 Controle da frequência cardíaca durante a atividade física</b> .....      | 22 |
| <b>2.2.2 Índices de limitação funcional</b> .....                                  | 24 |
| <b>2.2.3 Limiar aeróbico</b> .....   | 25 |
| <b>2.2.4 Limiar anaeróbico</b> .....   | 27 |
| 2.3 CONSUMO DE ENERGIA DURANTE A ATIVIDADE FÍSICA.....                             | 29 |
| 2.4 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE FÍSICA – ERGOESPIROMETRIA.....                          | 31 |
| 2.5 VARIÁVEIS OBTIDAS NA ERGOESPIROMETRIA.....                                     | 33 |
| <b>2.5.1 Consumo de oxigênio</b> .....   | 33 |
| <b>2.5.2 Produção de dióxido de carbono</b> .....                                  | 35 |
| <b>2.5.3 Razão de trocas gasosas</b> .....   | 37 |
| <b>2.5.4 Limiar ventilatório</b> .....   | 38 |
| <b>2.5.5 Pulso de oxigênio</b> .....   | 38 |
| <b>2.5.6 Ventilação pulmonar</b> .....   | 39 |
| <b>2.5.7 Equivalentes ventilatórios para o oxigênio e dióxido de carbono</b> ..... | 40 |
| <b>2.5.8 Slopes de <math>V_E/V_{CO_2}</math></b> .....                             | 41 |
| 2.6 JOGOS VIRTUAIS – <i>EXERGAMES</i> .....  | 41 |
| <b>2.6.1 A plataforma Nintendo® Wii</b> .....                                      | 44 |
| <b>3 MATERIAS E MÉTODOS</b> .....  | 47 |
| 3.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....   | 54 |
| <b>4 RESULTADOS</b> .....  | 55 |
| <b>5 DISCUSSÃO</b> .....   | 59 |
| 5.1 FREQUÊNCIA CARDÍACA.....   | 61 |
| 5.2 CONSUMO DE $VO_2$ .....  | 62 |
| 5.3 CONSUMO DE ENERGIA – EQUIVALENTE METABÓLICO.....                               | 65 |
| 5.4 APLICABILIDADE DOS <i>EXERGAMES</i> .....                                      | 66 |
| 5.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....  | 67 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>6 CONCLUSÃO.....</b>                  | <b>68</b> |
| <b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b> | <b>69</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

No último século, assistiu-se a uma transformação sem precedentes no padrão de vida da sociedade. A mecanização, os avanços tecnológicos, a informatização e a presença cada vez mais frequente dos mecanismos que poupam esforços físicos têm conduzido a diminuição progressiva de atividades físicas no trabalho, em casa e no lazer resultando em um estilo de vida próprio que associa em sua rotina estresse, fumo, sedentarismo e alimentação excessivamente calórica<sup>1</sup>.

Nesse contexto, em se tratando de saúde pública, pode-se observar um aumento acentuado da mortalidade causada por doenças crônico-degenerativas gerando aumentos importantes nos custos financeiros dos sistemas de saúde pública e privada<sup>2,3</sup>. Estes novos hábitos de vida possibilitaram o aparecimento de um conjunto de doenças de etiologia não específica que são relacionadas às condições de vida próprias desta nova sociedade. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, esta tendência de elevação dos fatores de risco tende a persistir, principalmente os das doenças cardiovasculares, agravando ainda mais o quadro de morbidade e mortalidade elevada. Uma menor exposição aos fatores de risco predisponentes ao aparecimento dessas patologias é uma das principais ações de prevenção primária<sup>4</sup>.

Entre os fatores de risco modificáveis (dieta, fumo, hipercolesterolemia, hipertensão arterial, glicemia de jejum elevada, sobrepeso, estresse e inatividade física), a prática de exercícios físicos tem lugar de destaque para prevenção destes<sup>5</sup>.

Evidências recentes indicam que o sedentarismo é um fator de risco independente para enfermidades coronarianas, acidentes vasculares cerebrais e doenças arteriais periféricas. É possível prevenir a maioria das doenças crônicas não transmissíveis, bem como alterar o seu curso, melhorando o prognóstico e qualidade de vida dos indivíduos, com ações para a prevenção dos seus principais fatores de risco<sup>6</sup>.

Em nenhum momento histórico, como nos últimos anos, a prática de atividades físicas esteve tão presente na agenda de saúde pública, e no debate acadêmico da área da saúde<sup>7</sup>.

A atividade física caracteriza-se por uma situação que implica no aumento instantâneo da demanda energética da musculatura exercitada e, conseqüentemente, do organismo como um todo. Assim, para suprir a nova demanda metabólica, várias adaptações fisiológicas são necessárias e, dentre elas, as referentes à função cardiovascular. O aumento nas taxas de troca periférica de oxigênio e dióxido de carbono faz com que ocorram inúmeros ajustes nos dois principais sistemas envolvidos na captação e transporte dos gases: o sistema respiratório e o sistema cardiovascular<sup>8</sup>.

Objetivando o combate as doenças relacionadas ao sedentarismo, a Associação Americana do Coração (*American Heart Association, AHA*) e a Nintendo® anunciaram uma aliança, dando ao jogo interativo de realidade virtual, Nintendo® *Wii*, o selo *Heart Check* concedido pela *AHA*<sup>9</sup>. Os jogos de realidade virtual com transmissão de dados a distância (*wireless*), tem alta popularidade entre os jovens e se transformaram num novo recurso utilizado para terapias de reabilitação e atividade física<sup>10</sup>.

Estudos científicos vêm sendo realizados sobre o assunto tentando estabelecer de forma clara quais os benefícios do uso de jogos na reabilitação e na atividade física. Os resultados tem sido promissores para a saúde, além de a nova técnica ser divertida, barata e de fácil aplicação<sup>11</sup>. Estes jogos virtuais representam uma inovação na forma como os jogadores interagem, através da utilização de um dispositivo remoto que prevê uma forma mais intuitiva e realista dos movimentos realizados pelos jogadores. São projetados para serem divertidos e interativos, com partituras e diversos recursos motivacionais para incentivar o usuário a melhorar o seu desempenho (medalhas em jogo, comentários incentivadores, *playback* de vídeo, bônus, música, etc). Dessa forma, os jogadores não mais necessitam permanecer sentados em frente aos computadores ou consoles de *videogame* limitado por um



*joystick* com fio. Possibilitam ainda que jogadores se desloquem e interajam de diferentes formas no ambiente real, por meio de diferentes dispositivos e tecnologias de comunicação sem fio<sup>12</sup>.

Provavelmente, as possibilidades de utilização, com baixo custo, de tecnologias de percepção e atuação foram os principais motivos do surgimento de uma nova forma de jogo denominado *Exergames*, um termo relativamente novo usado para descrever o *game* interativo ou jogos eletrônicos que caracterizam o movimento do jogador, tal como ocorreria na “vida real”, no qual o indivíduo realiza uma participação ativa com o jogo, inclusive por meio de exercícios. Essa possibilidade de mistura entre exercício físico com jogo é o grande diferencial dos *exergames*, permitindo que a fascinação pelos *games* seja tão aproveitada quanto a prática do exercício físico. Evidências sugerem que a maior participação em *games* tradicionais (sem movimento corporal) está associada a uma pior saúde mental e física, o que justifica a tendência recente em desenvolver novos jogos que incorporem maior movimento físico. Esta tendência é um esforço para combater os efeitos negativos dos jogos que promovem o sedentarismo e, teoricamente, permitir que os fabricantes de jogos capitalizem sobre os potenciais efeitos positivos da prática de *exergame* sobre a aptidão física e saúde<sup>13</sup>.

## 1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise comparativa do consumo de oxigênio e da resposta da frequência cardíaca entre uma corrida em esteira ergométrica e uma corrida virtual utilizando o *game* Nintendo® *Wii Fit* em adultos jovens.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 BENEFÍCIOS DA ATIVIDADE FÍSICA PARA A SAÚDE

A prática regular de atividade física apresenta uma relação inversa com risco de doenças crônicas degenerativas e tem um efeito positivo na qualidade de vida e em outras variáveis psicológicas. Países desenvolvidos, por meio de instituições e organizações, têm concentrado seus esforços na área da saúde pública e na prevenção de várias doenças como as coronarianas e hipertensão. Para tanto, tem-se dado ênfase à redução do sedentarismo, mediante planos de adoção de atividade física regular para melhoria da saúde individual e coletiva<sup>14;15;16</sup>.

Os benefícios para a saúde e bem-estar decorrentes da prática regular de atividade física estão bem documentados. Além disso, a atividade física tem um papel fundamental na prevenção e controle da obesidade. Durante a adolescência, especificamente, há evidências de que a atividade física traz benefícios associados à saúde esquelética (conteúdo mineral e densidade óssea) e ao controle da pressão sanguínea e da obesidade<sup>17;18</sup>. Alguns estudos demonstraram, também, que programas de atividades físicas de intensidade moderada a vigorosa ajudam na redução da gordura visceral e dos níveis de triglicérides em crianças e adolescentes com sobrepeso. Além disso, há evidências de que a prática de atividade física na adolescência pode estar associada ao nível de atividade física na vida adulta<sup>19;20</sup>.

Como consequência dessas evidências, instituições científicas de todo o mundo vêm trabalhando para definir a dose mínima de atividades físicas necessárias para derivar benefícios à saúde. Sugere-se que os jovens devem participar diariamente atividade física de intensidade moderada a vigorosa por, pelo menos, 60 minutos<sup>15;20;21</sup>.

Apesar do reconhecimento da importância da atividade física como fator de promoção da saúde e de prevenção de doenças, a prevalência de exposição a baixos

níveis de atividade física é elevada e parece afetar pessoas de todas as idades. No Brasil pesquisas realizadas com adolescentes, de acordo com a região onde o levantamento foi realizado, o instrumento de medida utilizado e o contexto de vida ao qual as medidas se referem (lazer, deslocamentos, tarefas domésticas), os dados disponíveis sugerem que de 39% a 93% dos adolescentes estão expostos a baixos níveis de atividade física<sup>18;21</sup>.

Diversos documentos de vários países que tratam da prevenção e do tratamento de doenças incentivam a prática de atividade física regular como forma de promover, de manter e de melhorar a saúde geral de indivíduos e populações. Estes achados ganharam tal dimensão que hoje essas recomendações deixaram de ser recomendações exclusivas dos profissionais de saúde e passaram a fazer parte dos conselhos de pessoas comuns aos seus pares<sup>21</sup>.

As principais condições clínicas combatidas pela prática regular de exercícios físicos são as doenças ateroscleróticas coronarianas; a hipertensão arterial sistêmica; o acidente vascular encefálico; a doença vascular periférica; a obesidade; o diabetes mellitus tipo 2; a osteoporose e osteoartrose; o câncer de cólon, mama, próstata e pulmão; além de ansiedade e depressão. A maioria destas informações sobre o impacto positivo da atividade física para a saúde deriva de grandes estudos epidemiológicos, principalmente realizados nas décadas de 1970 e 1980<sup>1;2;4</sup>.

Os componentes da aptidão física relacionados à saúde são a capacidade aeróbica, a força e a flexibilidade. Dessa forma, a intervenção individual na prescrição adequada de exercícios físicos para melhoria da aptidão física relacionada à saúde deve abranger exercícios que possibilitem o desenvolvimento dessas três capacidades físicas. Neste nível de intervenção a condição de moderadamente ativo será atingida com um acúmulo de um mínimo de 30 minutos de atividade física moderada por cinco ou mais dias na semana, ou seja, um gasto calórico mínimo de 2.000 kcal semanais<sup>21</sup>.

Entende-se por atividades moderadas aquelas com gasto calórico de 4 a 7 Kcal/min (3 a 6 METs), tais como: caminhar rápido, pedalar, realizar tarefas domésticas, cuidar de crianças, nadar, carregar pacotes, jardinagem, entre outras. Neste caso, as recomendações são populacionais e objetivam tirar as pessoas do

status sedentário e levá-las para o nível moderadamente ativo, fato este que proporciona uma diminuição de aproximadamente 38% e 55% na taxa de morte causada por fatores ligados ao sedentarismo<sup>5;7;19</sup>.

É válido ressaltar que este gasto calórico não necessariamente deve ser proveniente de exercícios físicos estruturados. Sendo a prática de atividade física tão eficiente quanto os exercícios sistemáticos para a aquisição de bons níveis de saúde e prevenção de doenças crônico-degenerativas, visto que essa relação com o gasto calórico independe do fato dele ser proveniente de uma sessão de trinta minutos ou de dez sessões de três minutos<sup>22</sup>.

Estudos mostram que as empresas que adotaram programas de atividade física no local de trabalho, para seus funcionários, tiveram uma redução na ausência ao trabalho, nos custos médicos e aumento da produção e melhoria dos lucros<sup>22;23</sup>.

O sedentarismo não representa apenas um risco pessoal de enfermidades, mas tem um custo econômico elevado para o indivíduo, para sua família e para a sociedade. Apesar dos elevados investimentos para o controle das doenças cardiovasculares, as taxas de morbimortalidade têm sofrido poucas modificações nas últimas décadas. Os melhores resultados foram obtidos com programas direcionados às mudanças de hábitos, entre eles o combate às dietas ricas em colesterol, ao sedentarismo, a obesidade e o tabagismo. A obesidade na infância está associada com obesidade na vida adulta: 50% a 65% dos adultos obesos eram crianças ou adolescentes obesos<sup>22</sup>.

Nos países desenvolvidos, dentre os fatores de risco conhecidos para as doenças cardiovasculares, vários deles vêm apresentando declínio; o fumo, a hipertensão arterial sistêmica, o diabetes e os níveis séricos de lipídeos. Entretanto, a obesidade e o sedentarismo vêm apresentando uma curva ascendente. Estudos controlados evidenciaram que pacientes com coronariopatia que se envolvem com programas de atividade física regular diminuíram o risco de morte em 25%<sup>24</sup>.

Atualmente, há evidências suficientes para afirmar que é possível prevenir a maioria das doenças crônicas não transmissíveis, bem como alterar o seu curso, melhorando o prognóstico e qualidade de vida dos indivíduos, com ações para a

prevenção dos seus principais fatores de risco com destaque para o sedentarismo, tabagismo, alimentação inadequada, hipertensão arterial, obesidade<sup>22;23;24;25</sup>.

## 2.2 RESPOSTAS METABÓLICAS OBTIDAS DURANTE A ATIVIDADE FÍSICA

Durante a realização de exercício dinâmico o sistema cardiovascular responde prontamente com uma série de ajustes para assegurar o aporte sanguíneo adequado as necessidades metabólicas dos músculos em atividade, dissiparem o calor produzido e ainda manter o fluxo sanguíneo adequado para o cérebro e coração. Esses ajustes cardiovasculares são desencadeados a partir de neurônios reguladores centrais localizados na formação reticular do bulbo cerebral, que, por meio de informações aferentes, identificam a necessidade de adaptação dos sistemas cardiovascular e pulmonar diante da demanda metabólica que se impõe pelo exercício dinâmico<sup>20</sup>.

Mecanismos complexos ajustam a frequência e profundidade da respiração em resposta as necessidades metabólicas. Circuitos neurais retransmitem a informação proveniente dos centros superiores do cérebro, dos próprios pulmões e de outros sensores espalhados pelo corpo, de forma a contribuir para o controle da ventilação. Além disso, os estados gasoso e químico do sangue que banha o bulbo e os quimiorreceptores aórticos e carotídeos medeiam a ventilação alveolar. Nos indivíduos saudáveis, esses mecanismos de controle mantêm as pressões gasosas alveolares e arteriais relativamente constantes através de intensas adaptações<sup>21</sup>.

Nem os estímulos químicos, nem qualquer outro mecanismo isolado explica inteiramente o aumento na ventilação (hiperpnéia) durante a atividade física. Não há nenhum fator isolado para este controle, pelo contrário, os efeitos combinados e talvez simultâneos de vários estímulos químicos e neurais iniciam e modulam a ventilação alveolar no exercício. Uma das hipóteses para explicar tal fenômeno é que descargas

aferentes, a partir de centros motores superiores excitariam os neurônios bulbares, provocando os estímulos para os ajustes quando necessários. Alguns autores ponderam que, em consequência da natureza e da intensidade do exercício, estímulos locais, mecânicos e metabólicos sensibilizariam terminações nervosas de fibras dos tipos III e IV, promovendo a excitação bulbar<sup>22</sup>.

Sabe-se que a  $p\text{CO}_2$  arterial e a concentração do íon  $\text{H}^+$  são os fatores químicos mais importantes que atuam diretamente sobre o controle do centro respiratório, ou que modificam a sua atividade através dos quimiorreceptores, controlando a ventilação alveolar em repouso. Porém, existem fatores não químicos reguladores que aprimoram os ajustes ventilatórios ao exercício, incluindo a ativação cortical motor quando o exercício começa estímulos periféricos provenientes dos quimiorreceptores e mecanorreceptores articulares e musculares e ainda a elevação da temperatura corporal, que tem uma pequena influência neste mecanismo<sup>21</sup>.

Pode-se resumir a resposta ventilatória ao exercício em três fases. A primeira seria com o estímulo cortical mais a retroalimentação (*feedback*) para os membros ativos causando o aumento brusco da ventilação quando o exercício começa; a seguir, segunda fase, a ventilação sobe exponencialmente até alcançar um nível estável em relação às demandas de exercício; e finalizando, com a terceira fase, ocorrendo uma sincronização delicada da ventilação em estado estável através de mecanismos sensoriais periféricos, *feedback*<sup>21</sup>.

O declínio brusco na ventilação quando o exercício é interrompido reflete a retirada tanto do impulso do comando central quanto do influxo sensorial proveniente dos músculos previamente ativos. É mais do que provável que a fase de recuperação mais lenta resulte de diminuição gradual da potencialização, a curto prazo, do centro respiratório e restabelecimento do meio ambiente metabólico, térmico e químico normal do organismo<sup>24;25</sup>.

Diante da necessidade de aporte adequado de sangue aos territórios em atividade, conseqüente ao aumento da demanda metabólica, ocorrem elevação do

debito cardíaco, aumento da diferença arteriovenosa, redistribuição do fluxo sanguíneo e ajustes da pressão arterial sistêmica, resultando, na prática clínica, em elevação da pressão arterial sistólica e pouca ou nenhuma variação da pressão arterial diastólica<sup>21;22</sup>.

### **2.2.1 Aumento da frequência cardíaca durante a atividade física**

A frequência cardíaca tem sua regulação originária do nó sinusal, que recebe fibras parassimpáticas vindas do bulbo cerebral e que constituem parte do nervo vago, que também alcança o nó atrioventricular, além de fibras simpáticas que estimulam os ventrículos<sup>20;22</sup>.

Durante o exercício, mediado por um comando central e por reflexos periféricos<sup>20;21</sup>, ocorre aumento de descarga simpática e diminuição do tônus vagal, que, sinergicamente, promovem elevação da frequência cardíaca<sup>22</sup>. Esse aumento é linear, em relação ao consumo de oxigênio, e atinge seu valor máximo no mesmo patamar em que é máxima a captação de oxigênio. Se comparados indivíduos sedentários com indivíduos condicionados, no primeiro grupo encontramos frequência cardíaca de repouso mais elevada, assim como maior aceleração e maiores valores atingidos durante o exercício<sup>23</sup>.

A quantidade bombeada de sangue por batimento cardíaco, débito cardíaco, corresponde ao produto entre a frequência cardíaca e o volume de ejeção sistólico, sendo a elevação diretamente proporcional a modificação de suas variáveis diante dos exercícios, de modo isolado ou combinado. Quando da realização de um exercício isotônico, por exemplo, o consumo de oxigênio aumenta proporcionalmente ao débito

cardíaco e à diferença arteriovenosa de oxigênio. Nessa condição, o aumento do débito cardíaco deve ser acompanhado por um mecanismo eficiente de redistribuição de fluxo sanguíneo, visto que, nas estruturas musculares solicitadas, ocorre maior atividade metabólica<sup>22</sup>.

O volume de ejeção sistólico também aumenta quando se realiza um exercício em posição ortostática. Não existe, entretanto, consenso a respeito de se o valor máximo atingido ocorre em torno de 40% a 60% ou valor mais elevado em relação ao consumo máximo de oxigênio, ou, ainda, se pode aumentar progressivamente até que se alcance um débito cardíaco máximo<sup>23</sup>.

Na avaliação do comportamento hemodinâmico diante de esforço deve-se levar em consideração a aplicação das cargas de trabalho adequadas a capacidade funcional do indivíduo. Anormalidade do pico de pressão sistólica reflete aumento inadequado do débito cardíaco e/ou redução anormal da resistência vascular periférica. Condições associadas com hipotensão arterial no exercício costumam estar presentes, como doença arterial coronária grave, cardiomiopatia e situações de exercício vigoroso prolongado<sup>24</sup>.

Durante o exercício progressivo ocorre aumento da pressão arterial média, resultado da elevação da pressão arterial sistólica, que se modifica em razão direta com o aumento do débito cardíaco e da resistência periférica total. Em condições fisiológicas, a pressão arterial diastólica tem seu papel minimizado nessa elevação, pois sua variação ocorre de acordo com a eficiência vasodilatadora local dependente das arteríolas da musculatura lisa envolvidas na atividade, resultando em manutenção ou diminuição de resistência vascular local<sup>24</sup>.

A redistribuição de fluxo sanguíneo para os territórios musculares em atividade decorre de uma vasodilatação mediada por metabólitos, que, em nível local, promove alteração de pH, temperatura, pO<sub>2</sub>, osmolaridade e concentração de potássio. A vasodilatação local é mantida e aumentada por controle metabólico intrínseco mediado pela taxa metabólica elevada que promove aumento local da tensão de CO<sub>2</sub>,



de óxido nítrico, de potássio e de adenosina, com diminuição do pH e da tensão de  $O_2$ . Esse controle de regulação do fluxo sanguíneo é conhecido como autorregulação. A vasodilatação resultante desse processo diminui a resistência vascular e aumenta o fluxo para essa musculatura em atividade até 20 vezes o valor do repouso. Mesmo com o aumento do débito cardíaco, o fluxo sanguíneo não aumenta indiscriminadamente para territórios que não estejam sendo exercitados, porque nessas áreas ocorre aumento de resistência local consequente a descarga simpática difusa<sup>24</sup>.

### **2.2.2 Índices de limitação funcional**

No exercício ligeiro a moderado, a ventilação aumenta linearmente com o consumo de oxigênio e com a produção de dióxido de carbono, alcançando entre 20 e 25 l de ar para cada litro de oxigênio consumido. Nesse caso a respiração aumenta principalmente através de uma elevação do volume corrente com intensidades mais altas do exercício, a frequência respiratória passa a desempenhar um papel mais importante. Esses ajustes ventilatórios tornam possível a aeração completa de sangue, pois a  $PO_2$  e  $PCO_2$  alveolares permanecem próximas dos valores de repouso. O tempo de transito para o sangue nos capilares pulmonares continua sendo suficientemente longo para que ocorra o equilíbrio completo dos gases pulmonares-sanguíneos<sup>24;25</sup>.

Uma vez que o exercício físico impõe adaptações fisiológicas ao sistema cardiovascular e que, em função de uma crescente demanda de oxigênio, ocorrem ajustes cardiovasculares, como o aumento do débito cardíaco e da diferença

arteriovenosa de oxigênio, a caracterização de índices que consigam mensurar a aptidão física, como o consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2máx}$ ) e o limiar anaeróbio, trouxe benefícios tanto na área da pesquisa como na área clínica<sup>26</sup>.

### 2.2.3 Limiar aeróbico

A atividade física afeta o consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono mais que qualquer outro estresse fisiológico. Com o exercício, o oxigênio se difunde dos alvéolos para o sangue venoso que retorna aos pulmões enquanto aproximadamente a mesma quantidade de dióxido de carbono se desloca do sangue e penetra nos alvéolos. Simultaneamente, a ventilação alveolar aumenta para manter as concentrações gasosas apropriadas para a permuta gasosa rápida<sup>23</sup>.

O consumo máximo de oxigênio pode ser definido como o maior volume de oxigênio por unidade de tempo que um indivíduo consegue captar respirando ar atmosférico durante o exercício, sendo alcançado quando se atingem níveis máximos de débito cardíaco e de extração periférica de oxigênio, e não se conseguindo ultrapassá-lo com maior carga de trabalho muscular<sup>26</sup>.

O  $VO_{2máx}$  pode ser caracterizado como um índice que fornece uma avaliação da capacidade funcional de transporte e utilização de oxigênio, sendo o volume de ejeção sistólico máximo, o principal fator limitante de captação máxima de oxigênio na maioria dos indivíduos<sup>24</sup>. O  $VO_{2máx}$  tem sido bastante utilizado no diagnóstico e prognóstico de aptidão física e desempenho em atletas. Sua limitação, no aspecto prático, deve-se ao fato de existir grande homogeneidade desse índice em atletas de elite. Assim a

expectativa de discriminação ou previsão de desempenho em grupos de elite de uma mesma modalidade esbarra na seleção natural prévia que o esporte impõe. Sua maior aplicação prática acaba por ser caracterizada pela avaliação longitudinal do atleta em diferentes períodos de treinamento<sup>27</sup>.

Duas são as hipóteses na caracterização dos fatores que limitam o consumo máximo de oxigênio. Postula-se, primeiramente, que haveria uma limitação central, isto é, dependente do débito cardíaco máximo e do conteúdo de oxigênio no sangue arterial<sup>25</sup>, e, em segundo lugar, que a limitação seria periférica, expressa pela diferença arteriovenosa de oxigênio e pelo metabolismo tecidual. Em síntese, os fatores limitantes exprimem a capacidade do sistema cardiocirculatório em fornecer oxigênio para a célula em atividade e a capacidade tecidual de extrair esse oxigênio<sup>25;26</sup>.

O potencial de oxigênio captado em 100 ml de sangue pelos tecidos durante um ciclo cardíaco representa a diferença arteriovenosa de oxigênio. Na condição de repouso, 100 ml de sangue transportam aproximadamente 20 ml de O<sub>2</sub>, sendo a captação tecidual da ordem de 5%, ou seja, de aproximadamente 5 ml. Durante a atividade física ocorre aumento da diferença arteriovenosa de O<sub>2</sub> em consequência de acentuada extração do sangue arterial. Enquanto indivíduos não treinados conseguem extrair em torno de 15 ml de O<sub>2</sub> por 100 ml de sangue, indivíduos treinados, com maior densidade capilar e mitocondrial, conseguem incrementos de até 20%, demonstrando-se o efeito periférico benéfico do treinamento<sup>22;23;24</sup>.

#### 2.2.4 Limiar anaeróbio

Outro índice que reflete satisfatoriamente a aptidão física, e que pode ser empregado tanto na prática clínica como na avaliação e no treinamento de atletas, é o limiar anaeróbio. Há mais de sessenta anos, foi estabelecido o conceito de que acima de uma determinada intensidade de exercício haveria acúmulo de ácido láctico no sangue, acompanhado de aumento da excreção de gás carbônico e da ventilação<sup>27</sup>.

O exercício físico é acompanhado de aumentos proporcionais de consumo de oxigênio e da eliminação de gás carbônico até uma determinada intensidade. O termo limiar anaeróbio, caracteriza, num exercício de cargas crescentes, um nível de intensidade a partir da qual a ventilação e a produção de gás carbônico aumentam desproporcionalmente, elevando o quociente de trocas gasosas expresso pela razão entre o gás carbônico produzido e o consumo de oxigênio<sup>25;27</sup>. Essas alterações decorrem da desproporção entre aporte e demanda mitocondrial de oxigênio, aumentando a relação piruvato/lactato e levando, como consequência, ao início da acidose metabólica do exercício<sup>27</sup>.

Sintetizando, as reações químicas que ocorrem nesse processo podem ser descritas da seguinte forma: a produção aumentada de ácido láctico nas células musculares em atividade alcança, através da membrana celular, a corrente sanguínea, onde, tamponada pelo sistema do bicarbonato, forma lactato de sódio e ácido carbônico; este último, por ser altamente volátil, dissocia-se em gás carbônico e água<sup>27</sup>.

O início da acidose metabólica e o excesso de gás carbônico seriam os responsáveis pelo estímulo dos centros respiratórios que desencadeariam o aumento

desproporcional da ventilação que, por sua vez, em conjunto com níveis elevados de gás carbônico, provocaria a elevação do quociente respiratório<sup>28</sup>.

O limiar anaeróbio, que quando caracterizado exclusivamente em função das trocas respiratórias, recebe a denominação de limiar ventilatório<sup>22</sup>, pode ser definido como a intensidade de esforço, ou o consumo de oxigênio, acima da qual a produção de ácido láctico supera sua própria remoção, provocando hiperventilação<sup>24</sup>. Indivíduos não treinados apresentam, em geral, limiar anaeróbio em torno de 50% a 70% do consumo máximo de oxigênio. Atletas treinados utilizam maior fração do  $VO_{2máx}$ , podendo elevar o limiar anaeróbio até cerca de 85% do  $VO_{2máx}$ <sup>24;27</sup>.

O limiar anaeróbio tem sido largamente utilizado na prática, tanto no diagnóstico de aptidão física como, e principalmente, na prescrição de treinamento tanto para indivíduos sedentários como para atletas das mais diferentes modalidades. Em termos de aplicação prática, a expressão do limiar anaeróbio em velocidade de corrida quando o teste é realizado na esteira e em carga na bicicleta tem se mostrado extremamente útil. Para o treinador ou preparador físico, saber que seu atleta deve manter determinada velocidade para fazer um treinamento essencialmente aeróbio representa, efetivamente individualizar o trabalho em bases científicas. Por outro lado, a evolução do limiar anaeróbio tem se mostrado um indicador bastante útil para aferir o progresso do treinamento<sup>28</sup>.

Outra aplicação prática importante do limiar anaeróbio é a utilização do seu valor expresso em frequência cardíaca, o que possibilita, pela monitorização contínua desta variável fisiológica, diagnóstico preciso da natureza aeróbia ou anaeróbia das mais diferentes modalidades esportivas<sup>28</sup>.

### 2.3 CONSUMO DE ENERGIA DURANTE A ATIVIDADE FÍSICA

Um efeito fisiológico bem conhecido derivado da atividade física é que ela gasta energia. Um equivalente metabólico, ou MET (equivalente metabólico de tarefa), é uma unidade útil para descrever o gasto energético de uma atividade específica. É definido como a razão entre a taxa metabólica (e, portanto, a taxa de consumo de energia) durante uma atividade e o gasto energético (número de calorias) em repouso<sup>25</sup>.

A taxa metabólica de referência, definida por convenção é 3,5 ml O<sub>2</sub> kg/min (3,5ml de oxigênio por quilograma de massa corporal por minuto) equivalentemente a 1kcal ou 4,184kJ. Originalmente, 1 MET foi considerado como a taxa metabólica de repouso (TMR), obtida por um indivíduo do sexo masculino, em repouso, saudável, de 40 anos de idade e com 70 kg, sentado e quieto<sup>21;25</sup>.

Embora a TMR de qualquer pessoa possa ser diferente do valor de referência, os valores em MET indicam a intensidade das atividades físicas, mesmo quando comparadas entre pessoas de pesos diferentes. MET pode ser pensado como um índice que classifica a intensidade de esforço ao desenvolver as atividades: para uma atividade com um valor de 2 MET, como caminhar em um ritmo lento (por exemplo, a 3 km / h), seria necessário o dobro da energia que uma pessoa consome em média em repouso (por exemplo, sentado calmamente)<sup>21;25</sup>.

Em suma, uma pessoa pode usar o conceito MET para planejar ou monitorar os níveis de atividade física ou obter uma indicação da intensidade aeróbica e ordem de grandeza das despesas de energia para uma atividade específica<sup>24</sup>.

Do ponto de vista estritamente científico, as previsões estimadas estatisticamente para MET são imprecisas devendo ser tratada apenas como

indicativos, tendo em conta que ambos os RMR e consumo real de energia são altamente dependentes de fatores físicos e ambientais, tais como nível de adiposidade, condição física, a saúde cardiovascular, ou até mesmo a temperatura ambiente<sup>24</sup>.

Uma das principais indicações das diretrizes lançadas pelo Comitê Americano para orientação de atividade física é que os benefícios para a saúde da atividade física dependem, principalmente, do gasto energético total semanal. Em termos científicos, esta faixa é de 500 a 1.000 MET minutos por semana. Um intervalo é necessário porque a quantidade de atividade física, para produzir benefícios à saúde, ainda não pode ser identificada com um alto grau de precisão. Por exemplo, a atividade de 500 MET minutos por semana tem resultado numa redução substancial no risco de morte prematura, já uma atividade de mais de 500 MET minutos por semana é necessário para atingir uma redução no risco de câncer de mama. Quantidades de atividade abaixo desta faixa também trazem algum benefício. A relação dose-resposta continua mesmo na faixa abaixo 500 a 1.000 MET minutos, porém os benefícios provocados para a saúde de 1.000 MET minutos por semana são maiores do que as de 500 MET minutos por semana<sup>26</sup>.

Os valores metabólicos modificados durante uma atividade física podem ser aferidos e registrados pela ergoespirometria, um método que cada vez mais acrescenta qualidade ao diagnóstico da aptidão física e à monitorização do treinamento de atletas, permitindo, inclusive, que se introduza o conceito básico do treinamento científico que é o respeito à individualidade biológica de cada indivíduo<sup>28</sup>.

## 2.4. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE FÍSICA - ERGOESPIROMETRIA

Desde o início da década de 60, quando inaugurada a primeira bicicleta ergométrica no Instituto Estadual de Cardiologia Aloysio de Castro, no Rio de Janeiro, o teste ergométrico (TE) tornou-se, na medicina, um método investigatório em diversas situações clínicas, principalmente das doenças cardiovasculares<sup>24</sup>.

A expansão do procedimento teria alcançado ponto máximo quando, na presente década, sistemas computadorizados cada vez mais sofisticados, passaram a estar presentes nos laboratórios de ergometria. Entretanto, embora no enfoque eletrocardiográfico e, mesmo na avaliação da capacidade funcional em grande parte das situações clínicas, o procedimento habitual seja satisfatório, a análise dos gases expirados durante o TE, procedimento por alguns denominado ergoespirometria e, por outros, teste cardiopulmonar, acrescenta importantes informações de relevância clínica, além de apresentar elevado grau de reprodutibilidade<sup>24</sup>.

O interesse apenas recente da ergoespirometria em nosso país, contrasta com a sua utilização, já há várias décadas, em inúmeros serviços internacionais. Sua crescente, embora tardia, utilização pode ser atribuída à facilidade tecnológica, permitindo a utilização de equipamentos menores, de fácil manuseio, reduzido custo e boa precisão de dados, embora passíveis de algumas restrições e ao maior interesse do clínico em aprofundar conhecimento da funcionalidade cardiorrespiratória<sup>29</sup>.

A ergoespirometria é realizada simultaneamente ao TE, independente do ergômetro ou protocolo utilizado. Além da rotineira monitorização eletrocardiográfica e da pressão arterial, sistema de máscara ou bocal interligado a equipamento eletrônico, previamente calibrado, irá permitir a passagem de gases expirados, os quais serão analisados e registrados via impressora, a intervalos de tempo variáveis<sup>27;28</sup>.

Os dados obtidos poderão ser apresentados sob forma de tabelas e/ou gráficos, que facilitarão a identificação de índices e limiares observados durante o



exercício. Oximetria poderá ser também utilizada, visando acompanhar a resposta da saturação de oxigênio durante o exercício<sup>29</sup>.

Embora a informação prestada pelo paciente do grau de cansaço apresentado a cada minuto durante um TE possa fornecer informações indiretas das possíveis respostas metabólicas durante o esforço, frequentemente a margem de erro dessas observações pode ser considerável. A ergoespirometria nos permite identificar objetivamente a consequência respiratória das modificações metabólicas impostas pelo estresse do exercício<sup>30</sup>.

Considerando-se que, basicamente, a função do sistema cardiovascular e pulmonar é manter o processo de respiração celular e que uma maneira de se aferir essa função é por meio da análise do consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) e do gás carbônico produzido ( $VCO_2$ ), que por sua vez, variam com a intensidade de trabalho realizado<sup>1</sup>, a utilização de um teste de esforço no qual se consiga determinar o consumo de oxigênio e a eliminação de gás carbônico diretamente reflete, em última análise, a integridade desses sistemas, bem como suas adaptações durante a realização de um exercício<sup>23;24</sup>.

Na prática, a grande utilidade do teste cardiorrespiratório reside na determinação da capacidade funcional ou capacidade aeróbia, pela obtenção dos dois índices de limitação funcional mais empregados, que são o consumo máximo de oxigênio e o limiar anaeróbio ventilatório; portanto, pode e deve ser utilizado para, a avaliação de atletas, sedentários, cardiopatas, pneumopatas, etc<sup>23;24</sup>.

Para a atividade física, seja para iniciantes ou indivíduos com atividade regular, é o teste que discrimina a intensidade de exercício aeróbio a ser prescrita, considerando-se, obviamente, as informações da ergometria tradicional, implícitas no procedimento, associadas às informações sobre o mecanismo de transporte de gases envolvidos<sup>23;24;31</sup>.

Na avaliação fisiológica de atletas, das mais variadas modalidades, é o teste que se impõe pela quantidade de informações e pela facilidade de execução. É

utilizado para o diagnóstico das necessidades energéticas específicas nas diferentes modalidades, para o diagnóstico das capacidades funcionais individuais (avaliação dos índices de aptidão física, obtenção de médias de referência, cálculo dos desvios percentuais e diagnóstico geral da aptidão física), no treinamento específico, ou seja, num determinado esporte coletivo, como, por exemplo no futebol, diferenciam o treinamento para grupos de funções táticas distintas (zagueiros, laterais, volantes ou atacantes) e ainda na evolução dos índices de aptidão física com a reavaliação periódica, o diagnóstico individual da evolução e a periodização do treinamento<sup>23;24</sup>.

A ergoespirometria é capaz de expandir e aprofundar a avaliação dos indivíduos saudáveis, atletas, cardiopatas e pneumopatas, particularmente quando a análise acurada dos diversos dados se faz necessária. A experiência exposta na literatura evidencia amplo espectro na avaliação funcional, diagnóstica e prognóstica em diversas situações clínicas com alto grau de reprodutibilidade<sup>31</sup>.

## 2.5 VARIÁVEIS OBTIDAS NA ERGOESPIROMETRIA

### 2.5.1 Consumo de oxigênio

A interrupção precoce de um TE que se deseja máximo pode decorrer de fatores físicos de origem cardíaca ou não, psicológicos ou por avaliação subjetiva inadequada do paciente ou do médico, quanto ao que se consideraria verdadeiramente máximo<sup>31</sup>.

A ergoespirometria, concomitante também a fatores subjetivos, como a sensação de cansaço em escala de 0 a 10, e a fatores objetivos, como a mobilização

adequada da reserva de frequência cardíaca, poderá identificar a não significativa elevação do consumo de oxigênio durante o esforço e, também, caracterizar o real consumo máximo de oxigênio do indivíduo avaliado<sup>31</sup>.

A interrupção do exercício antes desta observação, particularmente quando a elevação fisiológica da produção de CO<sub>2</sub> pelo organismo não ultrapassa em 10% aos também valores crescentes de VO<sub>2</sub>, caracteriza a interrupção do esforço como em nível submáximo<sup>23</sup>.

O VO<sub>2</sub> reflete o volume de O<sub>2</sub> extraído do ar inspirado, pela ventilação pulmonar, em um dado período. Pode ser expresso em litros ou mililitros de oxigênio por minuto ou, ainda, em mililitros de oxigênio por quilograma de peso corporal por minuto (ml.kg.min<sup>-1</sup>), facilitando as comparações entre os indivíduos<sup>23</sup>.

Em condições “estado-estáveis” de exercício moderado, a medida de VO<sub>2</sub> é uma estimativa confiável do consumo periférico do O<sub>2</sub> pelos tecidos, ou seja, a real quantidade de O<sub>2</sub> utilizada pelos processos metabólicos corporais por unidade de tempo<sup>23</sup>.

O VO<sub>2</sub> é uma medida de tempo objetiva da capacidade funcional. Reflete a capacidade do sistema cardiopulmonar em manter fluxo sanguíneo adequado as necessidades metabólicas do músculo esquelético em atividade. É determinado pelo produto do débito cardíaco (DC) pela diferença arteriovenosa (dif. a-V) de oxigênio em um determinado momento. Também pode ser determinado pelo produto obtido, num dado período, entre a ventilação (produto da frequência respiratória pelo volume de ar expirado) minuto e o oxigênio consumido, sendo este o resultado da diferença entre o O<sub>2</sub> inalado e o O<sub>2</sub> exalado<sup>23</sup>. Pode ser representado pela equação de Fick<sup>21</sup>:

$$VO_2 = DC \cdot (dif. a-V) \cdot O_2$$

$$DC = VS \cdot FC$$

onde: DC= débito cardíaco; VS= volume sistólico; dif. a-V= diferença arteriovenosa

O consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2m\acute{a}x}$ ) é, na prática, definido como o maior valor atingido de  $VO_2$  durante um teste de cargas incrementais, a partir do qual existe o aparecimento de um platô de  $VO_2$ , apesar do aumento progressivo da carga aplicada. Entretanto, em algumas situações, esse platô pode não ser alcançado antes do aparecimento de sintomas limitados pelo esforço. Nesses casos, o maior valor de  $VO_2$  atingido é caracterizado como  $VO_2$  pico, e é geralmente utilizado como estimativa de  $VO_{2m\acute{a}x}$ . Como o  $VO_{2m\acute{a}x}$  é normalmente alcançado em exercícios que envolvem apenas cerca da metade do total da musculatura corporal, acredita-se que, em geral, o  $VO_{2m\acute{a}x}$  seja limitado pelo débito cardíaco máximo em vez de fatores periféricos<sup>23;24</sup>.

O  $VO_{2m\acute{a}x}$  medido pode atingir valores de  $30 \text{ ml.kg.min}^{-1}$  a  $50 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ , ou seja, um aumento de 15 vezes o valor de  $VO_2$  obtido em repouso (cerca de  $3,5 \text{ ml/kg/min}$ ). Em atletas, o  $VO_2$  atinge valores até 20 vezes maiores que os de repouso (até  $80 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ )<sup>24</sup>.

$VO_{2m\acute{a}x}$  (ou pico) baixo pode refletir problemas com o transporte de oxigênio, limitação pulmonar, extração de  $O_2$  pelos tecidos, limitações neuromusculares ou músculo-esqueléticas e, é claro, grau de esforço realizado<sup>24</sup>.

### **2.5.2 Produção de dióxido de carbono ( $VCO_2$ )**

A produção de  $CO_2$  reflete o volume de  $CO_2$  adicionado ao ar expirado pela ventilação pulmonar, num dado período, podendo ser expresso em litros ou mililitros por minuto<sup>23</sup>.

A produção de  $CO_2$  durante o exercício é determinada por fatores similares aos envolvidos na determinação do consumo de  $O_2$  pelo sangue e a troca gasosa tissular.

Entretanto, como o  $\text{CO}_2$  é muito mais solúvel nos tecidos e no sangue, o  $\text{VCO}_2$  medido no ar expirado depende muito mais de ventilação que o  $\text{VO}_2$ . A produção de  $\text{CO}_2$  pelo organismo decorre do metabolismo oxidativo ( $\text{CO}_2$  metabólico). Aproximadamente 75% do oxigênio consumido é convertido em dióxido de carbono e eliminado pelos pulmões. Em exercícios de baixa intensidade, o  $\text{VCO}_2$  aumenta de modo linear com o aumento do  $\text{VO}_2$  e com o incremento da ventilação ( $V_E$ ). Em cargas mais elevadas de exercício, o metabolismo anaeróbico produz ácido láctico, que é um ácido forte, de rápida dissociação. Ou seja, virtualmente, não existe produção de ácido láctico durante o exercício e, sim, anion lactato e próton  $\text{H}^{+23;31}$ .



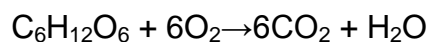
Onde:  $\text{H}^+$ =próton;  $\text{HCO}_3$ = anion lactato;  $\text{H}_2\text{CO}_3$ = bicarbonato.

O aumento do  $\text{CO}_2$  determina elevação imediata de  $V_E$  com o intuito de eliminar, pelo ar expirado, o excesso de  $\text{CO}_2$ . Assim, o  $\text{VCO}_2$  relaciona-se intimamente com a  $V_E$  durante o exercício, mantendo o pH dentro da normalidade na maioria das condições. O  $\text{VCO}_2$  e a  $V_E$  elevam-se em paralelo ao  $\text{VO}_2$  até intensidades de exercício de 50% a 70% do  $\text{VO}_2$  máximo. Acima dessas intensidades, a  $V_E$  eleva-se desproporcionalmente ao  $\text{VO}_2$ , já que, com o aumento da intensidade, o lactato e o íon  $\text{H}^+$  são produzidos em taxa maior que aquela removida do sangue, gerando  $\text{CO}_2$  extra decorrente do tamponamento dos íons  $\text{H}^+$  pelo bicarbonato. O  $\text{CO}_2$  produzido em excesso estimula o aumento desproporcional da ventilação<sup>23;24;31</sup>.

### 2.5.3 Razão de trocas gasosas

A razão de trocas gasosas (R) representa a relação entre a produção de CO<sub>2</sub> e o consumo de O<sub>2</sub> medidos no ar expirado (VCO<sub>2</sub>/ VO<sub>2</sub>). Em repouso, 75% do O<sub>2</sub> consumido é convertido em CO<sub>2</sub>, com o R variando de 0,75 a 0,85 nessa situação<sup>24</sup>.

O valor de R depende muito do tipo de combustível utilizado para a produção de energia; quando igual a 1,0 indica metabolismo predominantemente de carboidratos<sup>24</sup>.



$$R = \text{VCO}_2/\text{VO}_2 = 6\text{CO}_2/6\text{O}_2$$

$$R = 1,0$$

Quando o combustível utilizado é predominantemente a gordura, o valor de R é de 0,7. Em repouso e nas fases iniciais do exercício, o valor de R é próximo a 0,7, indicando predomínio dos lipídeos em relação aos carboidratos como combustível de escolha para a produção de energia. Com o aumento da intensidade do exercício, o valor de R também aumenta, refletindo a utilização cada vez maior de carboidratos até que, em intensidades mais elevadas de exercício, o R atinge valor de 1,0, ou seja, os carboidratos tornam-se a principal fonte de energia para o organismo<sup>24</sup>.

#### 2.5.4 Limiar ventilatório

O limiar ventilatório é definido como a intensidade de exercício a partir da qual ocorre acúmulo sustentado de lactato na corrente sanguínea, acima de seus valores de repouso. Pode ser determinado de maneira direta, invasiva, do lactato no sangue e ou, então, determinado de maneira indireta, não-invasiva, pela análise das respostas ventilatórias e das trocas gasosas<sup>31</sup>.

#### 2.5.5 Pulso de oxigênio

O pulso de oxigênio reflete a quantidade de oxigênio consumido a partir do volume de sangue entregue aos tecidos a cada batimento cardíaco. É calculado dividindo-se o consumo de oxigênio (ml/min) pela frequência cardíaca. É a relação  $VO_2$ /frequência cardíaca que pode ser entendida como índice de eficiência do sistema de cardiotransporte de oxigênio<sup>24</sup>.

Os valores normais em repouso variam de 4 a 6 ml/min, podendo atingir valores de 10 a 20 ml/min com o esforço máximo. Seus valores aumentam durante os exercícios incrementais, em decorrência aos aumentos tanto do volume sistólico como a da extração de  $O_2$ . A habilidade da musculatura esquelética em aumentar a extração de  $O_2$  durante exercício aeróbico representa menor participação, mas ainda importante papel na determinação da capacidade aeróbica<sup>24</sup>.

Em indivíduos saudáveis, a diferença na concentração de  $O_2$  entre o sangue arterial e o venoso aumenta de 4-5ml $O_2$ /100ml em repouso para 14-16 ml $O_2$ /100ml no

exercício máximo. Isso é resultado do aumento da extração de  $O_2$  de cerca de 23% em repouso para valores superiores a 85% em exercícios intensos<sup>24</sup>.

A análise deste índice, particularmente, quando avaliado simultaneamente à resposta tensional sistólica, permitirá informações adicionais da função ventricular sob a sobrecarga do exercício<sup>24</sup>.

### 2.5.6 Ventilação pulmonar

A ventilação pulmonar, que representa o volume de ar exalado expresso em litros por minuto, é determinada pelo produto da frequência respiratória pelo volume de ar expirado a cada ciclo (volume corrente)<sup>23</sup>.

Durante a fase inicial de exercício de intensidade progressiva e constante, a produção de  $CO_2$  é crescente e relativamente linear e paralela ao consumo de oxigênio -  $VO_2$ <sup>23</sup>.

O limiar anaeróbio, através da ergoespirometria, pode ser identificado pelo registro do ponto em que se inicia a exacerbação da produção de  $CO_2$ . Tal observação decorre do tamponamento sanguíneo do ácido láctico pelo bicarbonato resultando  $H_2O$  e  $CO_2$ , como elementos finais. O  $CO_2$  produzido em relação ao oxigênio consumido -  $VCO_2/VO_2$  - relação denominada quociente respiratório, é utilizado na ergoespirometria como uma das referências na identificação do limiar anaeróbio. Assim, simultaneamente, eleva-se a ventilação pulmonar, porém sem proporcional elevação do consumo de oxigênio, resultando em aumento da relação  $VE/VO_2$  - equivalente respiratório de  $O_2$  - que é um índice utilizado na avaliação da eficiência respiratória<sup>24;31</sup>.



Em indivíduos normais saudáveis, a  $V_E$  aumenta de modo linear com a  $V_{CO_2}$  durante o exercício moderado, sendo necessários cerca de 23-25 l de  $V_E$  para eliminar 1 l de  $CO_2$ . A partir do ponto de compensação respiratória, entretanto, a  $V_E$  aumenta desproporcionalmente em relação a  $V_{CO_2}$ , objetivando compensar a progressiva acidose metabólica que se desenvolve com o aumento da intensidade de exercício. A  $V_E$  máxima atinge valores maiores em indivíduos treinados, jovens e do sexo masculino<sup>25</sup>.

### **2.5.7 Equivalentes ventilatórios para o oxigênio ( $V_E/V_{O_2}$ ) e dióxido de carbono ( $V_E/V_{CO_2}$ )**

Representam as razões entre a ventilação ( $V_E$ ) o consumo de  $O_2$  a produção de  $CO_2$  e o consumo de oxigênio ( $V_E/V_{O_2}$  e  $V_E/V_{CO_2}$ , respectivamente), em um determinado momento. São úteis na detecção dos limiares de lactato. O  $V_E/V_{O_2}$  reduz-se progressivamente desde o início do exercício até seu ponto mais baixo, e, a partir daí, aumenta até valores máximos quando o pico do exercício é atingido<sup>21</sup>.

O  $V_E/V_{CO_2}$  também decresce durante o exercício até o primeiro limiar, porém, ao contrário de  $V_E/V_{O_2}$ , eleva-se somente após o ponto de compensação respiratória<sup>21</sup>.

Valores elevados dos equivalentes em repouso e no exercício leve a moderado, principalmente quando associados a pressões expiratórias finais baixas, sugerem hiperventilação<sup>24</sup>.

Entretanto,  $V_E/V_{CO_2}$  elevado no seu limiar é indicador de má eficiência ventilatória, sugerindo alta relação espaço-morto fisiológico/volume corrente e  $PCO_2$  baixa. O

$V_E/V_{CO_2}$  é inferior a 32-34 (valor médio de 25 em jovens), no ponto mais baixo e menor que 36 (raramente 40) no exercício máximo em indivíduos normais<sup>21</sup>.

### 2.5.8 Slope de $V_E/V_{CO_2}$

Um dos parâmetros mais estudados na avaliação cardiorrespiratória de exercício é o comportamento ventilatório, ou seja, a eficiência ventilatória, que pode ser traduzida pela relação entre ventilação minuto e a produção de dióxido de carbono. A inclinação dessa relação, caracterizada em classes de acordo com seus valores, guarda importância prognóstica para a mortalidade, especialmente em portadores de insuficiência cardíaca. Arena *et al.* (2007) demonstraram que o valor de  $V_E/V_{CO_2}$  slope foi discriminante para curva de sobrevida livre de eventos, independentemente do momento do exercício mensurado, quer pré-limiar ventilatório ou pico de exercício<sup>28</sup>.

## 2.6 JOGOS VIRTUAIS – EXERGAMES

A realidade virtual surgiu a partir de 1950, com os simuladores de vôo para testes; entretanto, a potencialidade desse instrumento para o treinamento expandiu a aplicação da tecnologia para as diversas áreas, como Medicina, Engenharia, Arquitetura, Psicologia e Educação. A interface da realidade virtual é a tecnologia responsável por esse conjunto de ferramentas utilizadas na educação, pois é capaz de

proporcionar uma maior interação com o usuário, na qual a possibilidade de visualizar ambientes diversos juntamente com outros órgãos do sentido, como audição e tato, aumenta a sensibilidade do usuário. Portanto, não se trata de uma simples adaptação às novas tecnologias, o acoplamento com os computadores deve ser entendido pelos sistemas cognitivos que podem ser produzidos, com o desenvolvimento do pensamento estratégico, do raciocínio e da percepção. *Games*, por exemplo, estão sendo usados como ambientes virtuais de aprendizagem (AVA) para trabalhar habilidades cognitivas, atenção visual, memória e resolução de problemas em crianças<sup>32</sup>.

Os jogos educativos se baseiam no interesse pelo lúdico, independentemente da faixa-etária, e podem promover ambientes de aprendizagem atraentes, constituindo-se em um recurso interessante para o estímulo e desenvolvimento integral do aluno. Assim, surgem diferentes modalidades de jogos digitais capazes de desenvolver diferentes habilidades<sup>33</sup>.

Recentemente, devido à possibilidade de utilização, com baixo custo, de tecnologias de percepção e atuação e aos avanços nas tecnologias da informação e comunicação, aliado aos problemas relacionados ao sedentarismo humano, surgiu uma nova classe de *games* denominada *exergame* (EXG)<sup>34</sup>. Esta proporciona ao usuário, além das habilidades citadas anteriormente, o desenvolvimento de habilidades sensoriais e motoras, graças à possibilidade de estimulação perceptiva e de atuação, propiciada por mecanismos de realidade virtual e tecnologias de rastreamento e atuação. Alguns exemplos atualmente disponíveis no mercado são o Nintendo® *Wii*, *XBOX* e *Play Station*. Neles, a interface é desenvolvida para utilizar o movimento humano como dados de entrada, com intenção de aumentar o gasto calórico e interatividade<sup>35</sup>.

São conhecidos na literatura como *exergames*, que, por definição, é a combinação do exercício físico com o *game*, permitindo que a fascinação pelos *games* seja tão aproveitada quanto a prática de exercício físico<sup>36</sup>. Esse novo tipo de interação, surgida recentemente, recebeu maior atenção de uma área da computação conhecida como *Human Computer Interaction*. Outros termos também são utilizados

para definir o referido tipo de interação homem computador. São sinônimos para EXG: *exertion interfaces*, *physically interactive game*, *sports interface*, *sports over a distance*, *active videogame*, *exergaming*, *exertion games*, *bodily interfaces* e *embodied interfaces*<sup>32</sup>.

Os EXG são uma nova ferramenta educacional para as Ciências da Saúde, especialmente para a Educação Física, visto que o movimento humano é característica fundamental nesses tipos de *games*<sup>37</sup>. Alguns autores apontam vários aspectos educacionais nos *games*, contudo classificam os *games* tradicionais como atividades sedentárias. Em comparação com os EXG, o aspecto lúdico do jogo e a fascinação da realidade virtual estão contribuindo para o crescente sucesso de tais jogos. Dados empíricos revelam que professores de Educação Física e Fisioterapeutas têm utilizado EXG nas aulas e em trabalhos de reabilitação. Algumas escolas nos EUA adotaram o uso desses *games* nas aulas de Educação Física, pois é uma atividade que proporciona gasto calórico e entretenimento. Na área da Fisioterapia, para muitos trabalhos de controle do movimento e equilíbrio, os mesmos também têm sido utilizados<sup>38</sup>. A possibilidade de utilizar o movimento humano como parte integrante do jogo cria um ambiente favorável para o ensino/ aprendizagem, estabelecendo-se como potencial ferramenta didático-pedagógica a ser investigada pela comunidade científica<sup>32</sup>.

Um *exergame* de grande sucesso foi o *Dance Dance Revolution* (DDR), criado em 1998. Sua fórmula “mágica” inclui nada mais que dança, *game* e música. Outros *games*, como *Eye Toy*, do *Play Station*, também permitem essa interação e, portanto, podem ser classificados como EXG<sup>13</sup>.

Os *exergames* de programa com transmissão de dados a distância (*wireless*), já ganharam popularidade entre os jovens, são os novos recursos utilizados em terapia de reabilitação. Com este recurso, a terapia fica mais dinâmica e envolvente<sup>38</sup>. Estudos científicos já se debruçam sobre o assunto, tentando estabelecer de forma clara quais os benefícios do uso do *game* na reabilitação. Os resultados tem sido promissores para a saúde, além de a nova técnica ser divertida, barata e de fácil aplicação<sup>39</sup>.

Os *games* têm sido incorporados nos programas de reabilitação para pacientes com disfunções ortopédicas e neurológicas, bem como para programas de atividades físicas em pacientes idosos. A tecnologia é bem recebida pelos pacientes que estão no processo de reabilitação. Representam uma inovação na forma como os pacientes interagem com os jogos, através da utilização de um dispositivo remoto que prevê uma forma mais intuitiva e realista de interação. O método pretende acima de tudo, que os pacientes adquiram as capacidades perdidas. É também recomendado no uso doméstico para prática diária de atividade física e por ser um instrumento que ocupa pouco espaço nas clínicas, permite e oportuniza aos atletas treinamentos que antes exigiriam grandes espaços para simular situações “reais” peculiares a cada esporte, durante a reabilitação<sup>9</sup>.

Em recente estudo realizado com crianças entre 8 e 12 anos, fez-se uma comparação entre a frequência cardíaca (FC) e o consumo de oxigênio durante o uso dos *games* que exigiam esforço físico, *Wii Sports Boxing*, com os que não exigiam, “tradicional vídeo *games* sedentários” e ainda o nível de satisfação entre as crianças que os jogavam. Observou-se que existiu um aumento da FC e consumo de oxigênio entre as crianças do grupo que jogaram *Wii*, e ainda um índice maior de satisfação relacionado ao entretenimento<sup>10</sup>.

### **2.6.1 A Plataforma Nintendo®*Wii***

O Nintendo®*Wii* é o console da Nintendo® que inovou o mercado com um paradigma de interação diferenciado, trazendo uma nova forma de jogar. Através de um controle sem fio, o aparelho capta os movimentos realizados pelo usuário, os interpreta e depois transporta para o jogo<sup>40</sup>.

Existem alguns acessórios que podem ser acoplados ao *Wii* e com eles podem ser trabalhados diversos grupos musculares. Para os membros inferiores

utiliza-se o acessório *Balance Board*. Já para os membros superiores utiliza-se o *Wiimote* ou *Wiiremote*, um controle remoto conectado ao console do videogame por comunicação via *Bluetooth*, que capta os movimentos realizados pelo usuário ao movê-lo. Ainda possui três acelerômetros responsáveis por interpretar os movimentos tridimensionais (eixos x, y e z), além de um sistema de vibração e um pequeno alto-falante que emite sons simples como o bater da espada, o som de um tiro ou até raquetadas de tênis. Ao movimentar o controle, os movimentos do jogador são captados e transmitidos por uma barra de sensores. Assim, os movimentos físicos do usuário são refletidos na projeção, de um modo que os movimentos virtuais sejam semelhantes àqueles empreendidos no plano material, como se o personagem, do lado de “dentro” do jogo, tivesse as mesmas reações ou ações parecidas com as da pessoa que está portando o *Wiiremote*<sup>13,37</sup>.

O *Wii* apresenta-se com duas opções de pacotes de jogos, o *Wii Fit* e o *Wii Sports*. O *Wii Fit* é um pacote de jogos que busca tornar a vida do jogador mais saudável, oferecendo jogos que estimulam a realização de exercícios aeróbicos, de condicionamento muscular, de equilíbrio e força, como prática de skate, cooper, snowboard e yoga. O *Wii Sports* oferece ao jogador cinco atividades desportivas distintas (tênis, beisebol, golfe, boliche e boxe), cada uma utilizando o controle do *Wii* para uma sensação mais natural, intuitiva e realista. Os jogadores podem utilizar as suas próprias caricaturas, *Mii*, no jogo e jogar contra os *Miis* dos seus amigos, para uma experiência mais personalizada. À medida que os jogadores melhoram, os níveis de habilidade dos seus *Miis* aumentam, de forma que eles possam verificar seu nível de progressão<sup>13;33;37</sup>.

O Nintendo® *Wii* é o quinto console doméstico apresentado pela Nintendo®, sua proposta de interatividade foi inovadora e proporcionou uma evolução de novas possibilidades de jogos na história dos videogames. Enquanto fabricantes fizeram inovações em seus sistemas de geração gráfica, melhorando as velocidades de processador, a Nintendo® criou um sistema que mudou a essência de como os videogames são jogados<sup>41</sup>.

A proposta destes jogos ratificou, sobretudo, a ideia de um aparelho simples e divertido, que interessa tanto a crianças quanto aos pais, fazendo do console do Nintendo® *Wii* um espaço de sociabilidade por meio do compartilhamento de uma experiência corporal. É interessante observar que as discussões sobre o caráter inovador da interatividade com o usuário do Nintendo® *Wii*<sup>38</sup>.

Pode-se concluir que o Nintendo® *Wii* é uma tecnologia que se insere nesta tendência atual de valorização do corpo nos processos de interação, mas que, ao contrário dos outros consoles, teve grande impacto por ter investido na ideia de uma interação física “mais efetiva”, além da necessidade dada pelo console de uma participação grupal, dentro de um coletivo<sup>32</sup>.

Atualmente, o *Wii* está presente em várias casas no mundo em academias e clubes que o utilizam para propiciar atividade física e viabilizar a interação com diferentes esportes. Além de sua influência doméstica, é bastante utilizado em pesquisas científicas com indivíduos que apresentam déficit de atenção<sup>30</sup>, promoção da atividade física, idosos e uma das áreas mais investigadas é na correlação de atividades praticadas no *Wii* com gasto energético<sup>40;42</sup>.

Como a prática de promoção de jogos de vídeo requer movimento, não se deve surpreender que aumente os gastos energéticos, especialmente em comparação com situações de repouso<sup>10;32</sup>.

Uma possibilidade interessante da utilização do Nintendo® *Wii* são nas deficiências físicas e disfunções neuromotoras. Muitos autores realizaram trabalhos com o *Wii* em deficientes e verificam uma área bastante promissora e que deve ser incentivada, não somente a sua utilização prática, mas também a realização de pesquisas que comprovem a eficácia da realidade virtual na melhora da funcionalidade de diversas deficiências<sup>43;44;45;46</sup>.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Após a aprovação do estudo pelo Comitê de Ética em pesquisa da Universidade Católica do Paraná (PUC-PR) e a assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), foram realizados 27 (vinte e sete) testes analíticos para a medida do consumo de oxigênio ( $VO_2$  ml/kg.min) e frequência cardíaca (FC) em estudantes, do sexo masculino do curso de medicina da PUC-PR, com idade variando entre 20 e 30 anos, com média de  $24,1 \pm 2,5$ , a média de peso de  $78\text{kg} \pm 11,2\text{kg}$ , média de altura de  $178,3\text{ cm} \pm 8,4\text{ cm}$  e IMC de  $24,5 \pm 3,0$ .

Os participantes foram inicialmente submetidos a uma avaliação clínica, anamnese e exame físico pelo médico responsável da CLINICOR, Clínica do coração em Curitiba-Paraná. Durante o exame físico realizou-se a pesagem e a medida antropométrica com uma balança da marca Filizola® e aferição da pressão arterial com um estetoscópio Littman®, Modelo Classic II e esfigmomanômetro BD®. Após a avaliação clínica todos realizaram 12 (doze) minutos de corrida em esteira ergométrica (Inbrasport Super ATL) (figura 01) e 12 (doze) minutos de corrida virtual utilizando o videogame Nintendo® *Wii Fit* (figura 02).

Todos os participantes seguiram o seguinte protocolo (tabela 01):

Tabela 01. Protocolo da pesquisa.

|            | CORRENDO NA ESTEIRA |       |       | Total  | Repouso | CORRENDO NO WII |
|------------|---------------------|-------|-------|--------|---------|-----------------|
| Tempo      | 4 min               | 4 min | 4 min | 12 min | -----   | 12 min          |
| Velocidade | 6km/h               | 7km/h | 8km/h | -----  | -----   | 7 ou 8km/h      |

Para a mensuração do gasto energético, utilizou-se medida direta de consumo de oxigênio ( $VO_2$  ml/kg/min), em teste submáximo em ambas as situações de esforço, bem como a medição da FC por um sistema computadorizado de eletrocardiograma.



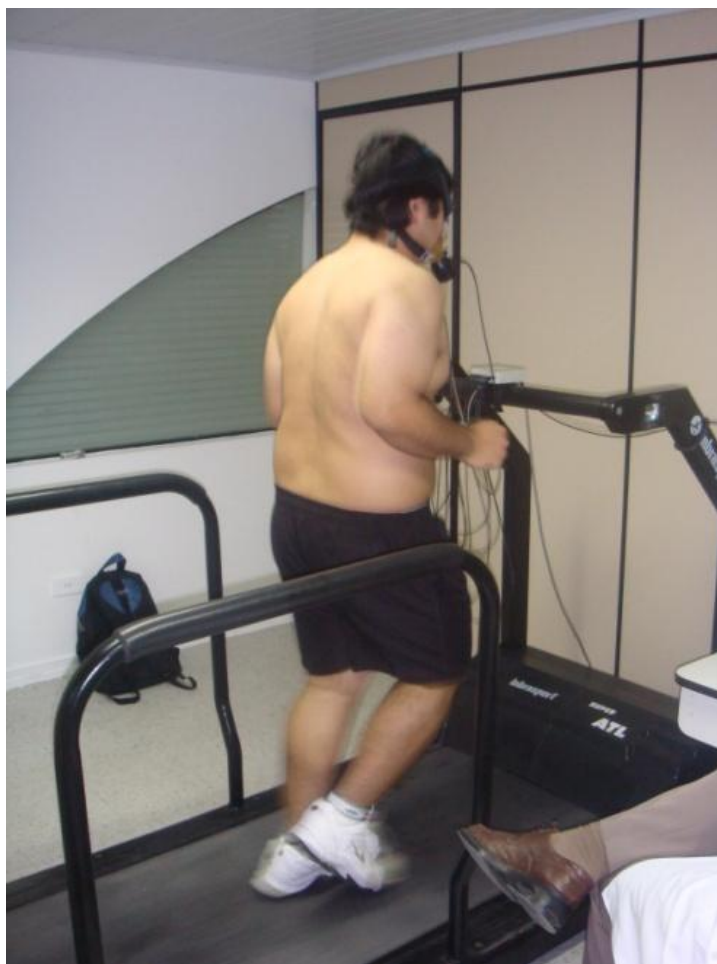


Figure 01. Esteira ergométrica (Inbrasport Super ATL)

A captação dos gases espirados foi feita através de máscaras de silicões de diferentes tamanhos (*Cortex Biophysik GmbH*) com emprego de medida do tipo câmara de mistura, *mixer chamber*, com intervalos de leitura de 10 (dez) segundos, e por um analisador de gases (*Cortex Metalyzer II*) (figura 03) previamente calibrado e processados pelos *Softwares ErgoPC Elite* e *Metasoft*. Todo o procedimento da

Ergoespirometria foi realizado e interpretado pelo médico especialista em fisiologia do exercício da CLINICOR.



Figure 02. Videogame Nintendo® *Wii* Fit

Foram incluídos somente os adultos jovens, do sexo masculino, não praticantes de atividade física e que durante a anamnese e exame físico não relataram e/ou apresentaram sinais de alguma doença de base e limitação física. Os mesmos foram orientados a não beber até 12h antes do teste, não permanecerem em jejum até 2h antes do teste e não praticarem atividade física vigorosa até 48h antes dos testes.

Seriam excluídos do grupo de voluntários aqueles que apresentassem alguma forma de alterações cardíacas, ortopédicas e/ou reumatológicas, os tabagistas, e os que não conseguissem completar os 12 (doze) minutos de teste na esteira e no *game*. Não houve nenhuma exclusão no grupo de voluntários que participaram do desenvolvimento dos testes para esta pesquisa.

O teste foi composto de duas etapas, uma na esteira ergométrica (figura 04) e outra utilizando o *game* de corrida virtual *Wii Fit* da Nintendo® (figura 05 A e B). Durante a primeira etapa, na esteira ergométrica, os participantes foram submetidos a uma carga de esforço suficiente para que cada indivíduo iniciasse uma corrida leve. Como a transição da caminhada para corrida se deu com velocidades em torno de 7,0 a 8,0 km/h, estabeleceu-se que cada indivíduo realizaria 4 (quatro) minutos a 6,0 km/h caminhando e começariam a correr a 7,0 ou a 8,0 km/h, dependendo da altura e da habilidade física de cada participante, perfazendo um total de 12min de teste. Identificou-se para cada um deles qual era a velocidade de corrida na esteira.

Com o indivíduo correndo na esteira, foi medido o  $VO_2$  ml /kg.min, FC e feita a contagem do número de passadas por minuto, individualmente.

Após o termino da primeira etapa, os voluntários permaneceram em repouso até que o  $VO_2$  ml/kg.min e a FC voltassem aos valores basais, para que então iniciasse a segunda etapa.



Figure 03. Analisador de gases (*Cortex Metalyzer II*)

Na segunda fase do teste, os indivíduos foram posicionados em frente ao vídeo game *Wii Fit*, no modo corrida, com o sensor de movimento fixado á cintura.

Utilizou-se de um metronome (figura 06) com estímulos sonoros para ditar o ritmo da corrida que fora medido na primeira fase correndo na esteira e ainda o estímulo do pesquisador para que a cadência dos passos fosse seguida. Cada participante realizou uma corrida estática durante 12 minutos com o mesmo número de passadas por minuto contadas na velocidade de corrida correspondente ao início da corrida na esteira.



Figure 04. Primeira etapa do teste – Esteira

Os valores de  $VO_2$  ml/kg/min e FC foram mensurados durante os 12 minutos na primeira e na segunda etapa. Desta forma, com a mesma cadência de passos impostas no *Wii* e na esteira durante o período de corrida, foi possível comparar os valores de  $VO_2$  ml/kg/min e da FC para as duas condições de exercício. Para esta comparação, utilizou-se os 2 (dois) últimos minutos de corrida, nas duas fases de teste, período este de maior estabilidade metabólica apresentada durante a corrida.



Figure 05 A e B. Segunda etapa do teste - *game* de corrida virtual

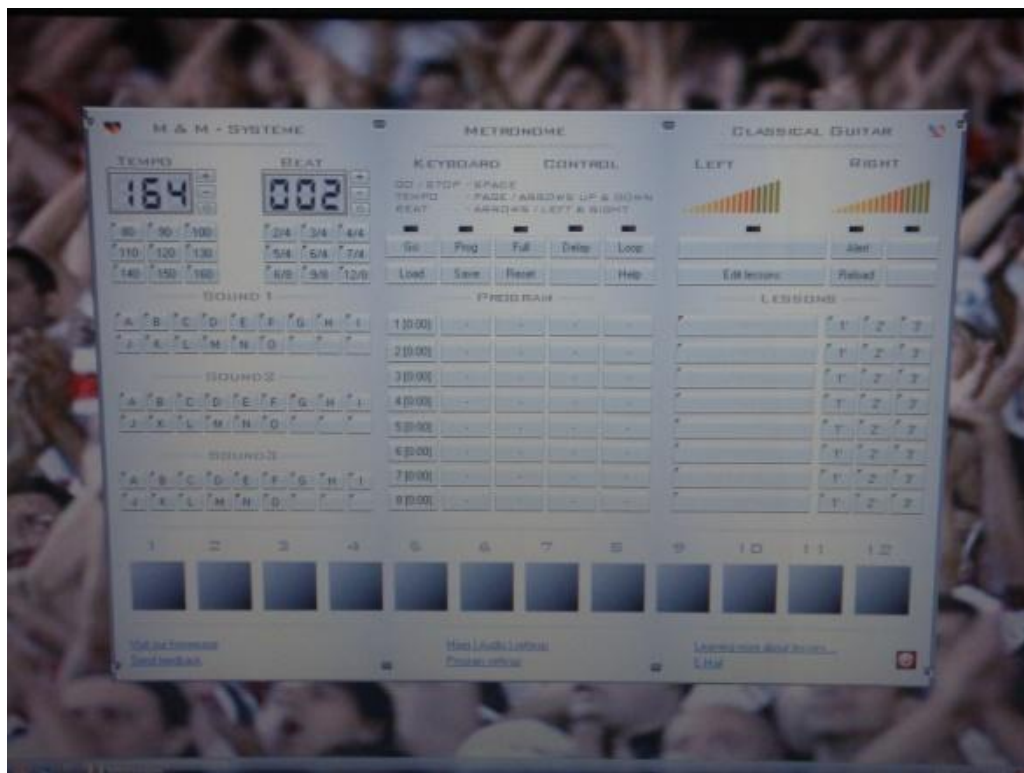


Figure 06. Metronome utilizado para marcar as passadas



### 3.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos no estudo foram expressos por médias, medianas, valores mínimos (tabelas 02, 03 e 4), valores máximos e desvios padrões. Para a comparação dos resultados entre a corrida na esteira e no *Wii* em relação às variáveis quantitativas do estudo, considerou-se o teste t de *Student* para amostras pareadas, com nível de significância de  $p < 0,05$  e intervalo de segurança de 95%.

Os dados foram organizados em planilha *Excel* e analisados com o programa computacional *Statistica* v.8.0. Para comparar as duas formas de exercícios em relação aos resultados de FC e  $VO_2$  ml/kg/min, foram consideradas 3 medidas estatísticas calculadas a partir dos registros dos últimos 2 minutos tomados a cada 10 segundos: a média, a mediana e o máximo (pico). Neste período de 2 minutos as duas formas de exercício foram consideradas comparáveis.

Cada indivíduo incluído no estudo fez o teste usando as duas formas de exercícios: esteira e *Wii*. Para cada uma das variáveis analisadas (FC e  $VO_2$  ml/kg/min), testou-se a hipótese nula de que a média na esteira é igual à média no *Wii*, versus a hipótese alternativa de que as médias são diferentes.

#### 4. RESULTADOS

No período dos 2(dois) minutos finais, as duas formas de exercício foram consideradas comparáveis. Cada indivíduo incluído no estudo fez o teste usando as duas formas de exercícios: esteira e *Wii*. O resultado encontrado foi que o  $VO_2$  na esteira foi de  $30,3 \pm 2,7$  ml/kg/min (figura 7), enquanto na corrida no *Wii Fit* foi de  $26,5 \pm 2,9$  ml/kg/min, com  $p=0,001$  e intervalo de segurança de 95%, mostrando diferença estatisticamente significativa na comparação entre as duas formas de exercício. Os valores de  $VO_2$  apresentaram-se dentro do padrão de normalidade, o que mostra a tabela 04:

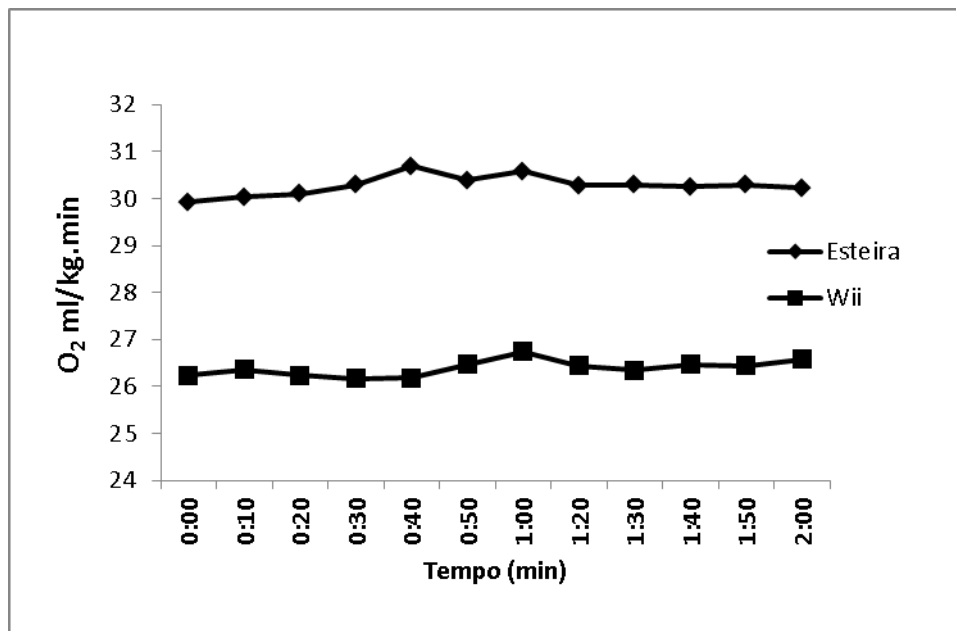


Figure 07. Variação do consumo de oxigênio ( $VO_2$  ml/kg/min) durante a corrida na esteira e no *Wii*



Com relação à frequência cardíaca a comparação entre o esforço realizado na corrida virtual com o na esteira não mostrou resultados com diferença estatisticamente significantes (figuras 08), sendo que a FC na esteira foi de  $161,3 \pm 16,0$  bpm, enquanto na corrida com o *Wii Fit* foi de  $159,5 \pm 17,4$  com  $p=0,455$  e intervalo de segurança de 95%.

Nas tabelas 01 e 02 a corrida na esteira, no *Wii* e para a diferença entre as duas formas (*Wii* – esteira) são apresentadas estatísticas descritivas de acordo com a forma de exercício e os valores de p dos testes estatísticos.

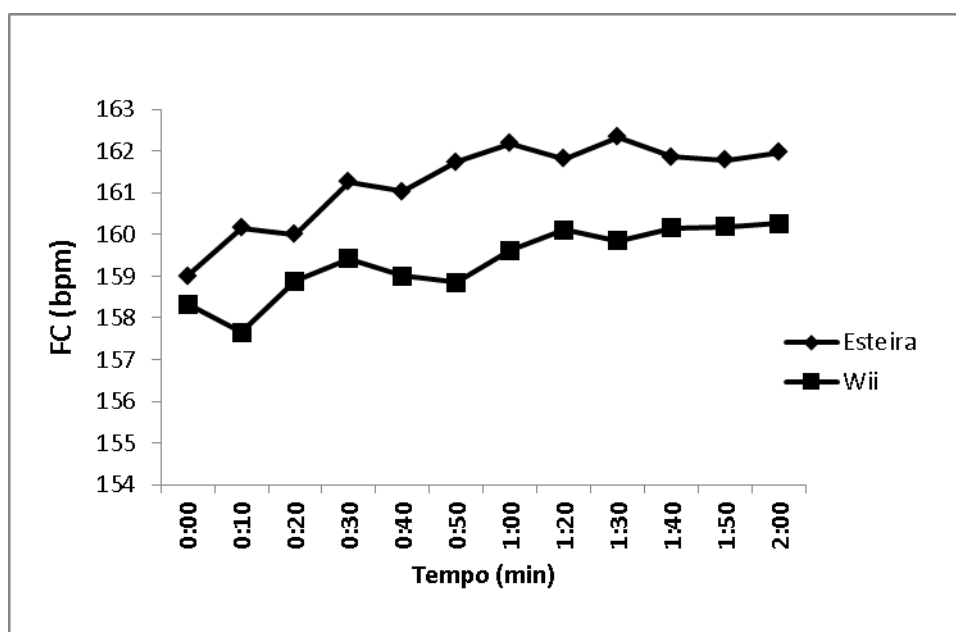


Figure 08. Variação da FC durante a corrida na esteira e no *Wii*

Tabela 02. Média, Mediana, Máximo, Mínimo e desvio padrão do VO<sub>2</sub> ml/kg/min. durante a corrida na esteira e no *Wii*

| Variável          | Forma   | n  | Média | Mediana | Mínimo | Máximo | Desvio padrão | IC(95%)       | Valor de p |
|-------------------|---------|----|-------|---------|--------|--------|---------------|---------------|------------|
| Média dos 2 min   | Esteira | 27 | 30,3  | 30,6    | 22,2   | 34,9   | 2,7           | (29,3 ; 31,4) |            |
|                   | Wii     | 27 | 26,5  | 26,5    | 19,5   | 32,4   | 2,9           | (25,4 ; 27,7) | <0,001     |
|                   | Difer   | 27 | -3,8  | -3,1    | -12,7  | 1,2    | 3,7           | (-5,3 ; -2,4) |            |
| Mediana dos 2 min | Esteira | 27 | 30,4  | 30,7    | 25,9   | 34,9   | 2,4           | (29,5 ; 31,4) |            |
|                   | Wii     | 27 | 26,5  | 26,2    | 19,5   | 32,4   | 2,9           | (25,3 ; 27,7) | <0,001     |
|                   | Difer   | 27 | -3,9  | -3,5    | -12,5  | 0,8    | 3,6           | (-5,3 ; -2,5) |            |
| Máximo dos 2 min  | Esteira | 27 | 32,4  | 32,5    | 29,1   | 37,7   | 2,2           | (31,5 ; 33,3) |            |
|                   | Wii     | 27 | 28,1  | 28,2    | 20,4   | 34,3   | 3,2           | (26,8 ; 29,3) | <0,001     |
|                   | Difer   | 27 | -4,3  | -3,5    | -14,4  | 0,9    | 3,8           | (-5,8 ; -2,8) |            |

(\*) Os valores da variável são expressos em ml/kg/min

Tabela 03. Média, Mediana, Máximo, Mínimo e desvio padrão da FC durante a corrida na esteira e no *Wii*

| Variável          | Forma   | N  | Média | Mediana | Mínimo | Máximo | Desvio padrão | IC(95%)         | Valor de p |
|-------------------|---------|----|-------|---------|--------|--------|---------------|-----------------|------------|
| Média dos 2 min   | Esteira | 27 | 161,3 | 164,0   | 108,7  | 182,8  | 16,0          | (154,9 ; 167,6) |            |
|                   | Wii     | 27 | 159,5 | 164,5   | 116,0  | 187,7  | 17,4          | (152,6 ; 166,3) | 0,455      |
|                   | Difer   | 27 | -1,8  | 1,7     | -42,3  | 15,5   | 12,3          | (-6,7 ; 3,1)    |            |
| Mediana dos 2 min | Esteira | 27 | 161,5 | 165,0   | 115,0  | 183,0  | 15,5          | (155,4 ; 167,6) |            |
|                   | Wii     | 27 | 159,9 | 166,0   | 116,0  | 188,0  | 17,7          | (152,9 ; 166,9) | 0,501      |
|                   | Difer   | 27 | -1,6  | 1,0     | -42,5  | 15,0   | 12,1          | (-6,4 ; 3,2)    |            |
| Máximo dos 2 min  | Esteira | 27 | 166,1 | 166,0   | 128,0  | 187,0  | 14,3          | (160,5 ; 171,8) |            |
|                   | Wii     | 27 | 163,6 | 169,0   | 120,0  | 191,0  | 17,0          | (156,8 ; 170,3) | 0,287      |
|                   | Difer   | 27 | -2,6  | -2,0    | -43,0  | 18,0   | 12,4          | (-7,5 ; 2,3)    |            |

(\*) Os valores das variável são expressos em bpm

Tabela 04. Valores antropométricos da amostra.

| Indivíduo     | Idade (anos) | Peso (kg) | Altura (cm) | IMC  |
|---------------|--------------|-----------|-------------|------|
| 1             | 23           | 85        | 176         |      |
| 2             | 23           | 62        | 166         |      |
| 3             | 29           | 82        | 181         |      |
| 4             | 29           | 82        | 181         |      |
| 5             | 26           | 74,5      | 178         |      |
| 6             | 30           | 69,2      | 171         |      |
| 7             | 23           | 86        | 174         |      |
| 8             | 22           | 73,3      | 173         |      |
| 9             | 24           | 92        | 166         |      |
| 10            | 23           | 95,5      | 187         |      |
| 11            | 22           | 84        | 172         |      |
| 12            | 25           | 74,4      | 181         |      |
| 13            | 23           | 80        | 182         |      |
| 14            | 19           | 63        | 177         |      |
| 15            | 23           | 64,8      | 166         |      |
| 16            | 24           | 70,5      | 175         |      |
| 17            | 22           | 81,6      | 194         |      |
| 18            | 24           | 66        | 171         |      |
| 19            | 24           | 68,3      | 172         |      |
| 20            | 28           | 72        | 185         |      |
| 21            | 22           | 70,4      | 169         |      |
| 22            | 24           | 87        | 184         |      |
| 23            | 24           | 77        | 177         |      |
| 24            | 22           | 70        | 186         |      |
| 25            | 24           | 97        | 196         |      |
| 26            | 23           | 107       | 192         |      |
| 27            | 25           | 72        | 186         |      |
| Média         | 24,1         | 78,0      | 178,3       | 24,5 |
| Desvio padrão | 2,5          | 11,2      | 8,4         | 3,0  |
| Mediana       | 24,0         | 74,5      | 176,5       | 24,2 |
| Mínimo        | 19,0         | 62,0      | 165,5       | 20,2 |
| Máximo        | 30,0         | 107,0     | 195,5       | 33,4 |

Tabela 05. Valores de normais  $VO_2$  ml/kg/min em indivíduos sedentários e atletas.

| <b>População</b>                    | <b>Vo<sub>2</sub> Relativo (ml/kg/min)</b> |
|-------------------------------------|--|
| Sedentários baixa capacidade física | 23 a 29 (ml/kg/min)                        |
| Sedentários média capacidade física | 30 a 39 (ml/kg/min)                        |
| Ativos treinados                    | maior 40 (ml/kg/min)                       |
| Atletas de alto nível               | 80 (ml/kg/min)                             |

Fonte: McArdle (2003).

## 5. DISCUSSÃO

Até o presente momento pode-se constatar que na literatura existem diversas pesquisas que buscam investigar os benefícios dos *exergames* no combate ao sedentarismo, principalmente a relação do mesmo com a obesidade infantil. Como exemplo pode-se citar a criteriosa revisão em 34 artigos de periódicos em Inglês publicados no período entre 1998-2011, relacionando crianças, *games* e atividade física, na busca de investigar o potencial dos jogos de vídeo interativos para promover um comportamento saudável. Os resultados destes estudos mostraram algum benefício e a possibilidade dos *exergames* combaterem a obesidade infantil<sup>47</sup>. Também o trabalho onde foram distribuídos mais de 150 *exergames Eye Toy* da Sony® para crianças entre 10 e 14 anos. As crianças foram incentivadas a usar os jogos de vídeo para atender a quantidade diária recomendada de atividade física. Verificou-se que num período entre 12 e 24 meses, as crianças que usaram os *games* ativos aumentaram a aptidão cardiorrespiratória e diminuíram a sua porcentagem de gordura corporal<sup>48</sup>.

Outro estudo de intervenção de quatro meses descobriu que crianças que tiveram acesso aos *exergames* e diminuíram o tempo de jogo nos tradicionais jogos sedentários tiveram um aumento vigoroso dos níveis de atividade física, mais do que em crianças que não têm acesso à *exergame*. As intervenções agudas já revelam que os *exergames* podem aumentar os níveis de atividade física, mais do que os jogos de vídeo não ativos<sup>49</sup>.

Num estudo comparativo entre as taxas de gasto energético e a frequência cardíaca em crianças, 14 meninos e 9 meninas, com idades 10-13 anos que jogaram o *EXG Dance Dance Revolution (DDR)* e o Nintendo® *Wii Sports* nas modalidades boxe e boliche, em relação à caminhada na esteira com velocidades variando entre 2,6, 4,2 e 5,7km/h e o repouso (assistir televisão). Os autores concluíram que o gasto energético durante o jogo ativo é comparável ao de uma caminhada de intensidade moderada e duas a três vezes superior ao repouso<sup>50</sup>.

Porém, em uma metanálise concluiu-se que ainda são poucos os estudos que apresentam uma metodologia adequada e que mostrem os benefícios dos *exergames* para as crianças a longo prazo, devido a isto deve-se ter muita cautela para indicá-los alegando benefícios para a saúde<sup>51</sup>.

Pode-se perceber, no entanto, durante o desenvolvimento desta pesquisa que são raros os trabalhos com *exergames* que envolvem adultos jovens. Um dos poucos exemplos encontrados, até o momento, é o trabalho onde treze participantes, de ambos os sexos, com faixa etária de  $26,6 \pm 5,7$  anos, utilizaram três diferentes modalidades de *exergames*, objetivando um levantamento de qual, dentre as três, proporcionava um maior gasto energético, maior frequência cardíaca e maior diminuição do índice de massa corpórea<sup>52</sup>; e o único estudo encontrado até o momento que envolveu idosos. Os autores avaliaram o gasto energético, o comportamento da FC e o nível de satisfação durante a execução de exercícios aeróbicos com jogos do *Wii Fit* (yoga, condicionamento muscular, equilíbrio, aeróbica) e jogos convencionais de vídeo game, em três diferentes grupos etários (adolescentes, adultos e idosos). Os resultados mostraram que o gasto energético e o comportamento da FC durante a execução do jogo *Wii Fit* foram significativamente maiores em comparação com os jogos convencionais de videogame, entretanto, menores quando comparados ao gasto energético e a FC obtidas durante os exercícios aeróbicos<sup>53</sup>.

Notou-se também, durante o levantamento bibliográfico, que os jogos interativos já estão sendo utilizados de forma indiscriminada como ferramenta na reabilitação, inclusive já estão sendo oferecidos cursos de treinamento para utilização de *exergames* em clínicas de Fisioterapia e reabilitação, porém ainda são poucas as pesquisas que mostrem seus reais benefícios nesta área. Vários autores citam que o uso de jogos virtuais tem sido aplicado na reabilitação neurológica e locomotora, não só como método motivacional, mas também como meio de proporcionar diversão e satisfação. Aliado a isso, é uma ferramenta muito útil para alcançar um objetivo ou para concluir uma tarefa proposta para o tratamento. A partir destas premissas, pode-

se dizer que jogando, o paciente beneficia sua saúde de uma forma agradável, então é provável que pratique cada vez mais os exercícios propostos<sup>13;32;33;35;36;44</sup>.

Depois de realizado o levantamento bibliográfico e tendo percebido a falta de estudos que relacionassem as alterações fisiológicas provocadas no organismo durante o uso dos *exergames* em adultos jovens e ainda verificar que os mesmos já estão sendo utilizados na reabilitação física, motivou a realização desta pesquisa em um grupo de adultos jovens com idades variando entre 20 e 30 anos.

## 5.1 FREQUÊNCIA CARDÍACA

Nesta pesquisa, onde comparou-se uma modalidade de atividade física, porém realizadas de duas formas diferentes, uma na esteira ergométrica e a outra no *Wii Fit*, obtendo-se resultados satisfatórios em se tratando de exercícios aeróbicos, todos os 27 casos avaliados obtiveram um aumento da FC em ambas as modalidades, porém somente 3 (4,1%) tiveram a FC maior no game contra 24 (88,9%) que obtiveram maior FC na esteira.

Mesmo a FC e o  $VO_2$  aumentarem de forma linear durante uma atividade, neste estudo teve-se uma diferença significativa no consumo de  $VO_2$ , quando comparadas as duas modalidades de exercício, porém esta diferença não se fez presente na comparação da FC. Este fato pode ter ocorrido devido a FC ser influenciada por outros fatores, internos e externos, e não somente pelo consumo de  $VO_2$  durante a atividade física. A temperatura do ambiente, o stress, a posição de realização do exercício, a forma de solicitar a contração muscular, a quantidade de grupos musculares envolvidos, entre outros, são fatores que podem alterar a FC, podendo ser um desses, ou a união de vários desses fatores, o que justifica a não diferença significativa na comparação da FC na esteira e no *Wii*.

A prática de exercícios demanda maior circulação de sangue pelo corpo, necessitando então que o coração aumente sua frequência de batimentos. A FC é um parâmetro para se monitorar a efetividade do exercício. Um exercício que tenha intensidade suficiente para elevar a FC 70% da frequência de reserva é válido. O programa de treinamento físico, para a prevenção ou para a reabilitação, deve incluir exercícios aeróbios, tais como, caminhadas, corridas leves, ciclismo, natação. Nas atividades aeróbias, recomenda-se como intensidade a zona alvo situada entre 60 e 80% da frequência cardíaca máxima, estimada em teste ergométrico<sup>54</sup>.

Estudos revelaram que jogar *exergames* por dez minutos consecutivos em uma dificuldade de nível "médio" provoca faixas de frequência cardíaca de 65 a 70 por cento da máxima<sup>55</sup>. Em outro estudo mostrou-se que jogar dez minutos de *Wii Sports boxe* provocou frequência cardíaca mais elevada do que dez minutos de caminhada na esteira a 1,5 quilômetros por hora ou dez minutos de jogo nos tradicionais jogos sedentários<sup>10</sup>.

## 5.2 CONSUMO DE VO<sub>2</sub>

Além da FC outro parâmetro para a avaliação no sistema cardiorrespiratório é o consumo de O<sub>2</sub>.

Sabe-se que o consumo máximo de oxigênio, igualmente conhecido como potência aeróbica máxima, é a melhor variável utilizada para determinar e classificar o condicionamento cardiorrespiratório de uma pessoa, podendo refletir a perfeita integração que deve existir entre o sistema cardiovascular, respiratório e muscular, para fazer frente ao aumento da demanda energética durante o exercício<sup>9</sup>. Suas medidas podem ser influenciadas pelas variáveis: idade, sexo, hábitos de exercício, hereditariedade e estado clínico cardiovascular<sup>56</sup>. O VO<sub>2</sub> é uma medida objetiva da



capacidade do organismo em transportar e utilizar o oxigênio para a produção de energia; este aumenta linearmente com o trabalho muscular crescente, sendo considerado máximo quando apresenta uma tendência a se estabilizar com o incremento da carga do exercício. Nenhum outro parâmetro é tão preciso ou reproduzível como o  $VO_{2máx}$ <sup>57;58;59;60</sup>.

O presente estudo não objetivou a medida de  $VO_{2máx}$ , pois para alcançá-la os participantes teriam que chegar a exaustão durante os testes e ainda, teria-se que utilizar um protocolo de cargas incrementais em ambas as modalidades de exercícios, o que dificultaria a execução durante a corrida com o *Wii*. O parâmetro estabelecido foi a média de  $VO_2$ , em teste submáximo, encontrada durante os dois últimos minutos do teste, pois a comparação entre as duas modalidades de exercícios, foi realizada com o intuito de saber se a corrida com o *game* é comparável com a corrida na esteira.

O  $VO_2$  reflete o volume de oxigênio extraído do ar inspirado, pela ventilação pulmonar, em um dado período. Pode ser expresso em litros ou mililitros de oxigênio por minuto ou, ainda, em mililitros de oxigênio por quilograma de peso corporal por minuto (ml/kg/min), facilitando as comparações entre os indivíduos. Em condições “estado-estáveis” de exercício moderado, a medida de  $VO_2$  é uma estimativa confiável do consumo periférico do  $O_2$  pelos tecidos, ou seja, a real quantidade de  $O_2$  utilizada pelos processos metabólicos corporais por unidade de tempo. É uma medida objetiva da capacidade funcional, ou seja, da capacidade do organismo em ofertar e utilizar o oxigênio para a produção de energia<sup>23;24</sup>.

Na esteira o consumo de  $O_2$  foi maior que durante a corrida no *Wii*, com diferença significativa entre os dois testes. Isso pode ser explicado pelo esforço durante a corrida na esteira ser maior que o realizado na corrida com o *Wii*. A esteira impõe um ritmo que, mesmo com o cansaço, não pode ser diminuído. Então, durante os dois últimos minutos de teste na esteira, teve-se a certeza que todos os participantes mantiveram o ritmo de corrida entre 7 ou 8 km/h, velocidade que dependeu do ritmo e altura de cada participante. Já no *Wii* não existe esta imposição do ritmo, mesmo tendo sido utilizado o marcador de passadas e tendo o incentivo do pesquisador na tentativa de se manter a corrida entre 7 ou 8 km/h. Pode-se verificar

que, conforme o tempo de teste passava, o cansaço fazia com que o participante diminuísse o ritmo da corrida, assim o pesquisador tinha que dar comandos verbais de incentivo para chegar novamente ao ritmo.

Como os testes seguiram um protocolo igual para todos os participantes, primeiro realizavam a corrida na esteira e depois corriam com o *Wii*, para que se pudesse realizar a quantidade de passos por minuto durante a corrida na esteira.

Mesmo os participantes sendo sedentários, os mesmos não apresentaram fadiga durante os testes. Este dado pode ser percebido com a Ergoespirometria pois nenhum dos participantes atingiu o  $VO_{2máx}$ , todos permaneceram em um nível submáximo de esforço.

A partir dos 20 anos de idade pode ocorrer, dependendo da aptidão física de cada um, um declínio do  $VO_{2máx}$  de 10% a cada década, mediado pelas reduções de volume sistólico, frequência cardíaca máxima, fluxo sanguíneo para o músculo e, finalmente, pela redução da utilização da musculatura esquelética<sup>2</sup>. Variáveis como o nível de lactato, atividade física, idade, capacidade pulmonar vital, tabagismo e massa muscular magra, influenciam de forma decrescente no  $VO_2$ <sup>9</sup>. Na amostra dos 27 participantes a média do índice de massa magra foi de 24,5 kg, porém o peso corporal mínimo foi de 62,0 kg com um máximo de 107,0 kg, trazendo uma diferença de 45,0 kg. Como o índice de massa corporal é um fator que influencia na captação de  $O_2$ , pequenas alterações no resultado podem ter ocorrido devido a falta de homogeneidade da amostra.

O fato da corrida ter iniciado em diferentes velocidade, entre 7 e 8 km/h, provavelmente deu-se pela diferença da estatura dos participantes, que variou de 165 a 195 cm, fazendo com que os mais altos iniciassem a corrida a 8 km/h enquanto os mais baixos a 7 km/h. O tamanho das passadas faz com que a biomecânica da corrida modifique de indivíduo para indivíduo, gerando um maior ou menor gasto energético.

A corrida pode ser considerada, dentro de uma visão simplista, uma série de pequenos saltos de um pé para o outro que se repete por alguns metros a vários quilômetros. A velocidade depende da combinação de dois fatores: a amplitude da

passada e da frequência da passada. A amplitude da passada corresponde à soma da distância de impulsão, distância de vôo e da distância de chegada ao solo<sup>21</sup>.

A frequência de passada corresponde ao número de passadas executadas em um determinado tempo e está ligada ao esforço muscular. Essa frequência está diretamente relacionada ao tempo gasto para completar uma passada completa, o qual corresponde à soma do tempo em que o atleta está no solo com o tempo de vôo. Quanto maior a frequência de passadas, maior será o esforço muscular para a corrida, pois a velocidade será maior<sup>21</sup>. Então, quanto maior a passada, menor a frequência da corrida gerando um menor gasto energético.

### 5.3 CONSUMO DE ENERGIA – EQUIVALENTE METABÓLICO

A classificação pela intensidade do esforço em equivalente metabólico, também é representada pelo gasto calórico consumido por minuto. Segundo Ainsworth *et al.*, (1993), os exercícios leves consomem menos de 3,0 METs (4 kcal/min), os moderados tem gastos que variam entre 3,0 e 6,0 METs (4-7 kcal/min) e os exercícios vigorosos gastos maiores que 6,0 METs (7 kcal/min)<sup>61</sup>.

Obteve-se durante as etapas deste estudo um aumento de 7,4 METs durante o esforço realizado na corrida virtual e de 8,6 METs durante a corrida na esteira demonstrando que os esforços realizados, em ambas as atividades, foram vigorosos. Pode-se concluir que esta modalidade de *game*, *Wii Fit* no modo corrida, pode ser uma ferramenta a ser utilizada na realização de uma atividade física vigorosa, o que se contrapõe aos estudos que demonstraram que os jogos aeróbicos com o *Wii Fit* procuram um gasto energético moderado<sup>53</sup>; e ao estudo envolvendo a revisão de pesquisas feitas com *exergames* no período de 01 de Janeiro de 1998 a 01 de janeiro de 2010, os autores também concluíram que os *exergames* permitem a prática de atividade física leve e moderada<sup>62</sup>. Porém num estudo que realizado por Bailey e

McInnis (2011), corrobora com os nossos resultados, onde investigaram, em crianças com idade escolar, os efeitos relacionados ao gasto energético causados pelo uso de seis *exergames* diferentes. Todos elevaram o gasto energético do repouso para uma intensidade moderada ou vigorosa mostrando que os *exergames* tem um grande potencial de aumentar a atividade física em crianças<sup>63</sup>.

#### 5.4 APLICABILIDADE DOS EXERGAMES

Em estudos realizados com atletas, os games já estão sendo utilizados para aumento da habilidade técnica e física. Por ser um instrumento que ocupa pouco espaço nas clínicas, permite e oportuniza aos atletas, durante o período de reabilitação, treinamentos que antes exigiam grandes espaços<sup>9;64</sup>. Pode-se observar, de maneira subjetiva, quando questionado ao grupo que participou da pesquisa, que existe uma facilidade em se manter um ritmo de corrida na esteira, maior que no *game*. Isso seria um problema a se pensar ao indicar o uso do game como forma de atividade física sem a presença de um profissional da área para o acompanhamento. O paciente poderá realizar 30 minutos de corrida todos os dias, porém sem a devida eficiência, pois as passadas não seriam controladas nem estimuladas por um terceiro.

O *wiimote* capta somente os movimentos corporais verticais, que é o movimento realizado durante a corrida com o *game*. Qualquer movimento vertical realizado no *wiimote* é captado como um deslocamento pelo boneco virtual que representa o participante, então mesmo que o participante corra ou somente movimente o *wiimote* lentamente e verticalmente, o mesmo estará correndo virtualmente, o que poderia fazer obter-se uma atividade física ineficaz e/ou a falsa impressão de realização de atividade física quando, na verdade, ocorre somente uma movimentação maior do *wiimote* que do próprio corpo.

Em se tratando de atividade física, quando compara-se o custo/ benefício de um *game* versus uma esteira ergométrica, tem-se um ganho muito grande, pois, hoje

pode-se adquirir *games* com baixo custo e este poderá atender no mínimo duas pessoas de forma simultânea, que queiram praticar a corrida virtual. A esteira atende um único indivíduo de forma isolada e seu custo varia de três a quatro vezes, dependendo do modelo, a mais que o *game* e ainda, durante a caminhada ou corrida na esteira, não existe nenhum estímulo de competição ou diversão para o participante, diferente do *game*.

Sendo assim, pode-se dizer que os *games* seriam uma boa opção para a prática de atividade física, de baixo custo, para o combate e prevenção dos distúrbios provocados pelo sedentarismo.

Além dos vários estudos que mostram os benefícios fisiológicos do uso dos *exergames*, tem-se mostrado que o envolvimento com *exergames* proporciona um nível mais elevado de motivação para as crianças que os *games* sedentários<sup>10</sup>. Além disso, propõe-se que a novidade dos *exergames* podem fornecer mais motivação do que os tradicionais atividades ao ar livre, como andar, correr e pular<sup>47</sup>. Por último, propõe-se que os *exergames* poderão proporcionar oportunidades de experimentar uma gama de atividades e esportes que, ao contrario, os jogadores não poderiam experimentar<sup>64</sup>.

Sendo assim, pelas pesquisas encontradas, percebeu-se que as crianças podem ser mais propensas a se envolver nas atividades realizadas com *games*, porém mais estudos devem ser realizados com os adultos para estimular a prática da atividade física visando a prevenção dos distúrbios relacionados ao sedentarismo.

## 5.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Embora encontradas diferenças significativas entre as taxas de  $VO_2$  em teste submáximo, não obteve-se o  $VO_{2máx}$ , que seria a melhor variável para avaliar o condicionamento cardiorrespiratório dos indivíduos.

Outro índice que poderia ter sido medido é o de satisfação, com a aplicação de questionários, comparando-se a satisfação nas duas formas de exercícios.

Também não foram aferidos os valores de  $VO_2$  e FC no repouso, pois os testes eram realizados seguindo a ordem, esteira e *Wii* e para se obter esses valores teríamos que ter um intervalo grande entre os testes.

## 6.CONCLUSÃO

Pode-se concluir com o desenvolvimento desta pesquisa que o  $VO_2$  medido na corrida em esteira quando comparado aos valores obtidos na corrida estacionária com *Wii Fit* mostrou diferença estatística significativa, enquanto que a FC nas duas situações não mostrou esta diferença. Contudo, as duas modalidades apresentaram diferença em relação a valores de  $VO_2$  e FC, quando comparadas ao repouso.

Os resultados mostraram que o *exergame* Nintendo® *Wii Fit* no modo corrida, pode ser utilizado como forma de atividade física vigorosa.

Estudos futuros deverão ser necessários para investigar os potenciais benefícios resultantes do uso dos *exergames* a longo prazo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albert P, Rocchini, MD. Childhood Obesity and a Diabetes Epidemic. *N Engl J Med* 2002; 14; 346(11):854-855.
2. Kearney PM, Whelton M, Reynolds K, et al. Worldwide prevalence of hypertension: a systematic review. *J Hypertens* 2004; 22(1):11-19.
3. Grover SA, Coupal L, Lowensteyn I. Determining the cost-effectiveness of preventing cardiovascular disease: are estimates calculated over the duration of a clinical trial adequate? *Can J Cardiol* 2008; 24(4):261-66.
4. Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. IV Diretriz Brasileira Sobre Dislipidemia e Prevenção da Aterosclerose, 2007. *Arq Bras Cardiol* 2007; (88) spt I.
5. Bakhai A. How to cost cardiovascular care. *Heart* 2008; 94(5):549-51.
6. Leite SR, Olbrich R, Nitsche MJT, Mori NLR, Olbrich Neto J. Sedentarismo: prevalência e associação de fatores de risco cardiovascular. *Rev Ciênc Ext* 2009; 5(2):30-41.
7. Hallal PC, Victoria CG, Lima RC. Physical inactivity: prevalence and associated variables in Brazilian adults. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35(11): 1894-1900.
8. Brum PC, Forjaz CL, Tinucci T, Negrão CA. Adaptações agudas e crônicas do exercício físico no sistema cardiovascular. *Rev paul Educ Fís* 2004; (18): 21-31.
9. Middlemas DA, Basilicato J, Prybicien M, Savoia J, Biodoglio J. Incorporating gaming technology into athletic injury rehabilitation. *J Athl Train* 2009; 1(2): 79-84.
10. Penko AL, Barkley JE. Motivation and physiologic responses of playing a physically interactive vídeo game relative to a sedentary alternative in children. *Ann Behav Med* 2010; 39(2):162–169.
11. Shachar GB, Fuhrman B, Wang Y, Lucas R, Lock J. Rest and exercise hemodynamics after the fontan procedure. *Circulation* 1982; 65(6): 1043-8.



12. Barton CW, Katz B, Shork M, Rosenthal A. Value of treadmill exercise test in pre-and-postoperative children with valvular aortic stenosis. *Clin. Cardiol* 1983; 6(10):473-7.
13. Monteiro CBM. Realidade virtual na paralisia cerebral. São Paulo: Plêiade. 2011; 220 p.
14. Olbrich SRLR, Nitsche MJT, Mori NLR, Olbrich Neto J. Sedentarismo: prevalência e associação de fatores de risco cardiovascular. *Rev Ciênc Ext* 2009; 5(2): 30-41.
15. Tenório MCM, Barros MVG, Tassitano RM, Bezerra J, Tenório JM, Hallall PC. Atividade física e comportamento sedentário em adolescentes estudantes do ensino médio. *Rev Bras Epidemiol* 2010; 13(1): 105-17.
16. Ferraz ASM, Machado AAN. Atividade física e doenças crônico-degenerativas. *Diversa* 2008; 1(1): 25-35.
17. Hernández R, Feu A, Santos M, Sánchez RC. Prevalencia y distribución de La inactividad física y el exceso de peso en la población española en edad escolar. *Rev Int Cienc Deporte* 2011; 7(3): 157-168.
18. Oehlschlaeger MHK, Pinheiro RT, Horta B, Gelatti C, San'Tana P. Prevalência e fatores associados ao sedentarismo em adolescentes de área urbana. *Ver Saúde Pública* 2004; 38(2):157-63.
19. Palma A. Exercício Físico e Saúde; Sedentarismo e Doença: Epidemia, Causalidade e Moralidade. *Motriz* 2009; 15 (1):185-191.
20. Hoehner CM, Soares J, Parra Perez D, Ribeiro IC, Joshu CE, Pratt M, Legetic BD, Malta DC, Matsudo VR, Ramos LR, Simões EJ, Brownson RC. Physical activity interventions in Latin America: a systematic review. *Am J Prev Med* 2008; 34(3):224-233.
21. McArdle WD, Katch FL, Katch VL. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 5ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2003; 293-308.
22. Barros Neto TL, Tebexreni AS, Tambeiro VL. Aplicações práticas da ergoespirometria no atleta. *Rev. Soc. Cardiol São Paulo* 2001; 11(3): 695-705.

23. Tebexreni AS, Alves ANF, Fuchs A, Hossri AC. Conceitos fisiológicos de importância para a compreensão das variáveis envolvidas no teste ergométrico e no teste cardiopulmonar. *Rev Soc Cardiol Estado São Paulo* 2009; 19 (3): 378-396.
24. Tebexreni AS, Lima EV, Tambeiro VL, Barros Neto TL. Protocolos tradicionais em ergometria, suas aplicações práticas versus protocolo de rampa. *Rev. Soc. Cardiol. Estado São Paulo* 2001; 11 (3): 519-528.
25. Hall CM, Brody LT. Exercício terapêutico na busca da função. Rio de Janeiro; Guanabara koogan. 2001; Cap. 11: 186 – 200.
26. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, Macera CA, Sceppa CC. Physical Activity and Public Health in Older Adults: Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39(8): 1435-1445.
27. Neder JA, Nery LE. Fisiologia clínica do exercício: teoria e prática. São Paulo: Artes Médicas. 2003; 213-55.
28. Arena R, Myers J, Williams MA, Gulati M, Kligfield P, Balady GJ. Assessment of functional capacity in clinical and research settings - AHA Scientific Statement. *Circulation* 2007; 117(3): 329-43.
29. Yazbek Jr. P, Carvalho RT, Sabbag LMS, Battistella LR. Espirometria. Teste de esforço cardiopulmonar, metodologia e interpretação. *Arq. Bras. Cardiol* 1998; 71(5); 719-24.
30. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Casaburi R, Whipp BJ. Principles of Exercise Testing and Interpretation 3<sup>rd</sup> ed. 1999; Lippincot Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland, USA, p.556.
31. Williamson JW, Nóbrega ACL, Winchester PK, Zim S, Mitchell JH. Instantaneous heart rate increase eight dynamic exercises: central command and muscle-heart reflex contributions. *J Appz Physiol* 1995; 78(4): 1273-9.
32. Vagheti CAO, Botelho SSC. Ambientes virtuais de aprendizagem na educação física: uma revisão sobre a utilização de Exergames. *Ciências & Cognição* 2010; 15(1): 076-088.
33. Dias RS, Sampaio ILA, Taddeo LS. Fisioterapia x Wii: a introdução do lúdico no processo de reabilitação de pacientes em tratamento fisioterápico. VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment. 2009; Rio de Janeiro, RJ – Brazil, October, 8th-10th. 34-7.

34. Biddiss E, Irwin J. Active video games to promote physical activity in children and youth: a systematic review. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2010; 164(7):664-672.
35. Berkovsky S, Coombe M, Freyne J, Bhandari D, Baghaei N, Kimani S. Exercise and play: Earn in the physical, spend in the virtual. *J cognitive tech* 2010. 14(2): 22-31.
36. Sinclair J, Hingston P, Masek M. Considerations for the design of exergames. in: *Proceedings of the 5th international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australia and Southeast Asia 2007*; 289-296.
37. Sousa FH. Uma revisão bibliográfica sobre a utilização do Nintendo® Wii como instrumento terapêutico e seus fatores de risco. *Revista Espaço Acadêmico* 2011; 123(XI); 155-60.
38. Perani L, Bressan RT. Wii will rock you: Nintendo Wii e as relações entre interatividade e corpo nos videogames. VI Simpósio Brasileiro de Jogos para Computador e Entretenimento Digital – SBGames;. São Leopoldo: Unisinos; 2007.
39. Jones C, Hammig B. Case report: injuries associated with interactive game consoles: preliminary data. *Phys Sports med* 2009; 37(1):138-140.
40. Shih CH, Chang ML, Shih CT. A limb action detector enabling people with multiple disabilities to control environmental stimulation through limb action with a Nintendo Wii Remote Controller. *Res Dev Disabil* 2010; 31(5):1047-1053.
41. Hsu JK, Thibodeau R, Wong SJ, Zukiwsky D, Cecile S, Walton DM. A “Wii” bit of fun: the effects of adding Nintendo Wii® Bowling to a standard exercise regimen for residents of longterm care with upper extremity dysfunction. *Physiother Theory Pract* 2011; 27(3):185-193.
42. Clark RA, Paterson K, Ritchie C, Blundell S, Bryant AL. Design and validation of a portable, inexpensive and multi-beam timing light system using the Nintendo Wii hand controllers. *J Sci Med Sport* 2011; 14(2):177-182.
43. Clark R, Kraemer T. Clinical use of Nintendo Wii bowling simulation to decrease fall risk in an elderly resident of a nursing home: a case report. *J Geriatr Phys Ther* 2009; 32(4):174-180.
44. Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, Hall J, McIlroy W, Cheung D et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke

- rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. *Stroke* 2010; 41(7):1477-1484.
45. Anderson F, Annett M, Bischof WF. Lean on Wii: physical rehabilitation with virtual reality Wii peripherals. *Stud Health Technol Inform* 2010; 154:229-234.
46. Schiavinato AM, Baldan C, Melatto L, Lima LS. Influence of the Wii Fit on the balance of cerebellar dysfunction patient: case study. *J Health Sci Inst* 2010;28(1):50-2.
47. Guy S, Ratzki-Leewing A, Gwadry-Sridhar F. Moving Beyond the Stigma: Systematic Review of Video Games and Their Potential to Combat Obesity. *Int J Hypertens* 2011; 179124: 1-13.
48. Maddison R, Foley L, Mhurchu CN, Jull A, Jiang Y, Prapavessis H, Rodgers A, Hoorn VS, Hohepa M, Schaaf D. Feasibility, design, and conduct of a pragmatic randomized controlled trial to reduce overweight and obesity in children: The electronic games to aid motivation to exercise (egame) study. *BMC Public Health* 2009; 9: 146.
49. Maloney AE, Bethea TC, Kelsey KS, Marks JT, Paez S, Rosenberg AM, Sikich L. A pilot of a video game (DDR) to promote physical activity and decrease sedentary screen time. *Obesity* 2008; 16(9): 2074-2080.
50. Graf DL, Pratt LV, Hester CN, Short KR. Playing active video games increases energy expenditure in children *Pediatrics* 2009; 124(2), 534-540.
51. Daley AJ. Can Exergaming Contribute to Improving Physical Activity Levels and Health Outcomes in Children? *Pediatrics* 2009; 124 (2): 763-771.
52. Siegel SR, Haddock BL, DuBois AM, Wilkin LD, Shannon R. Active Video/Arcade Games (Exergaming) and Energy Expenditure in College Students. *Int J Exerc Sci.* 2009; 2(3): 166-74.
53. Graves LEF, Ridgers DN, Williams K, Stratton G, Atkinson G, Cable NT. The Physiological Cost and Enjoyment of Wii Fit in Adolescents, Young Adults, and Older Adults. *J Phys Act Health* 2010; 7(3): 393-401.
54. Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. IV Diretriz Brasileira Sobre Dislipidemia e Prevenção da Aterosclerose. Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 2007; 88 (suplemento I): 1-19.

55. Tan B, Aziz AR, Chua K, Teh KC. Aerobic demands of the dance simulation game. *Int J Sports Med* 2002; 23(2): 125-9.
56. Shachar GB, Fuhrman B, Wang Y, Lucas R, Lock J. Rest and exercise hemodynamics after the fontan procedure. *Circulation* 1982; 65(6):1043-8.
57. Barton CW, Katz B, Shork M, Rosenthal A. Value of treadmill exercise test in pre-and-postoperative children with valvular aortic stenosis. *Clin Cardiol* 1983; 6(10):473-7.
58. Huggett DL, Connelly DM, Overend TJ. Maximal aerobic capacity testing of older adults: a critical review. *J Gerontol A Biol Sci Med* 2005;60(1):57-66.
59. Gill TM, DiPietro L, Krumholz H. Role of exercise stress testing and safety monitoring for older persons starting an exercise program. *JAMA* 2000; 284: 342-349.
60. Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S. *et al.* INTERHEART Study Investigators. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries: case-control study. *Lancet*. 2004; 364: 937-52.
61. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, Bassett DR, Schmitz JR KH, Emplancourt PO, Jacobs JR DR., Leon AS. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med. Sci. Sports Exerc* 2000; 32 (9): 498-516.
62. Biddiss E, Irwin J. Active Video Games to Promote Physical Activity in Children and Youth. *Arch pediatr adolesc med* 2010;164 (7): 664-672.
63. Bailey BW, McInnis K. Energy Cost of Exergaming: A Comparison of the Energy Cost of 6 Forms of Exergaming. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2011;165(7): 597-602.
64. William L, Haskell L, Min L, Russell RP, Kenneth EP, Steven NB, Barry AF, Caroline AM, Gregory WH, Paul DT, Adrian B. Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;1423-34.