

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

Custo energético no exercício de *Back Row* realizado no *TRX*[®]

TESE DE MESTRADO EM CIÊNCIAS DO DESPORTO – ESPECIALIZAÇÃO EM
ATIVIDADES DE ACADEMIA

Orientador: Professor Doutor José Manuel Vilaça Maio Alves

Co-Orientador: Professor Doutor Victor Manuel Machado Reis

Discente: Soraia da Conceição Martins dos Santos



VILA REAL, 2015

Soraia Santos

Custo energético no exercício de *Back Row* realizado no *TRX*[®]



**Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Vila Real, Portugal, 2015**

Este trabalho foi expressamente elaborado como dissertação original para efeito de obtenção do grau de Mestre em Ciências do Desporto, de acordo com o disposto no Decreto-lei 107/2008, de 25 junho

Agradecimentos

Deixo o meu agradecimento a todos aqueles que me prestaram ajuda na realização desta dissertação, destacando:

o Professor Doutor José Manuel Vilaça Maio Alves pela excelente orientação e apoio com que sempre me presenteou;

o Professor Doutor Victor Manuel Machado Reis pelo apoio e co-orientação;

os meus pais, irmão, namorado, familiares e amigos pelo encorajamento, paciência e apoio essenciais;

todos os voluntários participantes no estudo

Índice Geral

Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	vii
Índice de Equações	viii
Índice de Abreviaturas	ix
Resumo	x
Abstract	xi
1. Introdução.....	12
2. Metodologia	16
2.1. Caracterização da Amostra	16
2.2. Tarefas e Procedimentos	16
2.2.1. Descrição do Exercício <i>Back Row</i>	17
2.3. Instrumentos e Medições	18
2.3.1. Avaliações antropométricas	18
2.3.1.1. Estatura e Envergadura.....	18
2.3.1.2. Massa Corporal	18
2.3.1.3. Medição da Percentagem de Gordura Estimada	19
2.3.2. Ângulos.....	20
2.3.3. <i>TRX</i> [®]	20
2.3.4. Medição dos Indicadores Respiratórios	20
2.3.5. Frequência Cardíaca	21
2.3.6. Medição da Concentração de Lactato no sangue	21
2.4. Tratamento Estatístico	22
4. Discussão	25
5. Conclusão.....	30
6. Referências.....	31
Anexos	36
Anexo I – Par-Q Teste.....	36
Anexo II – Anamnese	37
Anexo III – Termo Individual de Consentimento	38
Anexo IV – Registo Alimentar.....	39

Índice de Figuras

Figura 1 - Back Row.....	18
Figura 2 - Cinética do VO_2 durante as 4 intensidades.....	23
Figura 3 - Retas de regressão entre VO_2 e carga no exercício de Back Row realizado no Trx force kit: Tactical® no modo Standard (à esquerda) e Alternativo (à direita) nos ângulos de (110°), (120°), (125°) e (130°)	23
Figura 4 - Cinética do VO_2 no esforço de alta intensidade até à exaustão	24

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Estatística descritiva e características antropométricas da amostra (n=14) 16

Tabela 2 - Valores da média e desvio padrão em relação ao custo energético (CE) predito, erro padrão da predição (SEP), intervalo de confiança (IC95), custo energético total (CET), consumo de oxigénio acumulado (VO₂AC), percentual aeróbico (Aero), percentual anaeróbico (Anaero), défice de O₂ acumulado (DOA) e lactato..... 24

Índice de Equações

Equação 1 - Densidade Corporal = $1,112 - (0,00043499 (\Sigma \text{ das 7 pregas cutâneas}) + (0,00000055 (\Sigma \text{ das 7 pregas cutâneas})^2) - (0,00028826 (\text{idade}))$19

Equação 2 - Massa gorda estimada = $(4,95/\text{densidade corporal}) - 4,50 * 100$19

Índice de Abreviaturas

ACSM – American College of Sport Medicine

BR – Back Row

NaHCO₃ - Bicarbonato de Sódio

CE – Custo Energético

CET – Custo Energético Total

CO₂ – Dióxido de Carbono

CM – Centímetro

DE – Dispêndio Energético

DOA – Défice de Oxigénio Acumulado

EPOC - Excesso de consumo de oxigénio pós exercício

FC – Frequência Cardíaca

Mmol – Milimol

O₂ - Oxigénio

TF – Treino de Força

TMR – Taxa Metabólica de Repouso

VCO₂ – Excreção de Dióxido de Carbono

VCO₂/VO₂ – Rácio Excreção de Dióxido de Carbono/Consumo de Oxigénio

VE – Ventilação

VO₂ – Consumo de Oxigénio

VO₂AC² – Volume de Oxigénio Acumulado

Kcal – Quilocalorias

KG - Quilograma

Resumo

O objetivo do presente estudo foi verificar qual o Custo Energético (CE) estimado combinando os contributos das frações aeróbia e anaeróbia bem como quantificar a precisão da estimativa do mesmo através da reta de regressão VO_2 /carga no exercício de *Back Row* (BR) no aparelho *TRX force kit: Tactical*[®]. Para o efeito 14 sujeitos do sexo masculino (idade= $23,14 \pm 2,54$ anos; estatura= $170,43 \pm 4,67$ cm; massa corporal= $69,43 \pm 6,31$ kg e gordura corporal estimada= $7,11 \pm 2,55\%$) foram sujeitos a 5 sessões de estudo, com 72 horas de intervalo entre elas. Em cada sessão foi medido o VO_2 em dois momentos: em repouso, num período de 15 minutos e durante o exercício BR efetuado com um dos seguintes graus de inclinação, nomeadamente 110° , 120° , 125° , 130° e 160° , tendo como referência o maléolo externo do perónio, a barra fixa em contacto com o chão e a barra móvel em contacto com o maléolo externo do fémur, do Goniómetro *Rulong*[®]. Em todas as sessões foi medido VO_2 durante 15 minutos de repouso e durante a execução do exercício utilizando um espirómetro portátil ("*K4b² COSMED*[®] *K4b², Roma, Itália*"). Foi igualmente medida a variação da concentração sanguínea de lactato, (antes e após exercício), utilizando um analisador portátil *Accutrend*[®] Plus. Foi efetuada uma regressão linear para obtenção das estimativas do declive, valor de dispersão e o valor no eixo das abcissas. O CE foi calculado através da soma das equações obtidas pela regressão linear e do equivalente energético do lactato no sangue. O erro padrão da regressão foi utilizado como indicador da robustez da relação entre as variáveis utilizadas para a realização das equações de predição do custo energético. Foi obtida a equação standard, de predição do custo energético, $y = 0,21x - 11,770$ com um erro padrão de $0,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e um $R=0,96$ e a equação alternativa $y = 0,078x + 4,252$ com um erro padrão de $1,24 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e um $R=0,97$, em que Y é o VO_2 e X o ângulo de inclinação.

Palavras-Chave: treino de força; custo energético; consumo de oxigénio; lactato; défice de oxigénio acumulado

Abstract

The aim of the current study was to verify the estimated cost by combining the contributions of aerobic and anaerobic fractions and quantify the accuracy of estimating the regression line through the VO_2 / charge in the exercise of Back Row (BR) in TRX force kit: Tactical® device. For that, it was recruited a sample constituted by 14 male subjects (age=23,14±2,54; height=170,43±4,67 cm; body mass=69,43±6,31 kg and estimated body fat=7,11±2,55%), who were submitted to 5 experiment sessions, with 72 hours of break between them. In each session, it was measured the oxygen uptake in two different moments: during 15 minutes of rest, and during BR's exercise performed with 110°, 120°, 125°, 130° and 160° tilt degree, using the external malleolus of fibula as a reference to the bar fixed to the floor and the malleolus of femur to the unfixed bar, of *Rulong*® Goniometer. In every session it was measured the VO_2 , with a portable spirometer ("*K4b² COSMED*® *K4b², Rome, Italy*"), during 15 minutes of rest, and during the exercise. Likewise, it was measured the variation of blood lactate concentration, (before and after exercise), using a portable analyzer Accutrend® Plus. In order to estimate the slope, the dispersion value and the value on the axis of abscissas, a linear regression was performed. The CE was calculated by the addition of obtained equations from linear regression and the energetic match of blood lactate concentration. The standard error of regression was used as indicator to robustness of the relationship between the variables used, to found the CE predicting equation. Finally, it was obtained the standard CE predicting equation, $y = 0,21x - 11,770$ with a standard error of 0,6 ml.kg⁻¹.min⁻¹ and a R=0,96 and an alternative equation, $y = 0,078x + 4,252$ with a standard error of 1,24 ml.kg⁻¹.min⁻¹ and a R=0,97, with Y representing the VO_2 and with X representing the inclination angle.

Key-words: resistance training; energy cost; lactate; accumulated oxygen deficit

1. Introdução

A prática regular de atividade e exercício físico tem sido recomendada ao longo dos anos por várias instituições tais como a *American College of Sports Medicine* (ACSM) e a *American Heart Association*, como sendo vital para promover a saúde e as capacidades físicas, com o objetivo de se obter uma melhor qualidade de vida. Na elaboração de um programa de exercícios para a obtenção de uma melhor qualidade de vida é recomendada a inclusão de exercícios aeróbios, anaeróbios e de flexibilidade (ACSM 1998; 2009; 2011; AHA 2005).

O treino de força (TF), ao longo dos anos, tem-se evidenciado não só por promover o aumento de força, resistência, hipertrofia e potência musculares (de Salles et al., 2009), mas igualmente para se obter benefícios relacionados com a saúde, nomeadamente o aumento da massa óssea, redução da pressão sanguínea e redução da gordura corporal (Kraemer, Ratamess, & French, 2002).

Cada vez mais, no TF se tem procurado encontrar alternativas aos métodos convencionais que utilizam máquinas de musculação. Recentemente têm-se desenvolvido aparelhos que utilizam a massa corporal como carga, mantendo esta em constante instabilidade, trabalhando vários músculos ao mesmo tempo. Os benefícios deste tipo de treino (instável) centram-se numa maior ativação muscular (Fenwick, Brown, & McGill, 2009), principalmente dos músculos do core, sendo estes muito importantes para as atividades da vida diária (Behm & Anderson, 2006; Norwood, Anderson, Gaetz, & Twist, 2007), aumento da proprioceptividade e controle neuromuscular, e aumento dos níveis de co-contração muscular ajudando na estabilidade articular (Gantchev and Dimitrova 1996).

Dentro desses novos aparelhos aparece o *TRX Suspension Trainer*[®] (TRX), que é um aparelho que proporciona instabilidade, desenvolvido em 1988 por Randy Hetrick um antigo marinheiro oriundo dos Estados Unidos da América. O treino em suspensão utiliza a gravidade e a massa corporal, desenvolvendo força, equilíbrio, flexibilidade e estabilidade, simultaneamente. Este tipo de treino é baseado em três princípios fundamentais, sendo eles: Vector-Resistência, Estabilidade e Pêndulo. O princípio Vector-Resistência permite ajustar o ângulo em relação ao solo e o centro de gravidade do indivíduo, sendo que o exercício pode ser dificultado pela inclinação do ângulo da posição inicial. Quanto ao princípio da Estabilidade verifica-se que a base de apoio do corpo e o centro de gravidade afetam a intensidade do exercício, uma base de apoio reduzida aumenta o nível de dificuldade quando comparado com uma base mais larga. O princípio do Pêndulo refere-se à posição de partida em relação ao ponto de ancoragem, sendo mais relevante em exercícios onde a maioria do peso do

corpo é transferido para as mãos ou para os pés suspensos no TRX (Bettendorf, B., 2010). No presente estudo, o princípio abordado é o Vector-Resistência, onde se pretende verificar o CE em diferentes ângulos.

Devido ao TRX solicitar não só um grupo muscular isolado, mas igualmente estar envolvida a musculatura de estabilização em todo o movimento, pode permitir custos energéticos superiores em relação aos exercícios realizados em estabilidade que pretendem solicitar os mesmos grupos musculares. Estando uma elevada percentagem de gordura corporal relacionada com variados problemas de saúde, torna-se pertinente saber o real CE da realização do TF nestes exercícios.

Um baixo dispêndio energético diário está associado com a prevalência de doenças relacionadas com a síndrome metabólica, nomeadamente a obesidade (WHO, 1997; Martinez, 2000). A obesidade caracteriza-se pelo excesso de gordura corporal, tendo este repercussões na saúde, levando a uma perda não só na qualidade de vida como na longevidade da mesma (WHO, 1997; Fontaine, Redden, Wang, Westfall, & Allison, 2003). Uma vez que o TF ajuda a reduzir a gordura corporal (Kraemer, Ratamess, & French, 2002), assume uma expressiva importância na implementação de programas de treino em toda a população, principalmente em indivíduos obesos. Vários são os estudos que suportam a tese de que o TF tem um impacto positivo no controlo da composição corporal (Ades et al., 2005; Campbell, Crim, Young, & Evans, 1994; Hunter, Wetzstein, Fields, Brown, & Bamman, 2000; Yu et al., 2005), como resultado do aumento da massa livre de gordura. Por sua vez, o aumento da massa livre de gordura pode levar ao aumento do consumo de oxigénio (VO_2) (Yu et al., 2005), da taxa metabólica de repouso (TMR) e ao aumento do dispêndio energético em e após atividade física que, conseqüentemente leva a um maior dispêndio energético diário (Ades et al., 2005; Hunter et al., 2000). Deste modo, torna-se pertinente, de forma o mais precisa possível, o cálculo do custo energético (CE) no TF.

O CE expressa a quantidade de energia necessária para se realizar uma tarefa/exercício, incluindo a energia aeróbia e anaeróbia (Reis, Júnior, Zajac, & Oliveira, 2011). Fatores como a oclusão do fluxo sanguíneo, a manobra de Valsalva, a presença do défice de oxigénio, a ausência de um estado fisiológico estável e a utilização de três sistemas energéticos durante os exercícios de força intensos e intermitentes, revelam dificuldade no cálculo do CE. Existem vários métodos de cálculo do CE através de calorimetria indireta, nomeadamente o método de água duplamente marcada e o bicarbonato marcado, o uso da análise das trocas respiratórias e a conjugação das trocas respiratórias com a análise sanguínea de lactato e o défice de oxigénio acumulado.

O método de água duplamente marcada é pouco usado devido ao seu elevado custo e à impossibilidade de se obter o CE durante uma atividade física isolada, sendo mais usado no cálculo do custo energético diário. Este método consiste na ingestão de água que contém dois isótopos estáveis de hidrogénio e oxigénio. O isótopo de hidrogénio irradia-se através da água do corpo e o isótopo de oxigénio irradia-se tanto pela água como pelo dióxido de carbono (CO_2). A diferença entre o desaparecimento destes dois isótopos pode ser convertida em CE (Wilmore & Costill, 2001; Powers & Howley, 2000; Melby et al., 2003). Outro método que utiliza a produção do CO_2 para calcular o CE é o Bicarbonato marcado através da diluição de uma dose de Bicarbonato de Sódio (NaHCO_3) marcado, em que a magnitude desta diluição é utilizada para determinar a taxa de produção de CO_2 (Melby et al., 2003).

A análise das trocas respiratórias consiste na medição de oxigénio (O_2) consumido e do CO_2 produzido, em que a quantidade de O_2 e CO_2 que se troca nos pulmões iguala, normalmente, a quantidade usada e libertada pelos tecidos do corpo. Desta forma podemos estimar o CE medindo os gases respiratórios (Wilmore & Costill 2001). Contudo a análise das trocas gasosas pode apenas ser aplicada para a estimativa do CE em esforços contínuos de baixa e moderada intensidade, uma vez que VO_2 apenas determina a componente aeróbia do CE (ACSM, 2007; Scott, 2006; Reis et al., 2011). Com a necessidade de se calcular o CE em esforços intensos e intermitentes, Scott (2006) apresenta um método que combina a análise respiratória (VO_2) e bioquímica sanguínea (lactato no sangue), em que o VO_2 é obtido antes, durante e após o exercício e o lactato no sangue antes e após o mesmo. Num estudo realizado em 2006, Scott concluiu que o metabolismo anaeróbio poderá representar até 39% do CE neste tipo de esforços, esforços predominantes no TF. Outro método que tem sido apresentado para calcular o CE no TF é o Défice de Oxigénio Acumulado (DefO_2Ac).

Em 1988, Hermanssen e Medbo propuseram o Défice de Oxigénio Acumulado (DOA). Este método permite quantificar tanto a energia aeróbia como anaeróbia, com a obtenção da equação de uma reta de regressão linear, sendo necessária uma estabilização do VO_2 em diferentes patamares de intensidades submáximas. Através do CE submáximo é possível, por extrapolação linear, obter o CE supramáximo. A componente anaeróbia é quantificada pela diferença entre o custo energético total (CET) do esforço, e o consumo de Oxigénio acumulado (VO_2Ac). O CET advém do CE em ordem ao tempo de esforço e o VO_2Ac resulta da integração do VO_2 em ordem ao tempo durante o esforço. Assim sendo, os pressupostos do método são os seguintes: estimativa do CE submáximo pela relação entre VO_2 e intensidade; estimativa do CE supramáximo por extrapolação linear do CE submáximo; estabilidade

do CE supramáximo durante o esforço (Medbø et al., 1988; Reis et al., 2005; Reis et al., 2006; Robergs, Gordon, Reynolds, & Walker, 2007).

Desta forma, até ao momento não foi encontrado um método preciso no cálculo do custo energético em exercícios de alta intensidade e curta duração, tais como os realizados no TF, utilizando o TRX, torna-se pertinente, tal como referimos anteriormente neste capítulo, a criação de uma forma eficaz de estimativa do custo energético na realização do exercício de *Back Row* no aparelho *TRX force kit: Tactical®*.

2. Metodologia

2.1. Caracterização da Amostra

A amostra do presente estudo é constituída por 14 indivíduos do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 19 e 27 anos, com os seguintes critérios de inclusão: serem fisicamente ativos; serem aparentemente saudáveis; não tomarem medicação passível de alterar as variáveis em estudo; não fumarem; não possuírem lesões osteoarticulares e musculotendinosas.

Tabela 1 - Estatística descritiva e características antropométricas da amostra (n=14)

	Mínimo	Máximo	Média±DP
Idade (anos)	19	27	23,14±2,54
Estatura (cm)	162	180	170,43±4,67
Envergadura (cm)	165	185	174,54±5,64
Massa Corporal (kg)	58	80	69,43±6,31
Gordura Corporal Estimada (%)	2,58	13,82	7,11±2,55

2.2. Tarefas e Procedimentos

Inicialmente foi realizada uma sessão com o objetivo de informar os sujeitos da amostra, dos objetivos os procedimentos e possíveis desconfortos inerentes ao presente estudo. Foi permitida a colocação de qualquer questão ou dúvida relacionada com o estudo. Nessa mesma sessão, os sujeitos preencheram: o questionário PAR-Q teste (Anexo I, ACSM, 2007) e uma ficha de anamnese (anexo II). Após observação de que os sujeitos preenchiam os critérios de inclusão neste estudo, foi-lhes entregue para assinarem um termo de consentimento informado de participação no presente estudo, elaborado segundo a declaração de Helsinkia de 2008 (Anexo III). Posteriormente, e na mesma sessão, foram efetuadas as recolhas das medidas antropométricas (massa corporal, estatura, envergadura e percentagem de gordura estimada). Após estes procedimentos e durante 2 semanas, com uma frequência mínima de 3 vezes por semana, foi efetuado o treino da técnica de execução do exercício *Back Row*, no aparelho *TRX force kit: Tactical®*. Esta adaptação foi feita através da realização de 3 séries de 10 repetições, com um 1 minutos e 30 segundos de descanso entre séries.

Os sujeitos foram submetidos a cinco sessões experimentais, com um intervalo 72h entre elas, efetuadas à mesma hora e com as mesmas condições de temperatura e

humidade. Nessas sessões foi realizado o exercício de *Back Row*, no *TRX*[®] realizado a 40 batimentos por minuto, controlado por um metrónomo electrónico “Korg MA – 30, Korg, New York, EUA”, nos ângulos de (110°), (120°), (125°), (130°) e (160°), e onde foi medido o VO_2 em repouso e durante o esforço e a variação do ácido láctico.

O VO_2 foi avaliado antes da realização do exercício, com o objetivo de definir a taxa metabólica de repouso; e durante o exercício para quantificar o VO_2 durante o esforço, com a utilização do aparelho “*K4b² COSMED[®] K4b², Roma, Itália*”.

Foi igualmente medida a concentração de lactato no sangue antes e após o exercício, através do analisador portátil Accutrend[®] Plus. Antes da realização do exercício para avaliar o valor de repouso e após o exercício, para determinar o nível de lactato sanguíneo acumulado devido ao exercício. No ângulo de 160°, foi medida a concentração de lactato no sangue imediatamente após a realização do exercício, e repetiu-se esta medição a cada 90 segundos, até se obter o valor máximo.

As sessões experimentais em causa foram realizadas de forma aleatória, por sorteio.

Os sujeitos foram devidamente informados para não realizarem exercício intenso 72 horas antes das avaliações, para 24 horas antes não ingerirem bebidas alcoólicas e/ou cafeína, não estarem em jejum, manterem-se hidratados, descansarem bem (6 a 8 horas de sono), e alimentarem-se igualmente bem (pelo menos 3 refeições diárias) (Wilmore e Costill, 2001), registando todas as refeições realizadas nas 24 horas anteriores à 1ª sessão experimental de forma a poderem realizá-las nas 24 horas anteriores às sessões seguintes. Estas refeições foram registadas numa ficha elaborada para o efeito (Anexo IV).

Todos os dados recolhidos foram registados em Excel e tratados estatisticamente no programa SPSS.

2.2.1. Descrição do Exercício *Back Row*

O exercício *Back Row* inicia-se de frente para *TRX*[®] com os pés à largura dos ombros, com as mãos em posição neutra e os braços estendidos na frente do corpo à altura do peito. De seguida leva-se os cotovelos para trás, juntando as omoplatas e aproximando o peito até às alças do *TRX*[®] (ver Figura 1).



Figura 1 - Back Row

2.3. Instrumentos e Medições

2.3.1. Avaliações antropométricas

2.3.1.1. Estatura e Envergadura

Para medir a estatura foi utilizado um estadiómetro (SECA). A estatura foi definida como a distância, em linha reta, entre o vértex (crânio) e o piso sobre o qual se apoiam os pés, estando estes em formato “V”, encontrando-se os sujeitos em posição ereta, posicionado segundo o plano de Frankfurt. Este plano consiste numa linha devidamente assinalada, que passa pelo ponto mais baixo do bordo inferior da orbita ocular direita e pelo ponto mais alto do lado superior do meato auditivo externo correspondente. A medição foi feita no momento de inspiração profunda. Os sujeitos, da amostra, descalços, com os pés juntos e com os calcanhares, o cóccix, a coluna dorsal e a parte occipital em contacto com o estadiómetro. A leitura foi expressa em centímetros (cm), com aproximação às décimas.

A envergadura foi medida com uma fita métrica numa distância entre as extremidades do dedo médio com abdução de ombros a 90°.

2.3.1.2. Massa Corporal

Para obter a massa corporal foi utilizada uma balança eletrónica (SECA). Os sujeitos da amostra estavam descalços e apenas em calções e camisola, colocaram-se no centro da plataforma da balança e permaneceram imóveis. A medição admitida foi expressa em quilograma (kg), com aproximação às décimas.

2.3.1.3. Medição da Percentagem de Gordura Estimada

A medição da percentagem de gordura estimada foi efetuada através das pregas cutâneas com a utilização do adipómetro “Sanny AD1010, *American Medical do Brasil*, Ltda, São Paulo, Brasil”, realizadas sempre pelo mesmo avaliador. Foram avaliadas as seguintes pregas: peitoral; axilar média; tricipital; subescapular; abdominal; suprailíaca; e crural.

Fórmula para obter a densidade corporal (ACSM, 2007):

$$\text{Equação 1 - Densidade Corporal} = 1,112 - (0,00043499 (\Sigma \text{ das 7 pregas cutâneas}) + (0,00000055 (\Sigma \text{ das 7 pregas cutâneas})^2) - (0,00028826 (\text{idade})))$$

Fórmula para converter a densidade corporal em percentagem de gordura corporal (ACSM, 2000):

$$\text{Equação 2 - Massa gorda estimada} = (4,95/\text{densidade corporal}) - 4,50 * 100$$

As medições foram obtidas através dos seguintes procedimentos (ACSM, 2000): todas as medidas foram realizadas do lado direito do corpo; a prega cutânea foi pinçada com o dedo polegar e indicador, cerca de 1 cm do local previamente marcado; o Adipómetro foi colocado perpendicularmente em relação a prega; a leitura foi efetuada cerca de 2 segundos após a colocação do adipómetro, sem largar a prega; efetuaram-se duas medidas no mesmo local em que se considerou a média de ambas como valor final, desde que as duas medições não apresentassem valores que diferissem entre si mais de 0,2 mm.

Os pontos anatómicos utilizados para a obtenção dos valores das pregas cutâneas foram os seguintes (ACSM, 2000):

- Tricipital: prega vertical; a meio e na parte posterior do braço; a meio de uma linha imaginária entre os processos acrómio e olecrano; e o braço livre ao lado do corpo;
- Crural: prega vertical; na face anterior da coxa e na sua linha média, a meio de uma linha imaginária que passa pela crista ilíaca antero superior e a parte superior da rótula.
- Abdominal: prega vertical; a 2 cm lateralmente à direita do umbigo;
- Peitoral: prega diagonal; a meio da distância entre a parte anterior da linha da axila e o mamilo;

- Axilar média: prega vertical; entre o cruzamento das linhas imaginárias passando uma por entre o meio da axila em direção ao osso íliaco do mesmo lado e outra pelo do processo xifóide do esterno que vai na horizontal passar pela linha referida anteriormente;
- Subescapular: prega diagonal (a 45°); 2 cm após o ângulo inferior da escápula;
- Supraíliaca: prega diagonal; em linha com o natural ângulo formado pela crista íliaca e tirada na parte anterior da linha axilar logo superiormente à crista íliaca.

2.3.2. Ângulos

A medição dos ângulos foi efetuada através de um Goniómetro *Rulong*[®] com 2 réguas para medição da amplitude articular, com uma escala de 20 cm e transferidor de 0° a 360° graus, onde o eixo do instrumento foi colocado no maléolo externo do perónio, a barra fixa em contacto com o chão e a barra móvel em contacto com o maléolo externo do fémur. As medições foram sempre realizadas do lado direito do sujeito.

2.3.3. TRX[®]

O *TRX*[®] foi utilizado na sua extensão máxima e o seu ponto de ancoragem foi colocado a 2.50m de altura em relação ao chão.

2.3.4. Medição dos Indicadores Respiratórios

A medição dos indicadores respiratórios foi efetuada através de um sistema de circuito aberto portátil (*COSMED[®] K4b2, Roma, Itália*). Este aparelho é uma unidade portátil que pesa aproximadamente 1kg, com a bateria, e contém um analisador de oxigénio e de dióxido de carbono. Esteve colocado num colete específico, no peito dos sujeitos da amostra. Antes de começar, a unidade portátil foi calibrada consoante as indicações do fabricante. Os sujeitos da amostra utilizaram este dispositivo durante toda a sessão, ao longo das cinco sessões experimentais. Os dados obtidos foram: tempo, frequência respiratória, volume total, ventilação, consumo de oxigénio, produção de dióxido de carbono e frequência cardíaca. A validade deste aparelho foi demonstrada por McLaughlin et al. (2001) e Hauswirth et al. (1997), considerando-se que fornece dados com uma percentagem de erro inferior a 1 % em relação ao método de Douglas Bag.

Para determinar os valores metabólicos de repouso, foram utilizados os valores obtidos nos últimos 10 minutos do período em repouso. A avaliação do metabolismo

de repouso foi realizada numa sala ventilada, com uma luz de baixa intensidade, sem barulho, a uma temperatura ambiente entre os 20° e os 22° C, e uma humidade do ar entre os 50 e os 60%, parâmetros estes medidos através de um termohigrómetro portátil “*Testo 625, Testo, Alemanha*”. Foi pedido aos sujeitos da amostra que permanecessem deitados numa marquesa confortável. No mesmo momento em que se colocou o analisador de gases indireto (*COSMED® K4b², Roma, Itália*), colocou-se também o cárdiofrequencímetro (*Wireless Double Electrode, Polar®, Kempele, Finlândia*). Após estes procedimentos foi colocada, nos sujeitos da amostra, a máscara facial flexível do analisador de gases (Hans Rudolph, Kansas City, EUA) e foi pedido para se deitarem e permanecerem inativos durante 30 minutos. Após 15 minutos do início deste período pré-exercício, deu-se início às medições do VO₂, através do analisador de gases, que se manteve continuamente até ao final do protocolo da sessão de estudo.

Para a avaliação do VO₂ durante as sessões de treino, os sujeitos da amostra utilizaram o aparelho K4b2, ao longo de todo o exercício, com a duração necessária para se conseguir a estabilização do mesmo.

De forma a manter a validade em todas as sessões, o analisador de gases foi ligado 45 minutos antes da sua utilização, para este aquecer segundo as normas estabelecidas (COSMED, 2001). Este sistema de análise foi calibrado (calibração do ar ambiente, dos gases de referência, do tempo do delay e da turbina), antes de cada sessão com uma mistura de gás ambiente e uma mistura de gás da calibração conhecida (16,00% O₂ e 5,00% de CO₂). A análise das concentrações de O₂ foi efetuada através de um sensor de zircónio e as de CO₂ através de um sensor de infravermelhos. A calibração da turbina do analisador de gases foi feita com uma seringa de 3 litros (COSMED, 2001).

2.3.5. Frequência Cardíaca

Com exceção das duas semanas de familiarização com o *TRX®*, em todas as cinco sessões experimentais, foi medida a frequência cardíaca ininterruptamente através de uma cinta (*Wireless Double Electrode, Polar®, Kempele, Finlândia*). Após o humedecimento dos elétrodos, colocou-se nos sujeitos o transmissor ao nível do apêndice xifoide.

2.3.6. Medição da Concentração de Lactato no sangue

A Concentração de Lactato no sangue foi efetuada através da recolha de uma amostra de 25 microlitros de sangue capilar de uma das falanges distais da mão do

sujeito, tendo sido este colocado numa Tira Reativa de Lactato e calculado pelo analisador portátil *Accutrend® Plus*. Esta medição foi sempre realizada no período de pré (em repouso) e pós exercício. No ângulo de 160° a recolha foi realizada imediatamente após e repetida seguidamente a cada 90 segundos até se obter o valor máximo.

De modo a manter a fiabilidade dos resultados, o analisador portátil foi calibrado todas as semanas através das concentrações de lactato no sangue de 2, 4, 10, 15 e 30 mmol de Lactat-Kontrollsel LCQ 140, Berlin, Germany.

2.3.7. Cálculos

Foram realizadas duas retas de regressão linear entre o VO_2 e a carga. Uma reta standard com os valores de VO_2 durante o esforço e a carga, e uma reta alternativa incluindo o VO_2 em repouso. O CE foi calculado através das fórmulas obtidas pelas regressões e do equivalente energético do lactato no sangue (usou-se o equivalente energético de 1mM/l de lactato = 3 mlO₂/kg/min (DiPrampero e Ferretti, 1999). Para a conversão do O₂ em energia usou-se 1 litro de O₂ = 5Kcal.

2.4. Tratamento Estatístico

A análise de todos os dados foi efetuada pelo software de tratamento e análise “*Statistical Package for the Social Sciences*” (*SPSS Science, Chicago, EUA*), versão 21.0. Foi efetuada uma regressão linear para obtenção das estimativas do declive, valor de dispersão e o valor no eixo das abcissas. O custo energético foi calculado através das fórmulas obtidas pela regressão linear e do equivalente energético do lactato no sangue. O erro padrão da regressão foi utilizado como indicador da robustez da relação entre as variáveis utilizadas para a realização das fórmulas de predição do custo energético.

3.Resultados

Como valores de repouso a amostra apresentou um VO_2 de $4,49 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e uma Frequência Cardíaca de 57 bpm. O lactato em repouso foi de $2,76 \text{ mmol/L}$.

Nas 4 intensidades mais baixas, o VO_2 mostrou estabilização, conforme se ilustra, com um exemplo, na Figura 2.

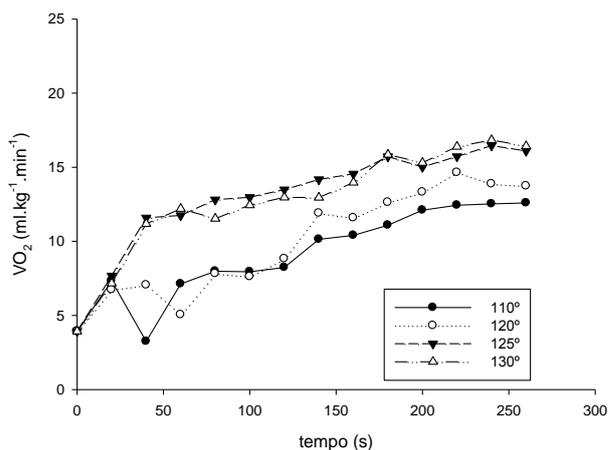


Figura 2 - Cinética do VO_2 durante as 4 intensidades

Na Figura 3 são apresentadas as retas de regressão entre VO_2 e carga no exercício de *Back Row* realizado no *Trx force kit: Tactical®*. As retas apresentadas refletem os valores médios de todos os sujeitos da amostra. A linearidade foi inferior na regressão Standard ($R=0,96$) e superior no Alternativo ($R=0,97$). O erro padrão da regressão ($Sy.x$) foi superior no Alternativo ($1,24 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) e inferior no Standard ($0,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

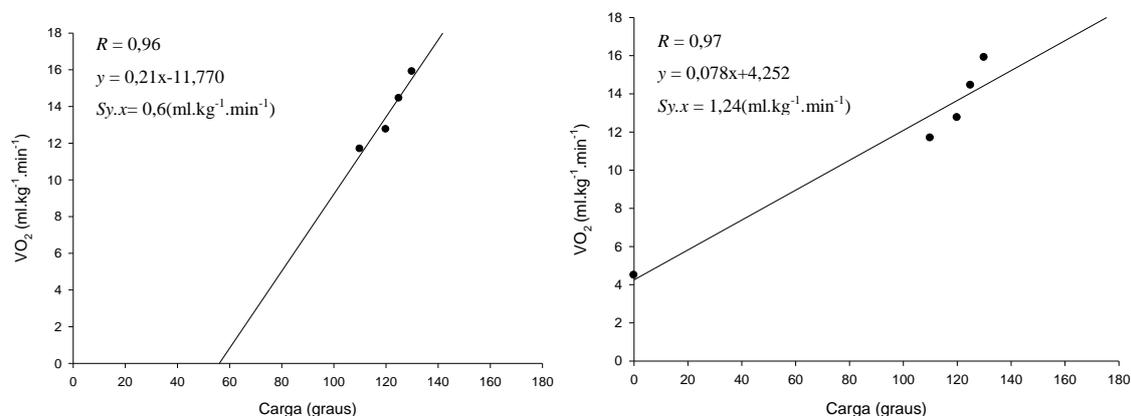


Figura 3 - Retas de regressão entre VO_2 e carga no exercício de *Back Row* realizado no *Trx force kit: Tactical®* no modo Standard (à esquerda) e Alternativo (à direita) nos ângulos de (110°) , (120°) , (125°) e (130°)

Através das retas de regressão individuais foi calculado por extrapolação linear o custo energético (CE) predito no ângulo de 160°. Na tabela 2 são apresentados os resultados dessa extrapolação e de todas as restantes medidas e estimativas na intensidade de 160°.

Tabela 2 - Valores da média e desvio padrão em relação ao custo energético (CE) predito, erro padrão da predição (SEP), intervalo de confiança (IC95), custo energético total (CET), consumo de oxigénio acumulado (VO₂AC), percentual aeróbico (Aero), percentual anaeróbico (Anaero), défice de O₂ acumulado (DOA) e lactato

	Standard	Alternativo
CE Predito (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	21,82±4,57	16,82±2,72
SEP (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	2,60±1,40	1,03±0,57
IC95 (ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	11,94±6,43	5,25±2,93
CET (ml.kg ⁻¹)	25,11±8,97	19,22±5,82
VO ₂ AC (ml.kg ⁻¹)	17,11±5,97	17,11±5,97
Aero (%)	69,61±14,03	88,57±10,22
Anaero (%)	30,39±14,03	11,43±10,22
DOA (ml.kg ⁻¹)	8,00±5,08	2,11±1,86
Lactato (mmol/L ⁻¹)	4,81±0,63	4,81±0,63

Na intensidade mais elevada, o VO₂ não mostrou estabilização, conforme se ilustra com um exemplo na figura 4.

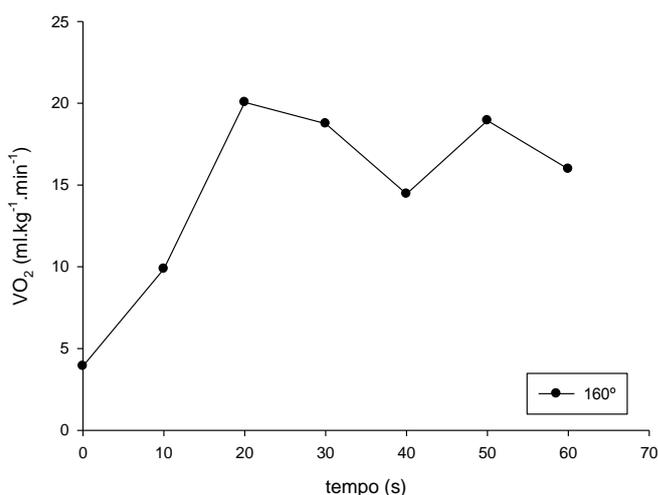


Figura 4 - Cinética do VO₂ no esforço de alta intensidade até à exaustão

4. Discussão

O objetivo do presente estudo foi verificar qual o CE estimado e quantificar a precisão da estimativa do mesmo através da reta de regressão VO_2 /carga, no exercício de *Back Row* no aparelho *TRX force kit: Tactical®*.

O CE foi calculado através da soma do valor do VO_2 obtido pelas regressões e do equivalente energético do lactato no sangue. Este variou entre 11,53 e 16,73 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (4 kcal/min e 5,81 kcal/min) quando calculado pela regressão Standard e 13,03 e 15,59 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (4,52 kcal/min e 5,41 kcal/min) pela regressão Alternativa nos ângulos de (110°), (120°), (125°) e (130°), ou seja nas intensidades mais baixas. Relativamente à intensidade mais alta, ângulo de (160°), o CE foi de 27,88 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (9,68 kcal/min) no modo Standard e 22,84 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ (7,93 kcal/min) no modo Alternativo.

Em intensidades mais baixas o CE é quantificado pelo declive da reta de regressão entre o VO_2 e a carga. Nas intensidades mais elevadas, este é estimado por extrapolação linear do CE das intensidades mais baixas (Reis et al., 2005; Reis & Carneiro, 2005). A precisão da estimativa do CE depende principalmente da robustez da regressão VO_2 /carga, sendo os medidores mais comuns o coeficiente de correlação (R) (Reis, 2003; Reis & Carneiro, 2005) e o erro padrão da regressão (Sy.x) (Bland e Altman, 1996; Altman et al., 2000). No presente estudo, a linearidade em ambas as regressões foi elevada, tendo-se verificado um valor inferior na regressão Standard (R=0,96) e superior no Alternativo (R=0,97). O erro padrão da regressão (Sy.x) foi superior no Alternativo (1,24 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) com o erro relativo variando entre 8% a 10%; e inferior no Standard (0,6 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$) correspondendo em termos relativos a um erro de 4% a 5%. Poucos são os estudos que avaliam o CE em exercícios de TF, principalmente que recorram à regressão VO_2 /carga. No estudo de Robergs et al. (2007), que quantificou o CE nos exercícios de Supino e Agachamento, estes obtiveram como valor de R=0,81 no exercício de Supino, e R=0,85 no Agachamento. Relativamente ao padrão do erro da regressão (Sy.x) foi de 0,16 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ no Supino, correspondendo a um erro relativo de 10% a 16%; e 0,31 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$ no Agachamento, sendo de 11% a 13% o erro relativo. Vianna (2010) utilizou a regressão nos exercícios de Supino Horizontal, meio Agachamento, Puxada Alta e Extensão dos Cotovelos, onde o valor de R variou de 0,89 e 0,98, sendo inferior no exercício de meio Agachamento, e superior na Puxada Alta. O erro padrão da regressão (Sy.x) foi superior no exercício de meio Agachamento (5,47 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, com o erro relativo de 19%), e inferior na Puxada Alta (0,57 $ml.kg^{-1}.min^{-1}$, com o erro relativo de 10%). Por outro lado, Santos (2013) verificou um R superior na Extensão de Pernas na Prensa

($R=0,98$) do que nos exercícios de Extensão de Pernas, Supino Inclinado e Flexão de Antebraços ($R=0,91$ e $R=0,94$). O $Sy.x$ do exercício de Extensão de Pernas foi $3,16 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$, sendo o mais elevado com um erro relativo de 14% a 20%. Os outros variaram entre $0,87 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ e $1,80 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$, onde o exercício de Flexão de Antebraço teve o valor mais baixo. No exercício de supino inclinado o erro relativo foi de 11% a 14%; extensão de pernas na prensa de 7% a 12% e na flexão de antebraços 8 a 13%.

Comparando com os estudos citados em TF podemos verificar que os erros relativos apresentados no nosso estudo são inferiores, sendo o valor máximo de 10%.

Sendo apresentados poucos estudos no TF é importante comparar o nosso estudo com os valores encontrados em diferentes tipos de exercícios, como corrida, ciclismo e natação. Doherty, Smith e Schroder (2000) efetuaram um estudo na modalidade de corrida, em distâncias curtas, obtendo um valor de R de 0,91. Na corrida para a prova de 400m, Reis e colaboradores (2004) obtiveram um valor de R de 0,998 com um $Sy.x$ de $1,61 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$. Ainda na modalidade de corrida, Reis e colaboradores (2005) realizaram um estudo com o objetivo de verificar se a inclusão de valores acima do limiar de lactato na regressão VO_2 /velocidade de corrida, afetavam o erro de estimativa do DOA durante uma corrida no tapete rolante. Não foram encontradas diferenças significativas, contudo a regressão subliminar, incluindo apenas o VO_2 medido durante intensidades de exercício abaixo do limiar de lactato ($Sy.x$ $1,34 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$; $R=0,998$), apresentou melhor robustez que as regressões completas, incluindo todas as medições de VO_2 submáximo ($Sy.x$ $1,77 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$; $R=0,996$). Na natação, Reis e colaboradores (2010^{a,b}) com o objetivo de investigar o método do DOA e verificar a fiabilidade da reta de regressão entre o VO_2 /velocidade, realizaram dois estudos, com a técnica de bruços e de crol. Nos 100m e 200m bruços obtiveram valores de R de 0,94 para os 100m, e de 0,95 nos 200m. O $Sy.x$ nos 100m foi $6,27 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$, e nos 200m de $4,85 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$. Na técnica de crol as provas foram de 100m, 200m e 400m, obtendo-se nos 400m um R de 0,97 e 0,98 nos 100m e 200m, respetivamente. O $Sy.x$ relativo aos 400m foi de $4,13 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$, nos 100m de $4,30 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$, e nos 200m de $5,29 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$.

Face a estas referências da literatura, podemos concluir que a robustez das nossas retas de regressão podem considerar-se como aceitáveis e enquadradas, com o reportado para musculação e em outras atividades físicas.

Como indicado anteriormente, a precisão da estimativa do CE nas intensidades mais baixas é-nos indicada pelo R da regressão e o $Sy.x$. No entanto, nas intensidades superiores, a robustez do modelo relativa à extrapolação linear, ou seja, o erro do CE predito é-nos indicado através do SEP (erro padrão do valor predito). No

presente estudo o CE predito foi de $21,82 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$, com um SEP de $2,60 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$, que perfaz um SEP relativo de 12% na reta standard, $16,82 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ e o SEP de $1,03 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$, sendo o SEP relativo 6% na reta alternativa. No estudo de Vianna (2010), para o exercício de puxada alta, o CE predito foi de $25,34 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ com um SEP de $6,36 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$, correspondendo a um SEP relativo de 25%; $27,76 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$, com um SEP de $5,99 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ sendo 22% o SEP relativo no exercício de rosca tríceps; para o exercício supino horizontal o valor do CE predito foi de $29,15 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ e o SEP $4,13 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ com o SEP relativo de 14%; o exercício meio agachamento teve um CE predito de $91,00 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ com um SEP de $18,97 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ o que prediz um SEP relativo de 21%. Santos (2013) obteve os seguintes valores: para o exercício de extensão de pernas o CE predito foi $64,17 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ e o SEP $12,65 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ com o SEP relativo de 20%; o CE predito para o exercício supino inclinado foi de $42,15 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ com um SEP de $6,37$, sendo 15% o SEP relativo; o exercício de extensão de pernas na prensa teve um CE predito de $54,20 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ com um SEP de $4,59 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ e o SEP relativo de 8%; o CE predito para o exercício de flexão de antebraço foi de $22,31 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ com um SEP de $2,51 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ e o SEP relativo de 11%. Das referências anteriores, concluímos que os valores do SEP relativo no nosso estudo são maioritariamente mais baixos do que a generalidade do referido para exercícios de musculação.

Reis (2003) realizou um estudo em corrida para averiguar se a inclusão do consumo de oxigénio em repouso na regressão alteraria o CE e o DOA. Também no nosso estudo experimentámos duas regressões, uma standard e uma alternativa. Reis (2003) verificou diferenças estatisticamente significativas no declive e ordenada na origem das retas de regressão. Todavia, considerando o intervalo de confiança (95%) da distribuição das variáveis, o autor verificou que alguns valores médios obtidos pelo procedimento alternativo se situavam dentro dos limites sugeridos pelo intervalo de confiança da reta traçada pelo procedimento convencional. A inspeção visual das retas não sugeriu diferenças evidentes. Reis (2003) explica dizendo que houve pouca variabilidade nas ordenadas na origem, reveladas no procedimento convencional e que possivelmente as mesmas semelhanças não se observassem se houvesse uma grande variabilidade. Contudo, para o autor, o procedimento alternativo pareceu mais aconselhável, na medida em que pôde conferir ao modelo mais validade, tanto a nível matemático (pelos valores superiores de R), como a nível aplicado (pela correção de hipotéticos valores de ordenada na origem pouco realistas).

No nosso estudo verificamos que a reta alternativa tem o problema de resultar num DOA muito baixo (em alguns caso negativo) e a reta standard tem o

inconveniente de originar uma ordenada na origem negativa ($-11,77 \text{ ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$), o que é irreal em termos fisiológicos, uma vez que a ordenada na origem representa teoricamente o VO_2 em repouso. O problema da reta standard deveu-se às primeiras intensidades terem um valor de O_2 muito baixo, levando com que o declive da reta subisse muito. Ou seja, mais estudos parecem ser necessários para melhor averiguar qual o procedimento mais preciso para estabelecer a relação entre VO_2 e carga neste tipo de exercício físico.

Devido às diferentes posições do corpo ao realizar o exercício no TRX, podemos averiguar que embora correspondam a cargas diferentes, elas não são necessariamente acréscimos de carga que se possam traduzir quantitativamente numa escala. Nos exercícios tradicionais do Treino de Força, a carga é não só medida sem erro, como também obedece a uma escala em que 10 kg são sempre 10 kg. Contudo no TRX pode ser diferente, como o corpo vai adquirindo diferentes posições e os segmentos corporais mudam de ângulo, pode resultar que em cada ângulo temos um exercício diferente. Ou seja, há a possibilidade de a reta conter não 4 intensidades do mesmo exercício, mas sim 4 exercícios diferentes. Esta explicação pode ajudar a perceber o porquê do VO_2 aparentemente baixo nas 2 primeiras cargas.

Após a avaliação do CE total, foi calculada a contribuição aeróbia e anaeróbia para a intensidade mais elevada, sendo a energia anaeróbia calculada através do DOA no esforço mais elevado, realizado até à exaustão. Outra forma utilizada para verificar a energia anaeróbia foi através do delta lactato. Através do DOA verificamos que a contribuição aeróbia (standard 69,61%; alternativo 88,57%) foi superior à anaeróbia (standard 30,39%; alternativa 11,43%) em ambas as retas, uma vez que os valores do DOA foram muito baixos, sendo $8 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ na reta standard e $2,11 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ na alternativa. Ao utilizarmos os valores de lactato, como seria de esperar, também verificamos a contribuição aeróbia (standard 78,3%; alternativo 73,51%) superior à anaeróbia (standard 21,70%; alternativo 26,49%). Com estes resultados podemos verificar que a percentagem da contribuição anaeróbia da reta standard se aproxima dos valores da percentagem calculados através do DOA. Estes valores não vão de encontro aos estudos realizados em treino de força, Santos (2013) verificou que nos exercícios de extensão de pernas, supino inclinado e extensão de pernas na prensa, a energia anaeróbia variou entre 70% a 80%, sendo esta predominante. No exercício de flexão de antebraços o mesmo não se verificou, e a contribuição anaeróbia foi inferior (45,8%) à aeróbia. No estudo de Vianna (2010), todos os exercícios (meio agachamento, supino horizontal, rosca tríceps, puxada alta)

obtiveram uma contribuição anaeróbia superior à aeróbia, variando entre 64% e 88%. Assim sendo, parece que os exercícios com TRX podem ser um meio de exercício menos anaeróbio do que o treino de força tradicional.

Wilmore et al. (1978) realizaram um estudo com o objetivo de verificar o CE no treino de força, em circuito. Este estudo foi conduzido com 20 homens e 20 mulheres, que realizaram 3 circuitos de 10 estações (supino, abdominais inclinados, lombares, prensa de pernas, puxada dorsal, press de ombros, extensão de pernas, flexão do antebraço, flexão de pernas e remada alta) com 30 segundos de trabalho e 15 de descanso, a 40% de 1RM. Foi obtida uma média de 9 kcal/min e 6 kcal/min, para os homens e para as mulheres, respetivamente. Mais recentemente, no estudo de Melanson et al. (2002), ao realizarem um circuito de 60 minutos, o CE foi de 7,47 Kcal/min. Os sujeitos realizaram 4 séries de 10 repetições a 70% de 1 RM, em 10 exercícios. Estes foram realizados em pares (supino e remada dorsal; extensão de pernas e flexão de pernas; extensão de tríceps e flexão do antebraço; abdominal e press de ombros) e repartidos por 3 min, sendo o descanso, o tempo restante após as 10 repetições. Phillips e Ziuraitis (2003) analisaram o protocolo de treino de força proposto pela (ACSM) em 12 sujeitos (6 homens e 6 mulheres). O protocolo consistia em 8 exercícios de 1 série de 15 repetições, com 2 minutos de intervalo entre as séries. O protocolo apresentou um CE de 5.63 kcal/min para os homens e de 3.4 kcal/min para as mulheres. Bloomer (2005) utilizou um protocolo com uma intensidade mais elevada, mas com períodos de descanso similares. Durante 30 minutos foram realizadas séries a 70% de 1RM do agachamento até à falha muscular (entre 5 a 12 por série), com 90-120 segundos de descanso entre cada série. O autor verificou quase o dobro do CE do que os autores anteriores (8,97 Kcal/min). Foram encontrados valores semelhantes no estudo de Katch et al. (1985), com o total de 9.5 Kcal/min, onde os sujeitos realizaram 3 séries até à exaustão de exercícios de ombros, pernas e peito, com 20 segundos de descanso.

No presente estudo, o CE variou entre 3,93 kcal/min e 5,39 kcal/min quando calculado pela regressão Standard, e entre 4,45 kcal/min e 5 kcal/min pela regressão Alternativa, nas intensidades mais baixas; e 7,58 kcal/min no modo Standard e 5,83 kcal/min no modo Alternativo, na intensidade mais elevada. A maioria dos estudos no treino de força utiliza sessões de treino variadas e diferentes métodos para calcular o custo energético, tornando-se difícil a comparação com os nossos resultados.

5. Conclusão

Foi obtida a equação standard, de predição do custo energético, $y = 0,21x - 11,770$ com um erro padrão de $0,6 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e um $R=0,96$ e a equação alternativa $y = 0,078x + 4,252$ com um erro padrão de $1,24 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ e um $R=0,97$.

No exercício *Back Row* realizado no aparelho *TRX force kit: Tactical®*, o CE a baixas intensidades variou entre 4 kcal/min e $5,81 \text{ kcal/min}$, quando calculado pela regressão Standard com um erro relativo a variar entre 8% a 10%, e de $4,52 \text{ kcal/min}$ a $5,41 \text{ kcal/min}$ pela regressão Alternativa com um erro relativo de 4% a 5%. Na intensidade mais elevada, o CE foi de $9,68 \text{ kcal/min}$ com um SEP relativo de 12% no modo Standard e $7,93 \text{ kcal/min}$ com um SEP relativo de 6% no modo Alternativo.

Em esforço de alta intensidade verificamos que a energia aeróbia foi predominante, através do DOA (standard 69,61%; alternativo 88,57%) e do lactato (standard 78,3%; alternativo 73,51%), sendo assim um exercício onde a componente aeróbia se destaca.

Parece ser mais recomendável, neste tipo de exercícios, usar a regressão Standard para descrever o aumento do CE em função da intensidade do esforço.

6. Referências

Ades, P. A., Savage, P. D., Brochu, M., Tischler, M. D., Lee, N. M., & Poehlman, E. T. (2005). Resistance training increases total daily energy expenditure in disabled older women with coronary heart disease. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 98(4), 1280–1285.

American College of Sports Medicine. (2000) ACSM's Guidelines for Exercise Testing and prescription. American College of Sport Medicine. Lippincott Williams & Wilkins.

American College of Sports Medicine (ACSM). (2007) Diretrizes do ACSM para os testes de esforço e sua prescrição. 7ª edição, Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.

American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 687–708.

American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. (1998). *Medicine and science in sports and exercise*, 30(6), 975–991.

American Heart Association (2005). American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*. 2005,112(24 suppl):IV1–203

Altman, G.; Gardner, M. (2000). Regression and correlation. In Altman, D.; Machin, D.; Bryant, T. (Eds) *Statistics with confidence* (2nd ed.). Bristol, BMJ Books, 73-92.

Behm, D. G., & Anderson, K. G. (2006). The role of instability with resistance training. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 20(3), 716–722.

Bettendorf, B. (2010). *TRX Suspension Training Bodyweight Exercise*. Fitness Anywhere, San Francisco, California. 20 pág.

Bland, J.; Altman, D. (1996). Statistic notes: Measurement error and correlation coefficients. *BMJ* 313, 41-42.

- Bloomer, R. (2005). Energy cost of moderate-duration resistance and aerobic exercise. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 19(4), 878-82.
- Campbell, W. W., Crim, M. C., Young, V. R., & Evans, W. J. (1994). Increased energy requirements and changes in body composition with resistance training in older adults. *The American journal of clinical nutrition*, 60(2), 167–175.
- De Salles, B. F., Simão, R., Miranda, H., Novaes, J. da S., Lemos, A., & Willardson, J. M. (2009). Rest interval between sets in strength training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 39(9), 765–777.
- Di Prampero, P. E., & Ferretti, G. (1999). The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. *Respiration physiology*, 118(2-3), 103–115.
- Doherty, M., Smith, P.M., Schroder, K. (2000). Reproducibility of the maximum accumulated oxygen deficit and run time to exhaustion during short-distance running. *Journal of Sports Science, Londres*, 18(5), 331-338.
- Fenwick, C. M. J., Brown, S. H. M., & McGill, S. M. (2009). Comparison of different rowing exercises: trunk muscle activation and lumbar spine motion, load, and stiffness. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 23(5), 1408–1417.
- Fontaine, K. R., Redden, D. T., Wang, C., Westfall, A. O., & Allison, D. B. (2003). Years of life lost due to obesity. *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 289(2), 187–193.
- Gantchev, G., & Dimitrova, D. (1996). Anticipatory postural adjustments associated with arm movements during balancing on unstable support surface. *International Journal of Psychophysiology*, 22 (1-2), 117-122.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I.-M., ... American College of Sports Medicine. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334–1359.

- Hauswirth, C., Bigard, A. X., & Le Chevalier, J. M. (1997). The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. *International journal of sports medicine*, 18(6), 449-453.
- Hunter, G. R., Wetzstein, C. J., Fields, D. A., Brown, A., & Bamman, M. M. (2000). Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 89(3), 977–984.
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., & French, D. N. (2002). Resistance training for health and performance. *Current sports medicine reports*, 1(3), 165–171.
- Martinez, J. A. (2000). Body-weight regulation: causes of obesity. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 59(3), 337–345.
- McLaughlin, J. E., King, G. A., Howley, E. T., Bassett, D. R., Jr, & Ainsworth, B. E. (2001). Validation of the COSMED K4 b2 portable metabolic system. *International journal of sports medicine*, 22(4), 280–284.
- Medbø, J. I., Mohn, A. C., Tabata, I., Bahr, R., Vaage, O., & Sejersted, O. M. (1988). Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O₂ deficit. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 64(1), 50–60.
- Melanson, E.; Sharp, T.; Seagle, H.; Horton, T.; Donahoo, W.; Grunwald, G.; Hamilton, J.; Hill, J. (2002) Effect of exercise intensity on 24h energy expenditure and nutrient oxidation . *Journal Applied Physiology*, 92,1045-1052.
- Melby, C., Ho, R., Hill, J. (2003). Avaliação do gasto energético humano. Atividade Física e Obesidade. Bouchard, C. *Editora Manole*, 117-149.
- Norwood, J. T., Anderson, G. S., Gaetz, M. B., & Twist, P. W. (2007). Electromyographic activity of the trunk stabilizers during stable and unstable bench press. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 21(2), 343–347.
- Powers, S., Howley, E. (2000). Fisiologia do Exercício: Teoria e Aplicação ao Condicionamento e ao Desempenho 3ª edição. *Editora Manole*.
- Phillips, WT., Ziuraitis, JR. (2003). Energy cost of the ACSM single-set resistance training protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 350-355.

Katch, F.I., P.S. Freedson, C.A. Jones (1985). Evaluation of acute cardiorespiratory responses to hydraulic resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc*, 168–173.

Reis, V., Duarte, J., Espirito-Santo, J., Russel, A. (2004). Determination of Accumulated Oxygen Deficit during a 400m run. *Journal of Exercise Physiology*, 7(2), 77-83.

Reis, V., Carneiro, A. (2005). Metodologia de estimativa de déficit de oxigénio acumulado. *Revista Brasileira Ciência em Movimento*, 13(3), 35-42.

Reis, V., Silva, A., Ascensão, A., & Duarte, J. (2005). Inclusion of exercise intensities above the lactate threshold in VO_2 /running speed regression does not improve the precision of accumulated oxygen deficit estimation in endurance-trained runners. *Journal of Sports Science and Medicine* 4, 455-462.

Reis, V., Guidette, L., Silva, A. J., Carneiro, A. L., Baldari, C. (2006). Deficit de Oxigénio Acumulado e Produção de Energia Anaeróbia, 7(1), 87-92.

Reis, V., Marinho, D., Policarpo, F., Carneiro, A., Baldari, C., Silva, A. (2010a). Examining the accumulated oxygen deficit method in front crawl swimming. *International Journal Sports Med*, 31, 421-427.

Reis, V., Marinho, D., Policarpo, F., Reis, A., Guidetti, L., Silva, A. (2010b). Examining the accumulated oxygen deficit method in breaststroke swimming. *International Journal of Applied Physiology*, published online, DOI 10.1007/s00421-010-1460-4.

Reis, V. M., Júnior, R. S., Zajac, A., & Oliveira, D. R. (2011). Energy cost of resistance exercises: an update. *Journal of human kinetics*, 29A, 33–39.

Robergs, R. A., Gordon, T., Reynolds, J., & Walker, T. B. (2007). Energy expenditure during bench press and squat exercises. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 21(1), 123–130.

Santos, C. (2013). Custo energético em musculação: Estudo da precisão da sua estimativa pela relação consume de oxigénio/intensidade nos exercícios de extensão de pernas (Leg Extension), supine inclinado (Inclined Bench Press), extensão de pernas na prensa (Leg Press) e flexão de antebraços (Scott Biceps Curl). UTAD, Vila Real.

Scott, C. B. (2006). Contribution of blood lactate to the energy expenditure of weight training. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 20(2), 404–411.

Vianna, J. (2010). Custo energético nos exercícios resistidos: estudo da estimativa pela relação consumo de oxigénio/intensidade nos exercícios de supine horizontal, meio agachamento, puxada alta e extensão dos cotovelos. UTAD, Vila Real.

WHO (1997). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. World Health Organ Tech Rep Ser, 894: i-xii, 1-253.

Wilmore, J.; Costill, D. (2001). Fisiologia do esporte e do exercício. 2ª edição. *Editora Manole*.

Wilmore, J.H., R.B. Parr, P. Ward, P.A. Vodak, T.J. Barstow, T.V. Pipes, G. Grimditch, P. Leslie (1968). Energy cost of circuit weight training. *Med Sci Sports*. 10:75–78.

Yu, C. C. W., Sung, R. Y. T., So, R. C. H., Lui, K.-C., Lau, W., Lam, P. K. W., & Lau, E. M. C. (2005). Effects of strength training on body composition and bone mineral content in children who are obese. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 19(3), 667–672.6.

Anexos

Anexo I – Par-Q Teste

O Par – Q test (ACSM, 2007) é composto por 7 perguntas e é individual. Cada sujeito tem duas opções de resposta (Sim e Não). Se o sujeito responder afirmativamente a uma das questões não poderá ser incluído no estudo. As questões são as seguintes:

1- Alguma vez, algum médico o informou que tem um problema cardíaco e que só poderia efetuar alguma atividade física após recomendação médica? _____

2- Sente alguma dor no peito quando está a fazer alguma atividade física? _____

3- No mês passado, teve alguma dor no peito quando não estava a fazer atividade física? _____

4- Alguma vez perdeu o equilíbrio por causa de uma tontura ou alguma vez ficou inconsciente? _____

5- Tem algum problema ósseo ou articular que pode piorar com a alteração do tipo da sua atividade física? _____

6- Frequentemente o seu médico receita-lhe medicamentos para a pressão arterial ou para problemas cardíacos? _____

7- Você sabe de mais alguma razão pela qual não deva realizar atividade física? _____

Anexo II – Anamnese

Foi fornecido um questionário individual com o objetivo de obter dados individuais dos sujeitos, para confirmar os diversos pressupostos de realização dos diferentes estudos. Neste questionário haverá um conjunto de perguntas relativas: ao nome; data de nascimento; raça; alterações ou não de peso nos últimos 6 meses; uso de medicamentos; consumo de cafeína; se fuma; se realiza atividade física; que tipo de atividade física realiza; há quanto tempo realiza atividade física; qual e a frequência semanal da prática de atividade física.

ANAMNESE

Nº _____

Nome: _____

Data de nascimento: ___/___/___; Massa corporal: _____Kg; Estatura: _____Cm;
Porcentagem de gordura estimada: _____.

i) Qual a cor de pele dos: Pai: _____; Mãe: _____; Avô Paterno: _____; Avó Paterna: _____; Avô Materno: _____; Avó Materna: _____; Bisavô Paterno: _____; Bisavó Paterna: _____; Bisavô Materno: _____; Bisavó Materna: _____.

ii) Houve alteração significativa da massa corporal nos últimos 6 meses?: _____ de quanto?: _____.

iii) Usa/toma algum tipo de medicação: _____; quais: _____.

iv) Fuma? _____;

v) Realiza atividade física? _____;

vi) Se sim, refira quais as atividades, há quanto tempo pratica e com que frequência: _____
_____.

vii) Bebe café?: _____;

Vila Real, _____

Assinatura do Participante

Assinatura do Examinador

Anexo III – Termo Individual de Consentimento

TERMO DE RESPONSABILIDADE

Eu, _____, portador do B.I. nº _____ do Arq. De Identificação de _____, emitido em ____/____/____, declaro que fui suficientemente informado das finalidades, benefícios esperados e riscos associados à realização dos testes ou das atividades. Foi-me dada a oportunidade de formular questões e colocar dúvidas e estou na posse de informação suficiente para poder assinar o termo de consentimento.

Assumo a responsabilidade de eventuais lesões ou situações de risco de saúde que possam resultar do facto de não apresentar declaração médica que autorize a prática de atividade física. Assumo ainda a responsabilidade da ocorrência das situações nefastas para a minha saúde, que resultem do não cumprimento das indicações técnicas da UTAD.

E da minha inteira responsabilidade o não cumprimento do programa de exercícios e/ou de recomendações fornecidas pelos técnicos da UTAD.

Vila Real, UTAD ____ de _____ de 2013

Assinatura

Anexo IV – Registo Alimentar

Registo Alimentar

Nome:	Nº
--------------	-----------

Descrição	Porção
Pequeno-almoço	

Meio da Manhã

Almoço

Lanche

Jantar

Deitar

Assinatura do Participante