

Efeito imediato da acupuntura na
remoção do lactato após o exercício
- estudo de caso

Rui Pedro Barbosa Carpinteiro



Rui Pedro Barbosa Carpinteiro

Efeito imediato da acupuntura na remoção do lactato após o exercício
– estudo de caso



M.ICBAS 2020

Efeito imediato da acupuntura na remoção do
lactato após o exercício - estudo de caso

Rui Pedro Barbosa Carpinteiro



Rui Pedro Barbosa Carpinteiro

Efeito imediato da acupuntura na remoção do lactato após o exercício – estudo de caso

Dissertação de Candidatura ao Grau de Mestre
em Medicina Tradicional Chinesa, submetida ao
Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da
Universidade do Porto.

Orientador – Doutor Jorge Pereira Machado
Categoria – Professor associado
Afiliação – Instituto de Ciências Biomédicas Abel
Salazar da Universidade do Porto

Co-orientador- Doutor Manuel Laranjeira Gomes
Categoria – Professor associado
Afiliação - Instituto de Ciências Biomédicas Abel
Salazar da Universidade do Porto

Agradecimentos

A elaboração deste trabalho só foi possível com a colaboração de profissionais, familiares e amigos.

Quero começar por agradecer aos meus Orientadores, o Professor Doutor Jorge Machado e à Mestre Maria João Santos pois sem o seu contributo a realização deste trabalho não seria possível.

À minha esposa pela Raquel Fonseca pelo apoio incondicional, incentivo e compreensão pelas horas de ausência.

À minha família, Pais e irmão pelo seu apoio incondicional e incentivo para terminar e iniciar mais uma etapa da minha vida.

Ao Tiago Silva que me ajudou imensamente cedendo as instalações do Combativo para realizar a recolha de dados.

Aos meus colegas e amigos de longa data André Manalvo e Rui Carvalho pelas largas horas de aprendizagem e diversão que acompanharam esta formação.

E por fim a todos os participantes deste estudo, pela sua disponibilidade que foi de extrema importância para a realização deste trabalho.

Um muito obrigado.

Resumo

Introdução: O processo de recuperação é de extrema importância em atividades onde o atleta tenha que competir mais de uma vez por dia durante a competição. É geralmente aceite que a atividade física intensa resulta na produção de lactato e a acumulação do lactato no músculo em exercício é considerado um dos principais fatores determinantes de fadiga.

Objetivos: Avaliar os efeitos imediatos da acupuntura na remoção do lactato com apenas uma sessão de tratamento e avaliar o comportamento do lactato, da frequência cardíaca e oximetria aos 5, 30 e 60 minutos após exercício.

Metodologia: foram avaliados 4 indivíduos, os mesmos indivíduos fazem parte do grupo experimental (acupuntura verdadeira) e do grupo placebo (acupuntura falsa) e foram testados em dois momentos distintos, com uma semana de intervalo. São medidos os valores basais de lactato, da frequência cardíaca e da oximetria e de seguida os participantes iniciaram um aquecimento e posteriormente realizaram o Wingate teste. Foram novamente avaliados 5, 30 e 60 minutos após o Wingate teste, sendo aplicada a técnica de acupuntura, verdadeira ou falsa após a realização do teste.

Resultados: após o período de intervenção verificou-se uma maior capacidade de redução ou remoção do lactato após um esforço máximo. Quanto à frequência cardíaca e oximetria não se observam diferenças significativas.

Conclusão: Podemos afirmar que a acupuntura tem um efeito positivo na remoção do lactato após o exercício físico intenso.

Palavras-chave: Lactato, fisiologia exercício, Medicina Tradicional Chinesa, acupuntura, frequência cardíaca, oximetria.

Abstract

Background: The recovery process is extremely importante in activities where the athlets has to compete more than once a day during the competition. It is generally accepted that intense physical activity results in the production of lactate and the acumulation of lactate in the muscle is considered one of the main factos determining fatigue.

Aim: Assess the immediate effects of acupuntura on lactate removal with just one treatment session and assess lactate behaviour, heart rate and oximetry at 5, 30 and 60 minutes after exercise.

Methods: Four individuals were evaluated, the same individuals are part of the experimental group (true acupuntura) and the placebo group (false acupuntura) and were tested at two diferente times, one week apart. Baseline values of lactate, heart rate and oximetry are measured and then the participants started a warm-up and then performed the Wingate test. They were again evaluated 5, 30 and 60 minutes after the Wingate test, and the acupuntura technique, true or false, after the test was applied.

Results: After the intervention period, there was a greater capacity to reduce or remove lactate after a maximum effort. As for heart rate and oximetry, no significant diferences are observed.

Conclusion: We can say that acupuntura has a positive Effect onthe removal of lactate after intense physical exercise.

Keywords: Lactate, Exercise physiology, Tradicional Chinese Medicine, Acupuntura, Heart rate, Oximetry

Lista de Abreviaturas.

MTC	Medicina Tradicional Chinesa
MH	Modelo de Heidelberg
ALT	Algor Laedens Theory
FC	Frequência cardíaca
FR	Frequência Respiratória
WT	Wingate teste
AV	Acupuntura Verdadeira
AF	Acupuntura Falsa
Pc	pericárdico
Ic	Crass intestinal
ATP	Adenosina trifosfato

Índice

Agradecimentos	III
Resumo	V
Abstract	VI
Lista de abreviaturas.....	VI
Índice	IX
Capítulo I – Enquadramento teórico	1
1. Fisiologia do exercício.....	1
1.1 Substratos energéticos	1
1.3 Controlo da taxa de produção energética	3
1.3 Armazenamento de energia	3
1.4 sistemas básicos de energia	4
1.4.1 sistema ATP-PCr	4
1.4.2 Sistema glicolítico.....	5
1.4.3 Sistema oxidativo	6
1.4.3.1 Oxidação dos hidratos de carbono	7
1.4.3.2 Oxidação dos lípidos	9
1.4.3.3 Oxidação das proteínas	10
1.5 Acido láctico como fonte de energia durante o exercício	10
1.6 Interação dos 3 sistemas energéticos	12
1.7 Capacidade oxidativa musculo	12
1.7.1 Atividade enzimática	12
1.7.2 Tipos de fibras e treino	13
1.7.3 Necessidades energéticas	13
1.8 Acido láctico	14

1.9 Frequência cardíaca	15
1.10 Oximetria	17
1.11 Teste de Wingate	19
1.11.1 Aspectos fisiológicos	19
1.11.2 Protocolo	20
1.11.3 Cálculo da potência máxima	21
1.11.4 Fatores intervenientes do teste	22
2. Medicina Tradicional Chinesa	24
2.1 Conceitos básicos MTC	24
2.2 Diagnostico segundo o modelo de Heidelberg	25
2.3 Fases e orbes	27
2.4 ALT	29
2.5 Neurofisiologia da acupuntura	30
2.6 Efeitos agudos do exercício na visão do modelo de Heidelberg na MTC .	32
2.7 Estudos sobre a acupuntura no exercício físico.....	33
Capítulo II – Enquadramento metodológico	36
3. Metodologia	36
3.1 Tipo de estudo	36
3.2 Amostra	36
3.3 Instrumentos de recolha de dados e material	37
3.4 Procedimentos	38
3.5 Fluxograma	43
Capítulo III- Apresentação de resultados	44
4. Resultados	44
5. Discussão de resultados	51
6. Conclusão	56

Referencia bibliográficas	57
---------------------------------	----

Anexos	
--------	--

Índice de figuras

Figura 1 – variação do lactato durante o exercício	14
Figura 2 – Fases na curva sinusoidal	27
Figura 3 – Fases, orbes e suas manifestações	28
Figura 4 – Fases do ALT	30
Figura 5 – Ponto de acupuntura S36	39
Figura 6 – Ponto de acupuntura H3	40
Figura 7 – Ponto de acupuntura Ic11	41
Figura 8 – Ponto de acupuntura Pc5	41
Figura 9 – Ponto falso para o ponto S36 e H3	42
Figura 10 – Ponto Falso para o ponto Ic11.....	42
Figura 11 – Ponto falso para o ponto Pc5	42
Figura 12 – Fluxograma do estudo de caso	43

Índice de tabelas

Tabela 1- Revisão bibliográfica sobre a acupuntura no exercício físico	35
Tabela 2 – Registo dos dados antropométricos da amostra	44

Índice de gráficos

Gráfico 1 – Valores do lactato do participante 1	44
Gráfico 2 – Valores do lactato do participante 2	45
Gráfico 3 – Valores do lactato do participante 3	45
Gráfico 4 – Valores do lactato do participante 4	46
Gráfico 5 – Valores da frequência cardíaca do participante 1	46
Gráfico 6 – Valores da frequência cardíaca do participante 2	47
Gráfico 7 – Valores da frequência cardíaca do participante 3	47
Gráfico 8 – Valores da frequência cardíaca do participante 4	48
Gráfico 9 – Valores da oximetria do participante 1	48
Gráfico 10 – Valores da oximetria do participante 2	49
Gráfico 11 – Valores da oximetria do participante 3	49
Gráfico 12 – Valores da oximetria do participante 4	50

Capítulo 1. Enquadramento Teórico

1. Fisiologia do exercício

No desporto a recuperação é um processo muito importante para os atletas, estes podem competir mais que uma vez por dia ou até em dias consecutivos, portanto uma rápida recuperação é vital.

Os atletas profissionais submetem-se a exercícios de alta intensidade, o que leva ao aumento do ácido láctico nos músculos, e a acumulação desse ácido é frequentemente associada à fadiga muscular. O nível de lactato no sangue é usado como critério para avaliar a taxa de recuperação dos atletas ao exercício (Thandya L. et al, 2018)

1.1 Substratos energéticos

A energia é libertada quando as ligações químicas são quebradas. Os substratos são compostos principalmente de carbono, hidrogênio, oxigénio e nitrogénio (no caso das proteínas). As ligações moleculares que mantêm estes elementos juntos são relativamente fracas, fornecendo por isso pouca energia quando são quebradas. Mas a energia não é diretamente usada para as operações celulares, a energia dos alimentos proveniente das ligações moleculares é libertada nas células e depois armazenadas na forma de composto de alta energia- Adenosina trifosfato (ATP). Em repouso a energia que o corpo necessita provém igualmente da quebra das ligações de carboidratos e lípidos. As proteínas desempenham funções importante como enzimas que auxiliam nas reações químicas, mas fornecem pouca energia para o metabolismo. Durante o exercício muscular intenso e de curta duração são usados mais hidratos de carbono e menos lípidos para gerar ATP, já os exercícios mais duradouros e menos intensos usam os hidratos de carbono e lípidos para a produção de energia. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

Hidratos de carbono

A quantidade de hidratos de carbono usada durante o exercício físico esta relacionada não só com a disponibilidade do mesmo, mas também com o sistema desenvolvido dos músculos para o metabolismo dos hidratos de carbono. Todos os carboidratos são convertidos em açúcar simples de 6 carbonos, glucose, um

monossacarídeo que é transportado pelo sangue para todos os tecidos corporais. Em repouso, os carboidratos ingeridos são armazenados nos músculos e no fígado na forma de um polissacarídeo mais complexo, o glicogénio (múltiplas moléculas de açúcar ligadas), este é armazenado no citoplasma das células musculares até que essas células o usem para formar ATP. Este é também armazenado no fígado e convertido de volta em glicose consoante necessidade, e de seguida transportado pelo sangue para os tecidos ativos onde é metabolizado. As reservas de glicogénio muscular e hepático são limitadas, especialmente se a dieta não for rica nesses elementos, podendo ser esgotada durante um exercício prolongado e intenso. Dependemos assim fortemente de fontes dietéticas de amidos e açúcares para reabastecer as nossas reservas de carboidratos continuamente, sem a ingestão deste os músculos podem ver-se privados da sua fonte de energia primária. É importante referir que os carboidratos são a única fonte de energia usada pelo tecido cerebral, portanto a sua falta pode resultar em efeitos cognitivos negativos. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

Lípidos

As gorduras fornecem grande parte da energia usada durante os exercícios prolongados e com baixa intensidade. As reservas de energia no organismo são maiores na forma de gorduras que de carboidratos em termos de peso e disponibilidade energética. Por exemplo para um adulto de meia idade com mais gordura corporal, o armazenamento de gordura seria aproximadamente duas vezes maior que os carboidratos. Mas a gordura está menos disponível para o metabolismo celular porque primeiro tem que ser reduzida desde a sua forma mais complexa, triglicerídeo até aos seus componentes básicos, o glicerol e ácidos gordos livres, mas apenas os ácidos gordos são usados para formar ATP. Substancialmente é mais libertada energia de uma grama de gordura (9,4Kcal/g) do que do uma grama de carboidratos (4,1 kcal/g), no entanto a taxa de libertação de energia da gordura é muito lento para atender às necessidades energéticas da atividade muscular intensa. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

Existem outros tipos de gordura no corpo que não tem função de produção de energia, os fosfolípidos, são um componente chave na estrutura das membranas celulares e formam uma proteção em torno de alguns grandes nervos. Os esteroides são encontrados nas membranas celulares e também funcionam como hormônios

ou como blocos de construção de hormonas como estrogénios e testosterona. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

1.2 Controlo da taxa de produção de energia.

Esta taxa de produção é controlada principalmente por dois fatores, a disponibilidade do substrato e a atividade enzimática. A disponibilidade de grandes quantidades de substrato vai aumentar a atividade em particular dessa via energética. A abundância de um tipo de combustível específico pode fazer com que as células dependam mais dessa fonte do que das alternativas. As enzimas também controlam a taxa de libertação de energia, muitas dessas enzimas aceleram a degradação (catabolismo) de compostos químicos. As reações químicas ocorrem apenas quando as moléculas reagentes tem energia inicial para iniciar a reação ou cadeia de reações. As enzimas aceleram as reações diminuindo assim a energia de ativação necessária para que esta ocorra. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

1.3 Armazenamento de energia; fosfatos de alta energia.

A fonte de energia imediatamente disponível para quase todas as funções corporais, incluindo a contração muscular é o ATP, esta molécula é composta de adenosina (uma molécula de adenina unida a uma molécula de ribose) combinada com três moléculas inorgânicas de grupos fosfato (Pi). A adenina é uma base que contem nitrogénio e a ribose é um composto de cinco carbonos de açúcar. Quando uma molécula de ATP é combinada com água (hidrólise) e mediada pela enzima ATPase, o ultimo grupo fosfato divide-se libertando rapidamente uma grande quantidade de energia livre (aproximadamente 7,3kcal por mol de ATP em condições normais, podendo aumentar até 10kcal por mole de ATP ou mais, dentro da célula, reduzindo assim o ATP para adenosina difosfato (ADP) e Pi. Para gerar ATP um grupo fosfato é adicionado ao ADP, no processo designado de fosforilação, este processo requer uma quantidade considerável de energia. Outras reações produtoras de ATP ocorrem sem oxigénio, e outras com o auxílio de oxigénio, designado fosforilação oxidativa. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

1.4 Sistemas Básicos de energia.

As células armazenam quantidades limitadas de ATP e devem gerar constantemente ATP para fornecer energia para todo o metabolismo celular, incluindo a contração muscular. As células geram ATP por meio de qualquer uma das três vias metabólicas.

Sistema ATP-PCr

Sistema glicolítico (glicólise)

Sistema oxidativo (fosforilação oxidativa)

Os dois primeiros podem atuar na ausência de oxigênio, metabolismo anaeróbio. O terceiro requer oxigênio, metabolismo aeróbio.

1.4.1 Sistema ATP-PCr

É o sistema mais simples de energia, além de armazenar uma quantidade muito pequena de ATP, as células contêm outra molécula de fosfato de alta energia que armazena energia chamada fosfocreatina ou PCr. Esta via envolve a doação de P_i de PCr para ADP para formar ATP. Ao contrário do que ocorre com o ATP disponível na célula, a energia libertada pela quebra do PCr não é usada diretamente para o trabalho celular, mas sim para regenerar ATP para manter um suprimento constante em condições de repouso.

A liberação de energia do PCr é catalisada pela enzima creatina quinase que atua no PCr para separar P_i da creatina. A energia libertada pode ser usada para adicionar uma molécula de P_i a uma molécula de ADP formando ATP. À medida que a energia é libertada do ATP pela divisão de um grupo fosfato, as células podem prevenir a falta de ATP quebrando PCr, fornecendo energia e P_i para reformar o ATP do ADP. Seguindo os princípios de feedback negativo e taxa de enzimas limitadoras, a atividade da creatina quinase é aumentada quando as concentrações de ADP ou P_i aumentam e é inibida quando as concentrações de ATP aumentam. Quando o exercício intenso é iniciado a pequena quantidade de ATP disponível nas células musculares é decomposta para fornecer energia imediata, produzindo ADP e P_i . O aumento da concentração de ADP aumenta a atividade da creatina quinase e PCr é catabolizado para gerar ATP. Consoante o exercício prossegue e ATP adicional é gerado pelos outros dois sistemas de energia – glicolítico e oxidativo – a atividade da creatina quinase é inibida. Este processo de quebra do PCr para permitir a formação

de ATP é rápido e pode ser realizado sem quaisquer estruturas especiais dentro da célula. O sistema ATP-PCr embora possa atuar na presença de oxigênio, não precisa de oxigênio. Durante os primeiros segundos de atividade muscular, como a corrida, o ATP é mantido num nível relativamente constante, mas o PCr diminui constantemente à medida que é usado para reabastecer o ATP esgotado. Quando estamos em exaustão os níveis de ATP e PCr são baixos e incapazes de fornecer energia para contração e relaxamento muscular, portanto a capacidade de manter os níveis de ATP com a energia do PCr é limitada. A combinação das reservas de ATP e PCr podem sustentar as necessidades de energia muscular em sprints com a duração de apenas 3 a 15 segundos, sendo por isso necessárias outras vias para a formação de ATP, via glicolítica e oxidativa. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costill D. L., 2015)

1.4.2 Sistema glicolítico

Este sistema envolve a glicólise «, a quebra da glicose por meio de uma via que envolve uma sequência de enzimas glicolíticas. A glicólise é uma via mais complexa do que o sistema ATP-PCr. A glicólise envolve a quebra de uma molécula de glicose (seis carbonos) em duas moléculas de três carbonos de ácido pirúvico. O processo pode iniciar-se com a circulação no sangue de glicose ou glicogênio, existindo cerca de dez etapas neste processo anaeróbico, sendo o resultado final duas ou três moléculas de ATP, dependendo se o substrato inicial é a glicose ou o glicogênio.

A glicose é responsável por cerca de 99% dos açúcares que circulam no sangue, esta provém da digestão de carboidratos e da quebra do glicogênio hepático. O glicogênio é sintetizado a partir da glicose pela glicogénese e armazenado no fígado ou no músculo até ser necessário. Nesse momento o glicogênio é partido em glicose-1-fosfato, que entra na via da glicólise – glicogenólise. Antes que a glicose ou o glicogênio possam ser usados para gerar energia tem de ser convertidos em glicose-6-fosfato. Mesmo que o objetivo da glicólise seja formar ATP, a conversão de uma molécula de glicose em glicose-6-fosfato requer o gasto de uma molécula de ATP. Na conversão do glicogênio, a glicose-6-fosfato é formada a partir de glicose-1-fosfato sem esse gasto de energia. A glicólise começa assim que a glicose-6-fosfato é formada. A glicólise requer 10 a 12 reações enzimáticas para converter glicogênio em ácido pirúvico e é depois convertido em ácido láctico, sendo este processo realizado dentro do citoplasma da célula. O ganho deste processo são 3 mol ATP para cada mol de glicogênio dividido, mas se a glicose for usada em

vez do glicogénio, o ganho é de apenas 2 mol de ATP pois 1 mol ATP foi usado para a conversão de glicose em glicose-6-fosfato, logo este sistema não produz grandes quantidades de ATP. Apesar desta limitação, a combinação do sistema ATP-PCr e glicolítico permitem que os músculos gerem força mesmo quando o suprimento de oxigénio é limitado, estes dois sistemas predominam durante os primeiros minutos nos exercícios de alta intensidade. Outra limitação importante da glicólise anaeróbica é que esta leva à acumulação de ácido láctico nos músculos e fluidos corporais. A glicólise produz ácido pirúvico, este processo não requer oxigénio, mas a presença de oxigénio determina o destino do ácido pirúvico. Sem oxigénio este é convertido diretamente em ácido láctico ($C_3H_6O_3$) que rapidamente se dissocia formando lactato. Os termos ácido pirúvico e piruvato e ácido láctico e lactato são frequentemente usados indistintamente na fisiologia do exercício, em cada caso, a forma ácida da molécula é relativamente instável com um PH normal do corpo e rapidamente perde um ião de hidrogénio, a molécula restante é mais corretamente chamada de piruvato ou lactato. Em todos os sprints com a duração de 1 ou 2 minutos, as demandas do sistema glicolítico são altas e as concentrações de ácido láctico podem aumentar de 1mmol/hg em repouso para mais de 25mmol/kg. Esta acidificação das fibras musculares inibe a posterior degradação do glicogénio e vai prejudicar a função da enzima glicolítica para além de diminuir a capacidade de ligação do cálcio das fibras, podendo impedir o músculo de contrair. A enzima que pode limitar a via glicolítica é a fosfofrutocinase, esta catalisa na fase inicial, a conversão de frutose-6-fosfato em frutose-1,6-difosfato. O aumento das concentrações de ADP e P_i aumentam a atividade da fosfofrutocinase e portanto aceleram a glicólise enquanto aumentam as concentrações de ATP pela inibição pela fosfofrutocinase da glicólise. A fibra muscular pode gastar até 200x mais energia durante o exercício do que em repouso, assim sendo os sistemas ATP-PCr e glicolítico não conseguem fornecer toda a energia necessária, todo o exercício que dure mais do que 2 minutos precisa de outro sistema energético, o sistema oxidativo. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costill D. L., 2015)

1.4.3 Sistema oxidativo.

Este sistema é o mais complexo dos três sistemas de energia. O processo pelo qual o corpo quebra os substratos na presença de oxigénio para gerar energia é chamado de respiração celular. Como temos presente o oxigénio este processo é aeróbio, e ao contrário da produção anaeróbia de ATP que ocorre no citoplasma da

célula, a produção oxidativa de ATP ocorre nas mitocôndrias, que nos músculos estão adjacentes às miofibrilas e também espalhadas por todo o sarcoplasma.

O número total de mitocôndrias dentro de uma fibra muscular é determinado pela produção de ATP, mas a localização precisa das mitocôndrias dentro da célula é determinada pela difusão de oxigênio

1.4.3.1 Oxidação dos hidratos de carbono.

Glicólise

No metabolismo dos carboidratos a glicólise desempenha um papel tanto na produção de ATP anaeróbio como aeróbio. O processo de glicólise é o mesmo independentemente da presença de oxigênio, a presença deste determina apenas o destino do produto final, o ácido pirúvico. A glicólise anaeróbia produz ácido láctico e apenas 3 mol de ATP por mol de glicogênio ou 2 mol de ATP por mol de glicose. Na presença de oxigênio o ácido pirúvico é convertido em coenzima A. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costill D. L., 2015)

Ciclo de Krebs.

Uma vez formada a Acetil coenzima A entra no ciclo de Krebs, acontecendo uma série de reações químicas que permitem a sua completa oxidação. É de lembrar que para cada molécula de glicose que entra na via glicolítica são formadas duas moléculas de piruvato, logo por cada molécula de glicose que inicia o processo de produção de energia na presença de oxigênio resulta em dois ciclos de Krebs completos.

A conversão de succinil CoA para succinato no ciclo de Krebs resulta na geração de trifosfato de guanosina (GTP) um composto de alta energia semelhante ao ATP, depois GTP transfere um Pi para ADP para formar ATP, esses dois ATPs (por molécula de glicose) são formados por fosforilação. Assim no final do ciclo de Krebs 2 mol adicionais de ATP foram formados diretamente e o carboidrato original foi dióxido de carbono e hidrogênio. Tal como nas outras vias as enzimas do ciclo de Krebs são reguladas por feedback negativo em várias etapas do ciclo, e a enzima limitadora da taxa no ciclo de Krebs é a isocitrato desidrogenase que como a fosfofrutocinase é inibido por ATP e ativado por ADP e Pi como é a cadeia de transporte de elétrons. Porque a contração muscular depende da disponibilidade de

cálcio na célula, o excesso de cálcio também estimula a enzima limitadora – isocitrato desidrogenase. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

Cadeia de transporte de elétrons

Durante a eletrolise os íons de hidrogénio são libertados quando a glicose é metabolizada em ácido pirúvico. Íons de hidrogénio adicionais são libertados na conversão de piruvato em acetil CoA e em várias etapas do ciclo de krebs. Se esses íões de hidrogénio permanecessem no interior da célula, este tornava-se muito ácido, mas estes íões combinam com duas coenzimas: dinucleotido adenina nicotinamida (NAD) e dinucleotideo adenina flavina (FAD) convertendo cada um na sua forma reduzida, NADH e FADH₂. Durante cada ciclo de krebs são produzidas 3 moléculas de NADH e uma de FADH₂. Estes carregam os átomos de hidrogénio na cadeia de transporte de elétrons para um grupo de complexo de proteínas mitocondriais no interior da membrana mitocondrial. Esses complexos de proteínas contem uma serie de enzimas e proteínas que contem ferro, conhecido como citocromos. À medida que os elétrons de alta energia passam de complexo em complexo ao longo desta cadeia, parte da energia libertada por essas reações é usado para bombear H⁺ da matriz mitocondrial para o compartimento mitocondrial externo. Conforme esses íões de hidrogénio se movem de volta através da membrana, descendo o seu gradiente concentração, a energia é transferida para o ADP e o ATP é formado. Esta etapa final requer a ATP sintase. No final da cadeia o H⁺ combina se com o oxigénio para formar agua evitando assim a acidificação da célula. Como este processo depende do oxigénio para combinar com os elétrons H⁺ é designado fosforilação oxidativa.

Por cada par de elétrons transportado para a cadeia de transporte de elétrons pelo NADH, 3 moléculas de ATP são formadas, enquanto os elétrons transportados na cadeia por FADH₂ produz apenas duas moléculas de ATP. Mas como o NADH e o FADH₂ estão fora da membrana da mitocôndria, o H⁺ deve ser conduzido através da membrana, o que gasta energia, logo temos apenas 2,5 ATPs por NADH e 1,5 ATPs por FADH₂.

A oxidação completa da glicose pode gerar 32 moléculas de ATP, enquanto 33 ATPs são produzidos a partir de uma molécula de glicogénio muscular. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

1.4.3.2 Oxidação dos lípidos

A gordura contribui também como reserva energética para o músculo. O armazenamento de glicogénio no fígado pode fornecer apenas 2500Kcal de energia, mas a gordura armazenada nas fibras musculares e células de gordura podem fornecer pelo menos 70000 a 75000 Kcal mesmo num adulto magro. Embora os triglicerídeos, fosfolípidos e colesterol são designados gorduras, mas apenas os triglicerídeos são principais fontes de energia, estes são armazenados em células de gordura entre e dentro das fibras musculares esqueléticas. Para ser usado como energia este tem de ser decomposto numa molécula de glicerol e três de FFA, este processo é designado por lipólise e é controlada pelas enzimas lípases. Os ácidos gordos são a principal fonte de energia para o metabolismo da gordura. Uma vez libertadas do glicerol as FFAs podem entrar no sangue e ser transportadas por todo o corpo entrando nas fibras musculares por difusão simples ou facilitada, a taxa de entrada vai depender do gradiente de concentração. Aumentando a concentração de FFAs no sangue aumenta a taxa de transporte para as fibras musculares. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costill D. L., 2015)

β -oxidação.

As gorduras são armazenadas dentro das fibras musculares e nos adipócitos. A forma de armazenamento das gorduras é o triglicerídeo, que é decomposto em FFAs e glicerol. Antes dos FFAs serem usados para produção de energia tem de ser convertidos em acetil CoA na mitocôndria, um processo designado por oxidação β . A acetil CoA é o intermediário comum através do qual todos os substratos entram no ciclo de Krebs para o metabolismo oxidativo. A beta oxidação é uma série de etapas em que as unidades de acil de dois carbonos são cortadas da cadeia de carbono do FFA. As unidades de acil tornam-se acetil CoA que entra no ciclo de Krebs para formar ATP. O número de etapas depende do número de carbonos no FFA, geralmente entre 12 e 24 carbonos. Ao entrar na fibra muscular, os FFAs devem ser ativados enzimaticamente com energia de ATP, preparando-os para o catabolismo dentro da mitocôndria. Como a glicólise a β oxidação requer dois ATPs para a ativação, mas ao contrário da glicólise não produz ATPs diretamente. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costill D. L., 2015)

Ciclo de krebs e cadeia de transporte de eletrões.

Após a β oxidação o metabolismo dos lípidos segue o mesmo caminho que o metabolismo oxidativo dos carboidratos. A AcetilCoA formado pela β -oxidação entra no ciclo de krebs, este gera hidrogénio que é transportado para a cadeia de transporte de eletrões juntamente com o hidrogénio gerado na β -oxidação para sofrer fosforilação oxidativa. Como no metabolismo da glicose, os subprodutos da oxidação de FFA são ATP, H₂O e dióxido de carbono (CO₂). No entanto a combustão de uma molécula de FFA requer mais oxigénio porque contem mais moléculas de carbono que a molécula de glicose, o que significa ter mais acetilCoA formada a partir do metabolismo de gordura, logo entra mais acetilCoA no ciclo de krebs e mais eletrões são enviados para a cadeia de transporte. Isto porque o metabolismo dos lípidos pode gerar muito mais energia do que o metabolismo da glicose. Ao contrário da glicose ou glicogénio as gorduras são heterogéneas e a quantidade de ATP produzida depende da gordura especifica oxidada, por exemplo o acido palmítico através das suas reações combinadas de oxidação, ciclo krebs e cadeia transporte de eletrões pode produzir 116 moléculas de ATP em comparação com as 32 moléculas de ATP da glicose ou 33 do glicogénio. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

1.4.3.3 Oxidação de proteínas

Os hidratos de carbono e os lípidos são os substratos de combustível preferidos, mas as proteínas, ou melhor os aminoácidos que compõem as proteínas também podem gerar energia. Alguns aminoácidos podem ser convertidos em glicose – gliconeogénese, e em alternativa alguns podem ser convertidos em piruvato ou acetilCoA para entrar no processo oxidativo. A produção energética a partir das proteínas não é tão fácil pois estas contem nitrogénio. Quando os aminoácidos são catabolizados parte do nitrogénio é usado para formar novos aminoácidos, mas o restante não pode ser oxidado pelo corpo, sendo convertido em ureia e depois excretado na urina. Esta conversão gasta ATP, logo perde energia neste processo. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

1.5 O acido láctico como fonte de energia durante o exercício.

O acido láctico está em estado de constante renovação dentro das células, sendo produzido pela glicólise e sendo removido da célula principalmente por oxidação. Apesar da sua reputação como causador de fadiga pode ser usado como uma fonte

de combustível durante o exercício. É sabido que o lactato produzido pela glicose no citoplasma da fibra muscular pode ser absorvido pela mitocôndria dentro dessa mesma fibra e diretamente oxidado, isto ocorre principalmente em fibras com alta densidade de mitocôndrias como tipo I (alta oxidação), fibras musculares, músculo cardíaco e células do fígado. Em segundo lugar o lactato produzido na fibra muscular pode ser transportado para longe do seu local de produção e usado noutro local por um processo chamado transporte de lactato e descrito pela primeira vez por DR. George Brooks. O lactato é produzido principalmente pelas fibras do tipo II mas pode ser transportado para fibras do tipo I por difusão ou transporte ativo, assim sendo a maioria do lactato produzido no músculo nunca sai desse músculo. Mas este pode também ser transportado através da circulação para locais onde pode ser diretamente oxidado. O transporte de lactato permite para a glicólise de uma célula fornecer combustível para outra célula. As proteínas de transporte monocarboxilato facilitam o movimento de lactato entre células e tecidos provavelmente dentro das células. Durante o exercício 80 a 90% do lactato é transferido através do sarcolema por difusão passiva ou por transporte facilitado por meio de proteínas de transporte. Usar o lactato como combustível metabólico é responsável por aproximadamente 70 a 75% da remoção de lactato durante o exercício. Finalmente, parte do ácido láctico produzido no músculo é transportado pelo sangue para o fígado onde é convertido em ácido pirúvico e novamente em glicose (gliconeogênese) e transportado de volta para o músculo ativo- ciclo de Cori. Sem esta reciclagem de lactato em glicose para uso como fonte de energia os exercícios prolongados seriam muito limitados. De um ponto de vista mais integrativo o lactato produzido pelo músculo esquelético durante o exercício é absorvido e oxidado no cérebro. Desta forma o lactato está integralmente envolvido como combustível metabólico e responde a mudanças na detecção de nutrientes à medida que diferentes combustíveis metabólicos são usados durante exercício.

A capacidade de produzir contração muscular para o exercício é uma questão de oferta e gasto de energia, quer a contração como o relaxamento muscular requer energia, esta energia é proveniente de alimentos e energia armazenada no corpo. O sistema ATP-PCr opera dentro do citosol da célula, como a glicólise e nenhum precisa de oxigênio para produzir ATP. A fosforilação oxidativa ocorre dentro da mitocôndria, em condições aeróbicas, tanto os carboidratos e lipídios são reduzidos pelo intermediário comum acetilCoA que entra no ciclo de Krebs. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costill D. L., 2015)

1.6 Interação dos três sistemas energéticos

Os três sistemas energéticos não funcionam independente um do outro e nenhuma atividade é 100% suportada por um único sistema. Quando uma pessoa treina com alta intensidade, desde os sprints mais curtos (menos 10 segundos) e exercícios de maior resistência (maior de 30 minutos) cada um dos sistemas contribui para essas necessidades energéticas. Temos a dominância de um sistema mas os outros sistemas tem sempre uma contribuição, por exemplo num sprint de 100 metros (10 segundos) o sistema ATP-PCr é o dominante mas o glicolítico anaeróbico e o oxidativo também estão presentes e fornecem uma pequena porção de energia, já numa corrida de 10000 metros (30 minutos) o sistema oxidativo é predominante mas os sistemas ATP-PCr e glicolítico anaeróbico também contribui. Assim o sistema ATP-PCr fornece energia rapidamente, mas tem uma capacidade de produção muito baixa, assim está presente em exercícios intensos, mas de curta duração. Por outro lado, a oxidação dos lípidos produz energia mais lentamente, mas a sua quantidade energética é ilimitada. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

1.7 Capacidade oxidativa do musculo.

Os processos do metabolismo oxidativo tem os maiores rendimentos de energia, seria ideal que trabalhassem sempre na sua capacidade máxima, mas como todos os sistemas fisiológicos eles tem determinadas restrições. A capacidade oxidativa do musculo é a sua capacidade de usar oxigénio., esta depende das concentrações enzimáticas oxidativas, tipos de fibras, composição e disponibilidade de oxigénio. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

1.7.1 Atividade enzimática

A capacidade das fibras musculares oxidar carboidratos e lípidos é difícil de determinar. Medir todas as enzimas presentes nos músculos torna-se difícil, sendo selecionadas algumas para representar a capacidade aeróbia das fibras, sendo as medidas com mais frequência a succinato, desidrogenase e citrato sintase, enzimas mitocondriais envolvidas no ciclo de krebs.

O músculo dos atletas de resistência tem atividades enzimáticas oxidativas quase dois a quatro vezes maior do que pessoas não treinadas. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

1.7.2 Tipo de fibras e treino.

A composição do tipo de fibra de um musculo determina a sua capacidade oxidativa. As fibras do tipo I (contração lenta) tem uma maior capacidade para atividades aeróbicas do que as do tipo II (contração rápida) porque as fibras tipo I tem mais mitocôndrias e maior concentração de enzimas oxidativas, as fibras do tipo II são mais adequadas para a produção de energia glicolítica. Assim por regra quanto mais fibras do tipo I nos músculos maior será a sua capacidade oxidativa. Atletas de elite possuem mais fibras tipo I, mais mitocôndrias e atividades enzimáticas mais elevadas que indivíduos não treinados. O treino de resistência aumenta a capacidade oxidativa de todas as fibras especialmente as do tipo II. O treino que exige energia da fosforilação oxidativa estimula as fibras musculares a desenvolver mais mitocôndrias, mitocôndrias maiores e mais enzimas oxidativas por mitocôndria. Ao aumentar as enzimas das fibras para a β -oxidação este treino permite ao musculo depender mais dos lípidos para produção aeróbica de ATP. Assim com o treino de resistência mesmo pessoas com grandes percentagens de fibras tipo II podem aumentar a capacidade aeróbia dos seus músculos., mas uma fibra tipo II treinada para resistência não desenvolverá a mesma capacidade de alta resistência que uma fibra tipo I com um treino idêntico. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

1.7.3 Necessidades energéticas

Em repouso a necessidade de ATP é pequena, exigindo pouco oxigénio, à medida que a intensidade do exercício aumenta a necessidade energética também aumenta, aumentando a produção de ATP oxidativo. Num esforço a necessidade de oxigénio dos músculos, a taxa e profundidade da respiração aumentam melhorando as trocas gasosas nos pulmões, e o coração bate mais rápido e com mais força bombeando mais sangue oxigenado para os músculos, dilatando as arteríolas. O corpo armazena pouco oxigénio, por isso a quantidade de oxigénio que entra no sangue que passa pelos pulmões é diretamente proporcional à quantidade usada pelos tecidos para o metabolismo oxidativo. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

1.8 Ácido láctico

O ácido láctico tem um papel muito importante na teoria da fadiga e do desempenho dos exercícios de resistência. Pensava-se que quando a intensidade de exercício físico excedia a taxa máxima de consumo de oxigénio (VO₂max), gerava-se um débito de oxigénio levando a uma mudança de um metabolismo aeróbio para um anaeróbio, o que se traduzia num aumento das concentrações de lactato no sangue, originando uma acidose metabólica. Acidose esta que prejudicava a contratilidade muscular levando ao aparecimento de fadiga e por vezes à paragem do exercício físico, sendo notório um desconforto nos músculos sujeitos ao esforço, e dor nos dias posteriores ao exercício. Pensava-se então que o lactato era pouco mais que um resíduo metabólico como resultado de não conseguirmos suprir a quantidade de oxigénio suficiente durante o trabalho muscular.

O pensamento tem evoluído nos últimos anos, embora os mecanismos exatos pelos quais o metabolismo lactato afeta os desempenhos de exercícios continuam a ser estudados (Hall M. M. et al., 2016)

Curva de lactato no sangue

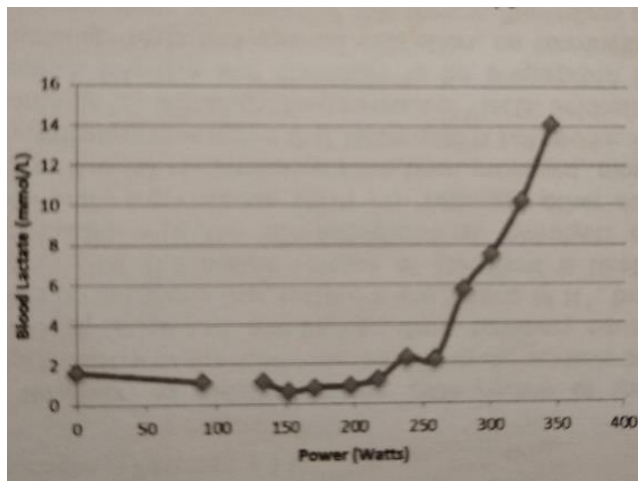


Figura 1 - Variação do lactato durante o exercício.

No início do exercício os níveis de lactato no sangue irão aumentar ligeiramente, temos um aumento de ATP pela necessidade dos músculos em atividade – glicólise, mas não houve ainda um aumento da frequência cardíaca (FC) e da dilatação capilar para fornecer oxigénio adequado aos músculos em atividade. A acumulação de piruvato leva à conversão de lactato aumentando assim os níveis deste no sangue.

Posteriormente temos a resposta ao exercício da parte cardiovascular (fornecendo mais oxigênio), o que faz com que os níveis de lactato no sangue diminuam e estabilizem. Com o aumento da intensidade do exercício, o piruvato vai-se acumular e começa a converter-se em lactato. Os níveis de lactato no sangue começaram a aumentar quando a taxa de produção excede a taxa de absorção, muito fatores podem contribuir para este aumento, como capacidade fornecimento oxigênio, capacidade mitocondrial e a capacidade de limpar e utilizar lactato por outras células do corpo.

O papel do lactato na fisiologia do exercício continua a ser debatido, mas é claro que é um substrato de energia vital, é importante na sinalização celular durante o exercício e não se limita somente a condições anaeróbias. (Hall, M. M., et al 2016)

1.9 Frequência cardíaca.

A Frequência cardíaca (FC) corresponde ao número de batimentos cardíacos por unidade de tempo, apresentando assim 2 ciclos cardíacos, diástole que consiste num período de relaxamento, no qual o coração capta o sangue, seguido por um período de contração (sístole), quando o sangue é injetado para as artérias. A resposta dos ciclos cardíacos reflete-se no aumento da quantidade de trabalho que o coração requer para responder ao acréscimo de demandas d organismo durante atividade física, sendo visível quando se compara a FC durante o repouso, exercício e no período pós exercício.

A FC de repouso varia em média de 60 a 80 batimentos por minuto e sofre influencias de acordo com a idade, o nível de condicionamento físico e as diferentes condições ambientais onde o individuo se encontra. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

Antes de iniciarmos o exercício a FC pode aumentar a níveis significativamente mais altos do que os do repouso, o que é conhecido como resposta antecipatória ao estímulo (McArdle et al 2011). Esta resposta é mediada pelo neurotransmissor noradrenalina, libertada pelo sistema nervoso simpático e pelo hormônio adrenalina, libertado pelas glândulas suprarrenais, notando-se também uma redução do tônus parassimpático. Quando se inicia o exercício a FC aumenta rapidamente em função do aumento da intensidade do esforço, podendo ser representado pelo consumo de oxigênio

A variabilidade da FC é uma medida de flutuação produzida por mudanças continuas no equilíbrio simpático – parassimpático que controla o ritmo sinusal. Esta

variabilidade da FC é usada para avaliar o impacto do exercício físico, da ocorrência de overtraining e muitas vezes como diagnóstico na população em geral.

Existem muitas influências fisiológicas nos domínios da variabilidade da FC, como por exemplo a frequência ultra baixa que é influenciada pelo nosso ritmo circadiano para ciclos maiores que 5 horas de duração. Frequências muito baixas com ciclos maiores que 25 segundos e que são afetados pela regulação da temperatura. Frequências baixas com ciclos maiores que 6 segundos que são sensíveis a mudanças na atividade nervosa parassimpática e simpática cardíaca e por fim as altas frequências com comprimentos de ciclo entre 2,5 a 6 segundos, que são sincronizadas com respiração e moduladas pela inervação parassimpática. Estes dados da variabilidade da FC permitem analisar o impacto do exercício ou da doença em indivíduos individualmente.

Quando se inicia o exercício a FC começa a aumentar em proporção à intensidade do exercício, até que esta se aproxime do máximo, quando a intensidade máxima do exercício é alcançada a FC começa a estabilizar mesmo com o aumento da carga dos exercícios, indicando que a FC se aproxima de um valor máximo. A frequência cardíaca máxima é o valor mais alto alcançado num esforço total até ao ponto de fadiga voluntária. Uma vez determinada, a FC máxima é um valor altamente confiável e permanece constante no dia a dia. No entanto este valor muda ligeiramente de ano para ano devido ao avançar da idade, sendo a equação padronizada para a calcular: $FC_{máxima} = 220 - idade$, mas segundo Costil et al (1980) a equação mais precisa para determinar a FC máxima é : $F_{cmax} = 208 - (0,7 \times idade)$.

Quando a intensidade de exercício é mantida constante para uma carga de trabalho submáxima a FC aumenta rapidamente até atingir um patamar, este patamar é a FC em estado estacionário, a necessária para responder às exigências circulatórias específicas para essa carga de trabalho. Quando aumentamos a intensidade a FC atingirá um novo valor estacionário em 2 a 3 minutos, mas quanto mais intenso for o exercício mais tempo leva a atingir esse estado, neste campo a FC é uma base para estudar a aptidão cardiorrespiratória dos indivíduos. Os indivíduos com melhor capacidade respiratória terão uma FC em estado estacionário mais baixa do que aqueles que não estão em forma, ou seja, quanto mais baixa for a FC em estado estacionário para um exercício com intensidade de exercício fixa, melhor será a sua capacidade cardiorrespiratória (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015).

1.10 Oximetria

Quando iniciamos um exercício este é acompanhado pelo imediato aumento da ventilação, que tal como a FC pode aumentar mesmo antes da contração muscular, verificando-se uma resposta antecipatória ao exercício. Durante o exercício a ventilação mostra um aumento quase imediato devido ao aumento da estimulação do centro inspiratório, isto é causado tanto pelo comando central e pelo feedback neural da própria atividade muscular. Esta fase é seguida por um patamar ou por um aumento muito mais gradual na respiração (para exercícios mais duros) que resulta de mudanças químicas no sangue arterial resultantes do metabolismo do exercício.

A ventilação pulmonar aumenta durante o exercício em proporção direta às necessidades metabólicas do exercício muscular. Em baixas intensidades de exercício, o aumento da ventilação é conseguido com aumento do volume corrente (quantidade de ar que entra e sai dos pulmões durante uma respiração normal). Em intensidades mais altas de exercício a taxa de ventilação também aumentam, dependendo do tamanho do corpo. As taxas máximas de ventilação de aproximadamente 100L/minuto são comuns em indivíduos menores, mas podem exceder os 200L/minuto em indivíduos maiores.

No final do exercício as demandas de energia dos músculos diminuem quase imediatamente para os níveis de repouso, mas a ventilação volta ao normal num ritmo mais lento. Se a taxa de espiração correspondia às demandas metabólicas dos tecidos, a respiração deveria diminuir para os níveis de repouso segundos após o exercício, mas a recuperação respiratória leva vários minutos, o que sugere que a respiração pós exercício é regulada principalmente pelo equilíbrio acido-base, pela pressão parcial do dióxido de carbono dissolvido e pela temperatura do sangue. (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015)

A oximetria muscular com base na espectroscopia infravermelha próxima (EIP) é capaz de fornecer de um modo não invasivo informações sobre as mudanças na oxigenação e hemodinâmica no tecido muscular com base nas características dependentes de oxigénio da luz infravermelha próxima.

Os dados são a média ponderada das saturações de oxigénio do grupo heme de hemoglobina no leito vascular (pequenas artérias, arteríolas, vénulas e pequenas veias) e o grupo heme da mioglobina nas fibras musculares (Ferrari, M., Quaresima, V., 2012)

Considerando que os capilares contribuem para 90% do volume total do sangue no músculo e que em condições normais todas as regiões do músculo recebem quase todo o sangue arterial oxigenado, as alterações de oxigenação detetadas pelo EIP refletem principalmente mudanças nos níveis de oxigénio capilar e intracelular.

Foram realizados estudos recentes de EIP em combinação com ressonância magnética H de espectroscopia com o intuito de distinguir entre a dessaturação dos níveis de oxigénio dos capilares e intracelular durante a isquemia e exercício, contribuindo predominantemente os níveis intracelulares para o sinal de EIP no músculo (Bendaha D, Chatel B, Jue T 2017)

Desde final década de 80 o EIP tem sido utilizado para estudar o metabolismo muscular oxidativo local em repouso e em diferentes modalidades desportivas. O primeiro estudo de EIP foi realizado em atletas remadores experientes e publicado em 1992 por Chelie et al a partir desta data uma serie de estudos evidenciaram o papel do EIP na avaliação da oxidação no desempenho do músculo esquelético em atividades desportivas e atletas.

Os oxímetros EIP introduzidos na década de 90 tem a vantagem de uma medição continua da saturação de O₂Hb numa escala de 0 a 100%. Assim os oxímetros fornecem informação sobre o equilíbrio entre o suprimento e a demanda de oxigénio principalmente no nível superficial dos músculos, além disso a saturação regional representa a capacidade de reserva do tecido após a extração de O₂ do mesmo.

Os oxímetros usam principalmente a abordagem espectroscópica espacialmente resolvida, também designada por espectroscopia multidisciplinar que consiste em medir a atenuação ótica dos coeficientes de absorção relativos em diferentes comprimentos de onda ao longo de uma distância medida em pontos focais de emissão de luz.

Desde 2006 foi lançado no mercado um oxímetro muscular portátil, o uso da tecnologia do EIP muscular tem ganho popularidade para observar mudanças no metabolismo muscular local e oxigenação muscular durante e após o exercício. A oximetria muscular tem sido usada com sucesso e fiabilidade em ambientes laboratoriais e desportos com objetivos específicos como nível de oxigenação muscular, taxa de desoxigenação e taxa de reoxigenação, sendo usada para avaliar a função oxidativa do músculo seguindo intervenções de treino específicas (Perrey S, Ferrari M, 2018)

1.11 Teste de Wingate

O teste anaeróbio de Wingate foi desenvolvido na década de 70 por cientistas do Departamento de Pesquisa e Medica do Desporto do Instituto Wingate em Israel, sendo primeiramente usado para avaliar a performance anaeróbica do individuo (BENEKE et al. 2002)

O teste de Wingate veio permitir estudos de natureza anaeróbica, uma vez que o foco era direcionado para pesquisas que contemplavam o desenvolvimento de testes que avaliavam a potencia aeróbica máxima (INBAR et al. 1996). Estes autores afirmam ser um dos testes mais estudado dentro da comunidade científica e de acordo com outros autores (Laurent J. et al 2007) tem sido o protocolo mais usado para avaliar a capacidade anaeróbica em artigos de investigação. Este teste permite avaliar a potência muscular, dá informações sobre o pico de potência, resistência e fadiga muscular, sendo muito fácil de aplicar (quer para os membros inferiores como para os membros superiores), de baixo custo e tem a vantagem de não ser invasivo e possui um caracter muito objetivo e um alto grau de validade e reprodutibilidade (INBAR et al 1996; Stauffer K. et al 2010). Normalmente os testes anaeróbicos são classificados em muito curtos quanto à duração, 1 a 10 segundos (teste de subida rápida de escalada Margarida et al. 1966) e testes curtos onde a duração vai de 20 a 60 segundos (Katch et al. 1973), conseguindo o teste de Wingate contemplar estes dois segmentos.

1.11.1 Aspetos fisiológicos

A escolha da duração de 30 segundos, foi em resultado deste intervalo ser suficientemente longo para descrever não só a potência glicolítica mas também representar de forma fidedigna a resistência glicolítica/anaeróbica do organismo em teste (Dotan 2006), sendo utilizados os substratos e vias metabólicas de muito curto prazo conhecido por sistema alático, que segundo Mcardle et al (2003) fornece energia para cerca de 6 a 10 segundos de atividade máxima através da quebra de ATP (através da enzima ATPase) e respetiva ressintese através da creatina-fosfato (Através da creatina kinase), considerado um marcador bioquímico onde se pode diagnosticar por exemplo se o atleta se encontra em estado de overtraining (Maughan et al. 2000). Outra via metabólica avaliada é glicolítica, que é responsável pelo fornecimento de energia através da quebra de glicose anaeróbica através do glicogénio, principalmente muscular que responde até 3 a 5 minutos de atividade máxima Mcardle et al 2003). Em contrapartida Spriet afirma que 80% da energia numa atividade máxima é produto da via anaeróbica e 20% da via aeróbica, e além desta divisão aeróbica/anaeróbica o autor refere existir uma divisão lática/alática para os segundos iniciais do teste.

O organismo está em constante “mudança” no seu funcionamento quando falamos na produção e manutenção de energia, gerando assim efeitos agudos imediatos, aqueles que acontecem no período pré, per e pós imediato até alguns minutos após atividade e os efeitos agudos tardios aqueles que persistem por algumas horas após a realização da atividade, até 24 ou 48 horas, podendo mesmo chegar às 72 horas (Araújo, C. G. S. 2001). Dentro dos efeitos agudos imediatos em resultado do Wingate teste podemos destacar o aumento das concentrações intramusculares plasmáticas de lactato, da frequência cardíaca e débito cardíaco, para além de outros efeitos similares a outras atividades físicas de alta intensidade.

De acordo com Mcardle et al. (2003) o wingate teste é uma modificação do teste de Katch (1973), neste teste o atleta tinha de pedalar o mais rápido possível durante 40 segundos contra uma resistência mecânica com uma carga de 6 kgs para os homens e 5kgs para as mulheres. O teste de wingate aperfeiçoou assim os teste de Katch e caracteriza-se por ser um teste mais curto, contra uma resistência mecânica, segundo Bar-or (1987) esta carga seria de 0,09kg por quilograma de massa corporal para adultos não atletas e 0,1kg para atletas treinados e segundo Mcardle et al (2003) uma carga para os homens de 0,08 kg por quilograma de massa corporal e para as mulheres de 0,06kg. Estes valores podem variar se se tratar de um atleta, podendo chegar até 0,12kg por quilograma de massa muscular (Mcardle 2003).

1.11.2 Protocolo

O teste de wingate apresenta um protocolo onde se pode avaliar o pico de potência, a potência média e o índice de fadiga dos membros superiores ou inferiores através de um ciclo ergómetro manual ou pedal. Na forma mais simplificada para realizar o teste precisamos apenas de um ciclo ergómetro, com um freio mecânico ou eletromagnético para oferecer resistência e de um cronómetro apesar de existir programas desenvolvidos especificamente para este teste onde a cadencia é avaliada eletronicamente (Inbar et al 1996).

Primariamente o teste de wingate tinha um aquecimento coma duração de 5 a 10 minutos de trabalho intermitente, 30 segundos rápidos (velocidade) e 30 segundos lentos (relaxar) (Inbar et al 1996), atualmente adota-se um período de aquecimento com a duração de 5 minutos a 50watts com dois pequenos sprints de 3 segundos no final do terceiro e do quinto minuto (Beneke et al 2002). Segundo Inbar et al. (1996) o aquecimento feito no ciclo ergómetro promove adaptações fisiológicas e motoras mais específicas. Posteriormente inicia se o teste ao comando de Start, com a resistência a

ser solta 3 segundos após começar a pedalar de forma a evitar desacelerações indesejadas devido ao efeito negativo da inercia (Reiser et al 2000), apesar de Macintosh et al. (2003) evidenciarem que as partidas estacionárias trariam melhores resultados, continua-se a adotar o modelo original e defendido pela maioria dos estudos que seria a partida em velocidade (Inbar et al 1996; Reiser et al 2000; Mcardle et al 2003; Robergs e Roberts 2002). O indivíduo pedala o mais rápido que consegue, tentando o maior número de pedaladas dentro do tempo estipulado, este deve ser encorajado verbalmente por parte do avaliador de maneira a melhorar os resultados e deve dar o seu máximo logo desde o início sem poupar energia (Inbar et al 1996). No fim dos 30 segundos o indivíduo deverá continuar a pedalar cerca de 2 a 3 minutos num ritmo lento e com uma carga pequena com o intuito de evitar tonturas e desmaios.

1.11.3 Metodologia para o cálculo da potência máxima

Segundo Inbar et al. (1996), a potência máxima é a maior potencia mecânica produzida nos primeiros 5 segundos do teste, a potência média é definida como a média da potência produzida aos longo dos 6 ciclos de 5 segundos, e o índice de fadiga será dado através da quantidade de declínio da potência ao longo do teste, expresso em valores percentuais em relação ao pico da potência (potência máxima). De acordo com Mcardle et al. (2003) a potência máxima reflete a capacidade do sistema ATP-CP (via alática) expressa em watts, onde 1watt equivale a 6,12kg-m/min e é calculada através da força x distancia (número de pedaladas x distancia por pedalada) ÷ tempo em minutos. O índice de fadiga é considerado a queda a queda percentual em potência produzida no pico de potência até à potência mínima, produzida nos últimos 5 segundos (Dotan 2006). Mcardle et al. (2003) designam este parâmetro como fadiga anaeróbica, resultante do declínio percentual no rendimento da potência máxima durante o teste, segundo estes autores este parâmetro representa a capacidade total de sintetizar ATP, pelos sistemas fosfagênico e láctico, sendo calculado através da potência máxima – potência mínima (em 5 segundos) ÷ potência máxima mais alta x 100. Beneke et al(2002) descrevem a potência média como a média sustentada no decorrer dos 30 segundos teste. Para Mcardle et al (2003), este parâmetro é chamado de capacidade anaeróbica, que reflete o trabalho total realizado dentro do tempo de duração do protocolo.

1.11.4 Fatores intervenientes no teste

Sono

Souissi et al (2003) investigou a interferência da privação do sono na realização do wingate teste no dia subsequente e verificaram que a privação de 24 horas de sono não interferiu com o desempenho do indivíduo, quer na potência máxima, média ou mesmo nas concentrações de lactato. No entanto a privação de 36 horas de sono afetaram negativamente a potência máxima e média, mas não alterou as concentrações de lactato, que pode dever-se segundo Bedu et al. (1991) ao período muito curto de duração do teste, não induzindo a utilização de glicogénese anaeróbica. Hill e Smith (1991) e Melhim (1993) obtiveram valores mais altos à tarde em comparação com o período da manhã, provavelmente devido ao ritmo circadiano. No entanto, Reilly e Down (1986) não encontraram diferenças significativas para o teste realizado em diferentes horários.

Alimentação

No que se refere à alimentação Langfort et al (1997) conduziram um estudo em que verificaram que a ingestão de baixas quantidades de carboidratos diminuem a capacidade de trabalho anaeróbico, já Cheuvront et al. (2006) verificaram que uma baixa ingestão líquida (hidratação) acompanhada ou não de uma exposição solar prejudica o desempenho no teste de Wingate. A suplementação prévia de efedrina e efedrina mais cafeína surtiram efeitos ergogênicos na potência durante os primeiros 15 segundos do teste (Bell et al 2001). Foi também testada a ingestão de creatina monohidratada durante um período de 8 semanas e obtiveram-se alterações significativas na realização do teste de wingate (Altamari et al. 2006). Jordan et al. (2004) investigaram a suplementação de ATP oral e o seu potencial ergogênico no desempenho do teste wingate, e concluíram que este suplemento não induziu efeitos benéficos no desempenho do teste para qualquer parâmetro do mesmo, ou nas concentrações plasmáticas de lactato pós-teste.

Motivação, maturação e género.

Inbar et al (1996) analisaram o efeito da motivação sobre o desempenho no teste de Wingate em indivíduos adultos não atletas na presença de audiência, competição individual e em grupo, punição, recompensa, associação em grupo e responsabilidade social. Observaram que estímulos motivacionais baseados em informações cognitivas tiveram pouco ou nenhum efeito sobre o desempenho, ao contrário da motivação baseada em fatores emocionais (punição e recompensa), onde estes estímulos influenciaram, sobretudo a potencia máxima.

Armstrong et al (1997) afirmam que o desenvolvimento da potencia anaeróbica é durante a fase da adolescência, logo os jovens têm menor potencia média e máxima. O que poderá ser explicado por uma possível diminuição das concentrações de fosfocreatina, menor massa muscular, menor concentração de fibras tipo II, ou mesmo um controlo motor reduzido em relação aos adultos (Keller et al. 2000)

Inbar et al. (1996) afirmam que as mulheres têm rendimentos mais baixos que os homens pela relativa capacidade esquelética para determinadas atividades, sua maior percentagem de gordura e menor quantidade de massa muscular e a sua menor capacidade de suportar os níveis de lactato. No entanto, outros investigadores referem que as diferenças entre géneros são qualitativamente similares para a porção inferior do corpo, já na parte superior do tronco o género masculino tem uma larga vantagem Weber et al. (2006)

Aspetos mecânicos

Um aspeto importante é a utilização de presilhas nos pedais, uma vez que estas facilitam quando estamos a pedalar, o que facilita a aplicação de força durante todo o ciclo de movimento (Inbar et al.1996)

Outro ponto importante é a aplicação da resistência, a eletromagnética ou mecânica. Micklewright et al. (2006) concluíram que tanto a resistência eletromagnética como a mecânica podem ser designadas como um indicador válido de performance em exercícios anaeróbicos e nas suas respostas metabólicas.

2- Medicina Tradicional Chinesa – Modelo de Heidelberg

Oficialmente a Medicina Chinesa iniciou-se com um livro chamado Yellow Emperor's Classic on Internal Medicine. Acredita-se que remontam a 2300 anos. Sabemos agora por meio de achados arqueológicos que agulhas de acupuntura e tratamentos com ervas remontam a 4 – 8000 anos, não sendo exagerado assim referir que muita da história da Medicina Tradicional Chinesa se encontre no escuro da mesma. (Greten, 2016)

A acupuntura é uma das terapias mais usadas em Medicina complementar e alternativa (astin et al 1998). Pesquisas realizadas nos EUA e Alemanha referem que entre 8 e 9% da população adulta usa acupuntura para prevenir ou tratar uma variedade de problemas de saúde (Hartel and Volger 2004; Nahin et al 2009).

A acupuntura há muitos anos que tem sido usada para doenças ou aliviar a dor ou stress (Cabioglu and Cetin 2008; Lin and Chen 2008, 2009). A Organização Mundial de Saúde reconheceu que a acupuntura pode tratar mais de 50 doenças (Lin et al. 1996).

É notável que a acupuntura ganhou uma atenção importante na medicina desportiva e disciplinas relacionadas (Meleger and Borg-Stein 2000; Pelham et al. 2001; wadsworth 2006), sendo o seu uso comum entre atletas universitários e a sua prevalência estimada de 12% é aparentemente maior do que na população em geral. (Nichols and Harrigan 2006). Na medicina desportiva a acupuntura é principalmente usada para controlar a dor e aliviar doenças comuns como a síndrome de dor retardada (Hubscher et al. 2008).

Muitas pessoas tentam manter-se saudáveis fazendo para isso exercício físico e depois do exercício elas recuperam através dos mais variados meios.

A Medicina Tradicional Chinesa é descrita segundo o Modelo de Heidelberg (Greten 2016) como um sistema de descobertas e sensações designadas a estabelecer o estado vegetativo funcional do corpo, podendo este estado ser tratado com Fitoterapia, acupuntura, Tuina, Psicoterapia(PTTCM) e dietética.

2.1 Conceitos básicos MTC

Os três grandes conceitos da MTC são:

Qi – capacidade funcional vegetativa dos tecidos e órgãos, podendo estes causar sensação de pressão, adormecimento ou fluxo. (Greten 2016). É também definido como uma energia imaterial com uma determinada qualificação e direção

(Porket 1983). Existem 3 tipos de Qi, o Qi original que é originado do yin, o Qi defensivo localizado fora dos condutos dentro do tecido e o qi nutritivo que se origina na comida.

Xue – forma de capacidade funcional (energia) ligada aos fluidos corporais com funções de aquecer, humedecer, cria Qi e nutrir os tecidos (Porket 1995). Do ponto de vista ocidental os efeitos clínicos do Xue podem ser comparados aos efeitos da microcirculação, incluindo as relações funcionais, células sanguíneas, fatores plasmáticos, endotélio e parênquima (Greten2016)

Shen – é a capacidade funcional de colocar ordem na associatividade mental e emoções, criando assim a presença mental. Este estado funcional é clinicamente avaliado por sinais como a coerência e fluência de discurso, o brilho nos olhos e a qualidade da função motora fina. É comparável à capacidade para exercer funções cerebrais superiores (Greten, 2016). Pode também ser definida como força de constelação que se origina da orbe Cardial (Porket, 1995)

2.2 Diagnostico segundo o modelo de Heidelberg.

Segundo o modelo de heidelberg o diagnostico assenta sobre quatro pilares fundamentais (Greten, 2016):

Constituição

A constituição permite avaliar as propriedades funcionais individuais e a natureza interior do paciente baseando-se no seu fenótipo. A postura, o tom de voz, a expressão corporal e facial são aspetos que caracterizam a pessoa permitindo definir assim a sua constituição. A medicina Chinesa acredita que a estrutura física modifica o comportamento funcional do homem, como os seus sentimentos, funções e probabilidade de determinados sintomas (Greten 2017)

Agente

O agente é visto como um poder funcional (vetor) que muda as propriedades funcionais do individuo, produz sinais clínicos próprios e induz grupos de outros sinais diagnosticamente relevantes chamados de orbs. Os agentes podem ser divididos de acordo com excessos climáticos ou com as emoções em: agentes externos – Algor (frio), Humor (humidade), Ventus (vento), Ardor (rubor), Aestus, Ariditas (secura). Agentes internos – Voluptas (alegria), Ira (raiva), Maeror (tristeza), Timor (medo) e Pavor (choque). Os agentes neutros são: excesso trabalho e stress, maus hábitos alimentares, tabaco, álcool, infeções, acidentes, traumatismos, etc. (Greten, 2016)

Orb

A orb é uma manifestação clínica de uma fase, um grupo de sinais relevantes para o diagnóstico indicando o estado funcional de uma região do corpo que se correlaciona com as propriedades funcionais do conduto.

Critérios Guia

Os critérios guia podem ser entendidos como a doutrina da regulação corporal baseada nos quatro modelos regulatórios da fisiologia (Porket 1983,; Porket 1995), temos assim:

Repletion e depletion – descreve o conteúdo do “Qi” do corpo por meio de “Qi”, orbs e fases. Por norma os sinais de repleção indicam muito qi, uma excitação excessiva dos mecanismos que ativam o sistema neurovegetativo, enquanto a depleção é a inibição desses mecanismos, falta de qi e de activação. (Greten 2016)

Algor e Calor – Descreve a atividade do xue. Do ponto de vista ocidental refere-se interpretação de sinais clínicos originados predominantemente do sistema humoro-vegetativo. Esses sinais incluem o efeito da microcirculação na doença n um nível sistémico e regional, calor significa ativação xue, microcirculação e algor significa ausência de sinais de microcirculação. (Greten 2016)

Extima e intima- descreve o curso da doença causado por um agente exterior que invade o corpo. O modelo patofisiológico subjacente a este mecanismo é o modelo de seis estágios – Shang han lun que descreve como o agente algor danifica o corpo. Do ponto de vista ocidental refere-se interpretação de sinais clínicos originados predominantemente por mecanismos do sistema neuro-imunológico.

Yin e Yang . permite distinguir se os sinais e sintomas correspondem a uma desregulação primária ou funcional (yang) ou secundária, um deficit estrutural, no tecido funcional (Yin), permite distinguir se a origem dos sinais e sintomas está no nível da função reguladora ou num nível estrutural. (Greten 2016)

Para um diagnóstico diferencial na MTC é essencial ter atenção aos dados relevantes acima descritos e ainda a:

Observação: forma corporal, ações e movimentos, deferentes partes do corpo (pele, face lábios, língua e mucosas), som e tom de voz, tosse, respiração e odor.

Interrogatório: história clínica previa e presente, eventuais distúrbios, informações relativas a hábitos de vida, hábitos alimentares e apetite, defecação, urina, transpiração, menstruação, sensação de temperatura, local e modalidade da dor.

Palpação: pele, membros, mãos, tórax, abdome, pontos de acupuntura e pulso, este último usado para confirmar e perceber algumas informações recolhidas no diagnóstico e desta forma avaliar o estado dos sistemas internos Qi, Xue e yin.

O modelo de Heidelberg explica os conceitos da MTC tendo em conta a teoria da regulação neurovegetativa e tenta explicar o modo como o yin e Yang contribuem para a homeostasia, tendo por base um modelo fisiológico de regulação onde interpreta as diferentes interações e funções corporais através de uma curva sinusoidal.

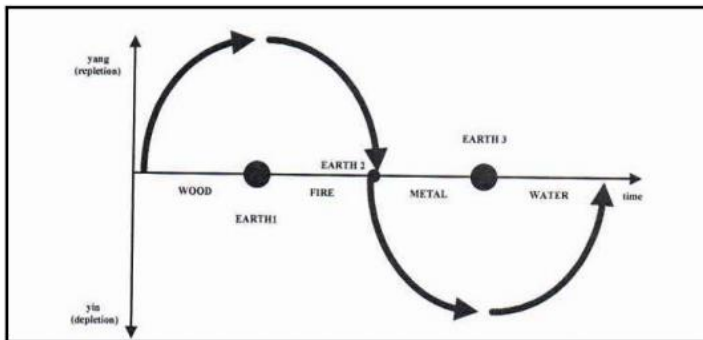


Figura 2 – fases na curva sinusoidal.

Na imagem acima podemos ver toda a atividade vegetativa do homem. Atividade alta seria Yang ou Plenitude e baixa atividade seria Yin ou depleção. Por outras palavras Yang está acima do “targuet value” e o Yin está abaixo. Se na imagem colocarmos toda a atividade vegetativa, podemos referir que no ponto de vista medicina tradicional nas fases yang (madeira e fogo) dominam as funções simpáticas e na fase yin (metal e água) estão mais presentes atividades parassimpáticas (vagais).

2.3 Fases e orbes

De acordo com o modelo de Heidelberg as fases são parte de um processo circular, e quando se referem ao homem são tendências funcionais vegetativas, estas manifestações são chamadas de orbs, grupos de sinais relevantes para o diagnóstico.

Cada uma destas fases, madeira, fogo, terra, metal e água correspondem a vetores direcionais que representam a atividade de funções internas específicas, referindo-se ao movimento de “Qi”.

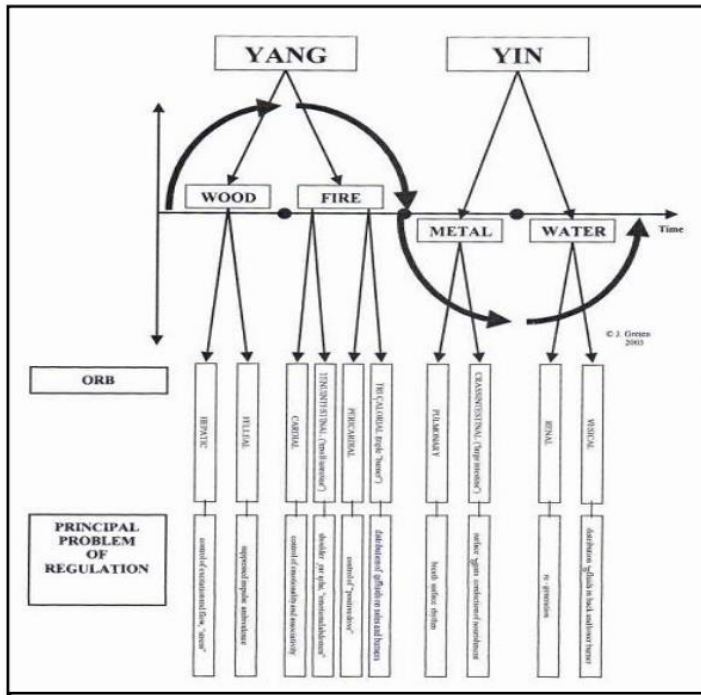


Figura 3 – Fases, orbes e suas manifestações.

Condutores.

Os condutos são a conexão de um grupo de pontos com efeitos nos sinais clínicos de uma orbe, sendo um canal onde flui “Qi” e “xue”.

Conduto do estomago.

Este conduto pertence juntamente com o baço à fase Terra, que é uma fase de regulação e transformação, esta fase tem um papel importante no metabolismo nutritivo, distribuição da energia e eliminação de impurezas, é importante na harmonização e regulação das outras orbes. O estômago é um conduto Yang e para além da regulação no sentido descendente é o responsável máximo pela digestão mecânica e simplificação dos nutrientes e por levar a matéria “impura” (função de transporte) para as regiões inferiores para posteriormente eliminação.

Conduto do Fígado

Este conduto pertence juntamente com o conduto vesícula biliar à fase Madeira, que é a fase de criar potencial, no sentido prático potencial é quantidade de energia e energia é a capacidade de exercer trabalho, faz acontecer. A orb do fígado é responsável por gerar imaginação, excitação, iniciativa e capacidade de decisão. Do ponto de vista energético, a orb do fígado é vista na MTC como repositório de Qi construtivo individual (responsável por originar novos tecidos) e de Xue.

Conduto Pericárdio

Este conduto (Yin) pertence à fase Fogo em conjunto com orbe Cardíaco (yin), Intestino delgado (Yang) e Tricalórico (Yang). Esta fase é a fase de transformação do potencial em função. A orbe pericárdio é vista como fonte de alegria e prazer, constituindo um reservatório de energia inato. Partilha com orb cardíaca responsabilidades inerentes aos processos de coordenação de algumas funções e algumas funções de circulação. Mas estas orbes não devem ser confundidas pois as funções desempenhadas por ambos são substancialmente diferentes, existindo apenas uma partilha de responsabilidades, podemos referir o exemplo da relação da orbe cardíaca com o Shen, o xue e as principais funções relativas ao sangue, que se opõe a funções relativas ao controlo sobre a ação de bombeamento do coração e características físicas dos vasos sanguíneos, a orbe pericárdio age como uma bomba em termos de circulação. Podemos ainda referir que orbe pericárdio é facilmente atingida por agentes externos, enquanto o cardíaco é mais suscetível a agentes internos, emoções e problemas constitucionais.

Conduto do Intestino Grosso.

Este conduto pertence fase Metal, fase é caracterizada pela alteração da polaridade da curva sinusoidal, onde se pode observar falta de energia. As orbes presentes nesta fase são a pulmonar e o intestino grosso. A MTC considera a respiração como principal fonte de recuperação de energia, mas, no entanto, não é a suficiente para manter a homeostasia, temos de obter também energia através dos alimentos (Qi nutritivo), sendo a segunda fonte energética mais importante para o organismo. O intestino grosso é o responsável pela obtenção desta energia através de um mecanismo de nutrição avançado, pela qual a energia proveniente da alimentação é distribuída através da ação rímica dos intestinos.

2.4 Algor Laedens Theory

Este modelo de regulação neuro-imunológico descreva a forma como o nosso corpo é invadido pelo agente Algor / frio e a forma como esse agente nos “ataca” quando as nossas defesas estão mais baixas. As reações fisiológicas humanas decorrentes deste ataque classificam-se segundo o Modelo de Heidelberg de acordo com os estudos do Algor Laedens Theory (ALT), conhecido por Shan Han Lun que foi descrito pelo médico Zang Zhong-Jing (Porket) florescendo no sec. II da nossa era.

Os estádios de ALT são caracterizados por sinais clínicos específicos e descrevem seis camadas de poderes funcionais (seis estádios de defesa energéticas) dentro do corpo perante o ataque dos agentes, nomeadamente o algor, que o tenta invadir (Greten, 2016)

O ALT permite nos observar uma falta ou diminuição da microcirculação pela invasão do agente algor que invade primeiro as camadas mais exteriores/intima (estádios I, II, III) e posteriormente as camadas mais internas/intima (estádios IV, V e VI). (Greten, 2016)

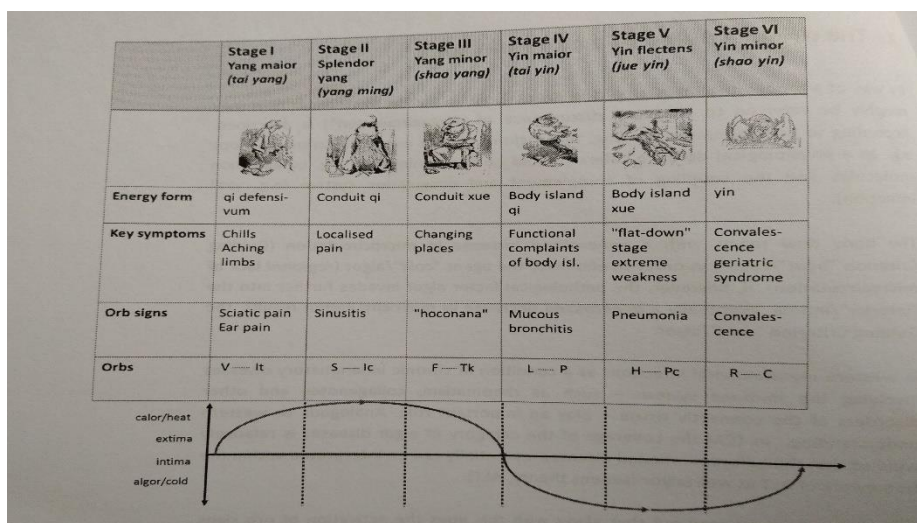


Figura 4 – Fases do ALT

2,5 Neurofisiologia da acupuntura

A fisiologia da acupuntura assenta na estimulação dos vários mecanismos de auto-regulação do nosso corpo por via do sistema nervoso, endócrino e imunológico. Esta regulação do sistema nervoso e seus efectores é obtida pela ação em 4 níveis: local, segmentar ou espinal, extra-segmentar e supra-segmentar ou supra-espinal.

Ação local

A acupuntura estimula os recetores neurológicos periféricos sensitivos, nomeadamente as terminações nervosas livres, compostas predominantemente por fibras a delta na pele e nos músculos por meio das fibras tipo II que se interligam, formando uma rede responsável pela propagação do estímulo nervoso aos vasos sanguíneos e células imunitárias locais. Estes recetores periféricos propagam o estímulo à rede de neurónios locais e originam o reflexo axonal. Este reflexo vai induzir um aumento do aporte sanguíneo local, devido à libertação de várias substâncias

vasoativas como a substância P, bradicininas, histamina, serotonina, fator de crescimento neural e vascular, responsáveis pela presença de calor e rubor em redor da agulha, parestesias, prurido ou sensação de peso, dor tipo moedeira, atuando como promotores da cicatrização, quer por vasodilatação quer por neurogênese de vasos sanguíneos. Para além dos efeitos locais descritos ocorre ainda a libertação de substâncias bioquímicas analgésicas como a B-endorfina em grandes quantidades, que potenciam a analgesia atuando ao nível dos recetores periféricos sensitivos, bloqueando assim a nonicepção (Seca, 2011).

Ação segmentar ou medular

A teoria do portão Melzack e Wall é fundamental para a compreensão deste efeito. De acordo com os investigadores, ao chegar aos cornos posteriores da medula, as fibras mielinizadas provocam um bloqueio de transmissão do impulso nervoso oriundo das fibras C (mais lentas) através da libertação de encefalinas e GABA, neurotransmissores inibitórios libertados pelos interneurónios ao nível dos cornos posteriores da medula. Os vários tecidos orgânicos, mesmo estando afastados entre si, podem ter mesma inervação, pois durante o desenvolvimento embrionário tiveram origem no mesmo segmento, o que permite compreender que para obtermos um efeito ao nível de uma determinada raiz nervosa, podemos colocar agulhas noutras regiões com a mesma inervação, exercendo um efeito nos cornos posteriores d espinal medula, ao nível do segmento medular estimulado (Melzack e Wall, 1978 , 1965)

Acção extra-segmentar ou proprioespinal

Este mecanismo de analgesia depende da intensidade do estímulo e não da sua localização. Atua por controlo da substância cinzenta periaquedutal no tronco cerebral, propagando-se através dos feixes inibitórios descendentes até todos os cornos posteriores da medula, inibindo a atividade das células nervosas aqui localizadas (Seca 2011)

Ação supra-espinal ou central

Este mecanismo de ação situa-se a nível do córtex cerebral e propaga-se à espinal medula pelos feixes inibitórios descendentes. Após o sistema reticular e o tálamo processarem a informação recebida pelo impulso proveniente da punção, o mesmo é conduzido a várias áreas do córtex cerebral, nomeadamente aos centros de processamento de informação, como córtex somatossensorial, ou sensitivo primário, o cerebelo, o sistema límbico e o córtex pré frontal (Seca 2011).

2.6 Os efeitos agudos do exercício na visão do modelo de Heidelberg de MTC

A medicina ocidental designa os efeitos agudos do exercício como uma inflamação local devido a qualquer dano ou edema que levam à isquemia, espasmos musculares e aumento das concentrações de lactato. MTC vê estes efeitos como uma êxtase localizada de “Qi” e “Xue” que se manifesta como dor e rigidez nas articulações, músculos e tendões, sendo conhecido como síndrome bi-muscular (Xinnong, 1987). O “Qi” e o “Xue” ficam estagnados devido às cargas de exercícios excêntricos que afeta a função “Felleal” para transformar e transportar e a “Hepatica” para espalhar “Qi” por todas as direções. A gravidade vai depender do nível de performance do indivíduo e da duração do exercício.

As lesões agudas envolvem “Qi” e “Xue” e incluem outras condições pré-existentes que envolvem os fluidos corporais, condutos e orbes. O mais comum é a êxtase do “Qi” e do “Xue” que representa uma condição de excesso, embora em condições mais crônicas temos uma deficiência pré-existente associada a orbs, “Qi”, “Xue” e fluidos corporais que afetam os condutos. Em ambos os casos o fluxo de “Qi” e de “Xue” é interrompido e pode causar estagnação, ou sejam vemos assim uma diminuição que pode levar à completa obstrução. Se houver uma deficiência destes, não será possível suportar as necessidades das orbes e suas funções padrão associadas, mas também não serão suportados os condutos (Chuang, 2000).

A MTC atribui a lesão decorrente do exercício ao êxtase de “Qi” do “Hepatico” que pode levar ao yin “Hepatico” ou deficiência de “Xue” “Hepatico”, sendo visto segundo a MTC como um bi-síndrome conhecido também como obstrução dolorosa (Chuang 2000). Este bi-síndrome existe em várias formas dependendo de quais os sintomas estão presentes. Geralmente são causados por fatores externos como ventos, calor, frio ou humor, mas pode também ser causado por uma lesão traumática. Dentro da medicina ocidental a maioria das lesões desportivas são divididas em 3 fases: aguda, que se refere às primeiras 72h após a lesão e que é caracterizada por edema, dor localizada e aguda e diminuição do arco de movimento. Sub aguda que vai das 72h até 90 horas após lesão e crônica após 90 horas a lesão.

Em todas as circunstâncias o mais importante é mover o “Qi” e o “Xue” para diminuir o êxtase. Podemos ainda consoante os sintomas apresentados ter de incluir como objetivos a limpeza do calor, supletar o yin ou o yang. Temos ainda outros obstáculos que podem afetar negativamente a performance atlética, incluindo a ansiedade, fadiga e síndrome de dor retardada.

A MTC centra-se no tratamento das condições em excesso como mobilizar o “Qi” e o “Xue” para prevenir que a êxtase ocorra, mas também suporta condições individuais em défice que predispoem o indivíduo a outras condições pré-existentes dentro das orbes, como défice ou extase de “Qi”, défice ou extase de “Xue”, acumulação de pítuita, défice yin e/ou Yang que podem dar origem a ventos, calor e humor.

2.7 Estudo sobre acupuntura no exercício físico.

Pela análise da literatura podemos constatar que existem autores que concluíram com os seus estudos que a acupuntura tem efeitos positivos na recuperação ao exercício, no entanto temos também investigadores a afirmarem com os seus estudos que a acupuntura não tem uma influência significativa na recuperação ao exercício.

Podemos assim analisar estudos dentro da área que pretendemos explorar, podendo constatar que existe alguma controvérsia quanto ao efeito da acupuntura na recuperação ao exercício físico.

Referência	Amostr a	Técnica	Pontos	Avaliação	resultados
Dhillon, S. The acute effect of acupunture on 20km cycling performance. Clinical Journal Sports Medicine, V 18, n.1, 2008	Homen s adultos N= 20 Idade = 26,3+ 3,9	Acupuntura Placebo Controlo	S36, F34, H3, Ic11, VG20	Tempo de conclusão prova, Avaliação do esforço percebido, Eva, Concentração lactato sangue	Tempo de conclusão prova mais baixos; valores de esforço percebido maiores; Valores Eva mais baixos; concentração de lactato mais altas,
Lin et al. Effects of acupunture stimulation on recovery of male elite basketball athletes. The American journal	Atletas N=30 Idade= 21,1 + 0,6	Acupuntura Placebo Controlo	PC6 S36	Concentração lactato sangue FC VO2 Avaliações feitas aos 5, 30 e 60 minutos.	FC, VO2 e lactato sanguíneo significativamente mais baixo no grupo da acupuntura em comparação ao

of Chinese medicine, v. 37, n.3, 471-481. 2009					grupo placebo e controlo 30 min após exercício. Concentração lactato sanguíneo mais baixa no grupo acupuntura em comparação com controlo e placebo 60 minutos após exercício.
Hubscher , M et al. Immediate effects of acupuncture on strength performance; a randomized controlled crossover trial. 2010	Atletas amadores N= 33 Idade = 25,2±2,8	Acupuntura Sham acupuntura Placebo laser acupuntura	S36, L6, VC6, Shenmen	Altura salto máximo com queda bipodal Força isométrica máxima voluntária quadricipite Resistência muscular isométrica	Aumento significativo força isométrica quadríceps em atletas amadores.
Ma et al. The intervention effects of acupuncture on fatigue induced by exhaustive physical exercises: a metabolics investigation. Hindawi Publishing Corporation. 2015	Atletas N= 14 Idade = 21,2 ± 1,2	Acupuntura controlo	S36, V23, V40, VC4	Avaliações feitas antes e após exercício, após aplicação acupuntura/ Repouso. Metabolitos do exercício através recolha urina.	O grupo da acupuntura apresentou melhoras nos efeitos da fadiga, a nível dos valores de 2-hydroxybutyrato, 3-hydroxyisovalerato, lactato, piruvato, citrato, dimetilglicina, colina, glicina e hipoxantina.

Urroz et al. Effect of acupuncture and instruction on physiological recovery from maximal exercise: a balanced-placebo controlled trial. BMC Complementary and Alternative Medicine. 20016	Adultos N= 60 Idade= 21,1+2,1	Acupuntura com alta expectância Acupuntura com baixa expectancia Placebo com alta expectância Placebo com baixa expectância control	S36, Pc6 P7, VC17	FC Pressão arterial VO2 Frequência respiratória Concentração lactato	Não tem evidencia que a acupuntura ou acupuntura com instrução aumentem os valores fisiológicos de recuperação ao exercício máximo.
Tandya, L. Et al. Effect of acupuncture on decreasing blood lactate levels after exercise in elite basketball athletes. Journal of physics: conference series. 2018	Atletas N= 36 Idade = 21,8+1,85	Acupuntura Controlo	S36, PC6	Concentração lactato Medição 5 e 25 min após exercício e 5 e 25 min após exercício e intervenção acupuntura.	A diminuição das concentrações de lactato foi significativamente melhor no grupo intervencionado com acupuntura do que no grupo controlo

Tabela 1 - Revisão bibliográfica sobre acupuntura no exercício físico.

Capítulo II – Enquadramento metodológico

3. Metodologia

3.1 Tipo de estudo:

Este estudo segue as normas de um estudo de caso, randomizado e controlado – crossover.

3.2 Amostra – Desenho de estudo

O presente estudo usou uma amostra de conveniência com 4 voluntários do sexo masculino com idade média de 33,75 anos, altura média de 1,815cm e peso médio de 91,25kg e com índice de massa corporal 28kg/m².

Os voluntários foram informados sobre os procedimentos do estudo e voluntariamente participaram no estudo depois de preencher um breve questionário e assinando um consentimento informado. (Harriss and Atkinson, 2019)

Os voluntários foram instruídos para se absterem de exercício físico uma semana antes e durante o estudo. A ingestão de alimentos fica restringida a uma refeição leve até 3 horas antes do momento de avaliação. Bebidas que contenham álcool e cafeína também não são permitidas 12 horas antes do momento de avaliação. (Markus et al., 2008)

3.2.1 Critérios de inclusão

Homens saudáveis, idades entre os 18 e os 40 anos, ativos e com níveis de capacidade física similares (avaliado por questionário), com (ou sem) experiência prévia de ciclismo(Satpal Dhillon,2008)

3.2.2 Critérios de exclusão

Doenças do foro cardiovascular, pulmonar, metabólico, neurológico, psiquiátrico e músculo-esquelético, história de hemorragia ativa, ter participado num programa de reforço muscular nos últimos 6 meses, ter feito um treino intenso até uma semana antes

estudo, tomar qualquer tipo medicação, fobia a agulhas (Urroz et al., 2016) e ter realizado tratamentos de acupuntura nos últimos 6 meses.

3.3 Instrumentos de recolha de dados e material

Bicicleta marca Orbea com sistema de controlo de potência e RPM assegurados pelo software Tacx Trainer software 4 advanced e sistema de rolos Tacx Neo.

Balança da marca Tanita

Oxímetro marca Sanitas

Medidor de frequência cardíaca Sanitas

Medidor de lactato da marca ApexBio e modelo Edge

O medidor de Lactato The EDGE é um dispositivo portátil que mede a concentração de lactato no sangue para os atletas e treinadores e outros avaliarem com precisão a capacidade muscular para o rendimento.

O medidor de lactato The EDGE necessita somente de uma pequena gota de sangue ($<3\mu\text{L}$) da ponta do dedo ou do lóbulo da orelha colocada na tira de teste ergonomicamente projetadas. As tiras de teste EDGE tem uma Ação sinfónica que atrai sangue e incorpora um biossensor avançado para a concentração de lactato no sangue. O seu resultado numérico é obtido em menos de 45 segundos.

Jacinta Boaventura et al (2015) estudaram a fiabilidade e precisão de 5 medidores portáteis de lactato sanguíneo, o Lactate Pro, Lactate Pro2, lactate Scout +, Xpress e Edge e um medidor portátil de ponto de atendimento onde realizaram as análises em 5 indivíduos em repouso e em exercício. Este estudo concluiu que qualquer dos aparelhos pode ser usado ao longo do tempo para avaliar de forma confiável os limiares de lactato sanguíneo e prescrever intensidades de treino para cada indivíduo. No que diz respeito à precisão nenhum dos aparelhos portáteis foi perfeito, no entanto, os medidores Edge e Xpress apresentam viés baixos para concentrações de lactato sanguíneo $< 15\text{mM}$, enquanto o Edge e o Lactate Pro2 apresentam viés relativamente baixos para altas concentrações de lactato sanguíneo. Assim sendo quando os testes em atletas em que o pico de lactato sanguíneo é importante para a prescrição de treino estes são preferidos em relação aos anteriores.

Tiras marca BM-Lactate

Agulhas de acupuntura marca dracus de 0,25 X 0,30mm.

3.4 Procedimentos

Foram avaliados 4 indivíduos, os mesmos indivíduos fizeram parte do grupo experimental (acupuntura verdadeira) e do grupo placebo (acupuntura falsa) sendo avaliados em dois momentos distintos, M1 (acupuntura verdadeira)- em que realizam o teste de Wingate e foram submetidos a acupuntura logo no final do teste e passado uma semana, segundo (Weltman A et al 1998 e Clarkson P et al 2002) este tempo é suficiente para eliminar os efeitos de transição no desempenho devido à fadiga ou recuperação inadequada, os mesmos indivíduos realizam novamente o teste de Wingate e são submetidos a sessão de acupuntura falsa – M2 (acupuntura falsa), a ordem será randomizada.

Na primeira abordagem os participantes foram medidos e pesados e procedemos à medição dos valores basais de lactato, da frequência cardíaca e da oximetria (T0), de seguida os participantes iniciaram um aquecimento numa bicicleta durante 5 minutos a 50w com 2 pequenos sprints de 3 segundos no final do terceiro e do quinto minuto (Beneke et al. 2002), segundo Inbar et al. 1996 este aquecimento feito na bicicleta leva a adaptações fisiológicas e motoras mais específicas e ajuda na prevenção de lesões. O teste de wingate é iniciado dois minutos após o aquecimento (inbar et al. 1996), este tem a duração de 30 segundos (Dotan, 2006), com uma carga de 0,10kg por kg massa corporal (Bar-Or 1987) inicia sem resistência sendo esta libertada 3 segundos após o início do teste para evitar desacelerações indesejadas devido ao efeito negativo da inércia (Reiser et al 2002), neste momento o participante tentará dar o seu máximo e segundo (Inbar et al 1996) deverá ter encorajamento verbal desde o início do teste para que a energia seja em todos os períodos teste a máxima. No final dos 30 segundos deverá continuar a pedalar durante 2 a 3 minutos com poucas RPM e com resistência muito leve com o intuito de acalmar e evitar tonturas decorrentes do teste.

No final do teste participante deitou-se na marquesa decúbito dorsal a recuperar e avaliamos a concentração de lactato, a frequência cardíaca e a oximetria 5 min após o teste(T1), seguidamente aplicamos a sessão de verdadeira/falsa acupuntura durante 20 minutos e decorridos 10 minutos da aplicação das agulhas vamos rodar suavemente as agulhas durante 15 a 20 segundos. A técnica foi aplicada bilateralmente nos 4 pontos de acupuntura sendo a ordem da aplicação aleatória. Passado o tempo de aplicação da acupuntura verdadeira/falsa os participantes ficam deitados na marquesa a recuperar, sendo medido novamente a concentração de lactato, a frequência cardíaca e a oximetria aos 30 min (T2) e aos 60 min (T3) pós teste Wingate.

Para a execução dos protocolos de acupuntura os participantes foram posicionados de decúbito dorsal, os pontos foram selecionados por professores especialistas de MTC do Instituto de ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto, sendo baseados no modelo de Medicina Tradicional Chinesa de Heidelberg – Alemanha (Greten, 2016). Os pontos usados foram o S36, H3, Ic11 e Pc5 bilateralmente, foram usadas agulhas de acupuntura esterilizadas e descartáveis 0,25 x 8mm e antes de puntar a pele foi desinfetada com álcool.

É de referir que foi dado um intervalo de tempo de 15 minutos entre cada participante em que arejamos a sala e desinfetamos todo o material devido ao estado de pandemia que estamos a atravessar.

Os pontos usados para realizar o estudo foram os seguintes.

S36 – Vicus tertius pedis (Zusanli-E36)

Localiza-se 3 cun abaixo do bordo inferior da rótula, 1 cun da borda lateral margem anterior da tíbia, entre os músculos tibial anterior e extensor comum dos dedos (Focks, Marz e Hosback, 2008). Vicus refere-se a um local e uma rede de estação de correios onde os cavalos podem ser trocados e as pessoas podem comer e recuperar. O efeito supletivo deste ponto aplicado diariamente para questões de fadiga, trabalho duro e esgotamento. Tertius pode significar uma distância longa, Pedis significa o pé, e tem alguns efeitos interessantes nos traumas do pé após longas caminhadas ou após entorses do compartimento ligamentar externo (Greten 2016). S36 é um ponto conjuntório do conduto do estomago e está alocado na fase terra, sendo também designado como “Soldier”s poin”, é o principal ponto estabilizador do corpo. É um ponto terra num conduto terra e regula a relação entre a capacidade vegetativa para a função (Qi) e a capacidade funcional de ligação aos fluidos corporais (Xue). (Greten, 2016). Segundo Xiannog é o ponto primário de tonificação do Qi.

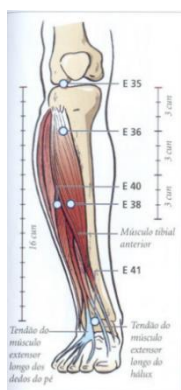


Figura 5 – Ponto de acupuntura S36

H3 Impedimentale Major (Tai Chong-F3)

Este ponto está localizado entre os metatarsos do primeiro e segundo dedo do pé, numa depressão cerca de 1,5 cun proximal metatarsofalangica halux. É um ponto indutório da orbe do figado e está alocado na fase terra. Impedimentale significa uma estrada com muito transito, o que indica que muito Qi onde fluir ou ser mobilizado através deste ponto. Este ponto é normalmente dispulsado pois na pratica uma super expressão da fase Madeira é visto frequentemente., este é um ponto onde podemos encontrar Qi original. Dentro da MTC é um ponto indutório do conduto do fígado - ponto terra, como indutório vai levar Qi para os condutos, sendo utilizado para desordens do “body island”, desordens do dia a dia. Segundo Xinnong este ponto promove o livre fluxo de Qi.

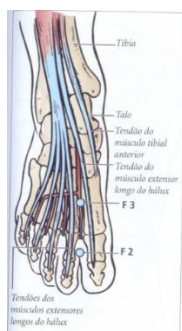


Figura 6 – Ponto de acupuntura H3

IC11 – Stagnum curvum (Quchi- IG 11)

Este ponto está localizado lateralmente à extremidade radial da prega de flexão do cotovelo quando o antebraço está flexionado em angulo reto, na depressão entre a extremidade da prega do cotovelo e do epicôndilo lateral na região do musculo extensor radial longo do carpo. É um ponto conjuntório da orbe intestino grosso alocado na fase Terra. Stagnum significa um lago e algo que se inventa artificialmente, uma microbarragem, curvum aponta para o local pois encontra-se perto da curva do cotovelo. A palavra lagoa enfatiza os aspetos de fortalecimento e arrefecimento yin do ponto, este ponto tem um efeito de arrefecimento na superfície(extima). Este ponto é um ponto conjuntório – ponto terra assim como o S36, que conjuga o Qi do conduto com o yin da respetiva orb, usado para desordens do yin (Greten 2016). Segundo Xinnong este ponto tem um efeito anti inflamatório.

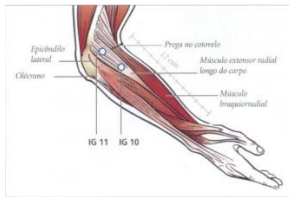


Figura 7 – Ponto de acupuntura IC11

PC 5 – Foramen Intermedium (Jianshi-Pc5)

Este ponto localiza-se na face anterior do antebraço, na linha média, 3 cun proximal linha do punho. O nome pode ser interpretado como ponto entre os condutos que passam energia, este conecta os 3 condutos yin no braço. Este é um ponto transitório do conduto pericárdico e pertence fase metal, tem um importante efeito de harmonização. Leva o yang e o Qi para baixo, neste ponto excesso de energia yang são conduzidas para outros condutos internos do braço (pulmonar e cardíaco). PC5 é um ponto transitório, ponto “bomba” que estimula o fluxo de Qi novamente, usado para desordens dos condutos causados por agentes de qualquer tipo.



Figura 8 – Ponto de acupuntura PC5

Para a acupuntura falsa foram escolhidos pontos próximos aos referidos anteriormente, mas sem evidencia terapêutica, que não correspondem a nenhum conduto, meridiano ou trigger point.

Ponto falso para S36 – o ponto localizado 5 cun abaixo vesical 57 e para o H3 – o ponto localizado 6 cun abaixo V57.

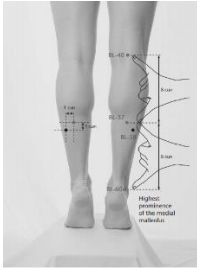


Figura 9 – ponto falso para o ponto S36 e para o H3

Ponto falso para o Ic11 - 1,5 cun abaixo do olecrânio.

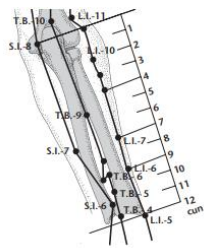


Figura 10 – ponto falso para o ponto Ic11

Ponto falso para Pc5 2 cun acima e um cun radial a Pc4.

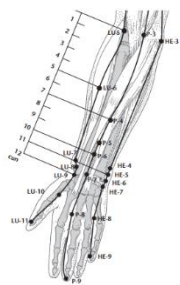


Figura 11 – ponto falso para o ponto PC5

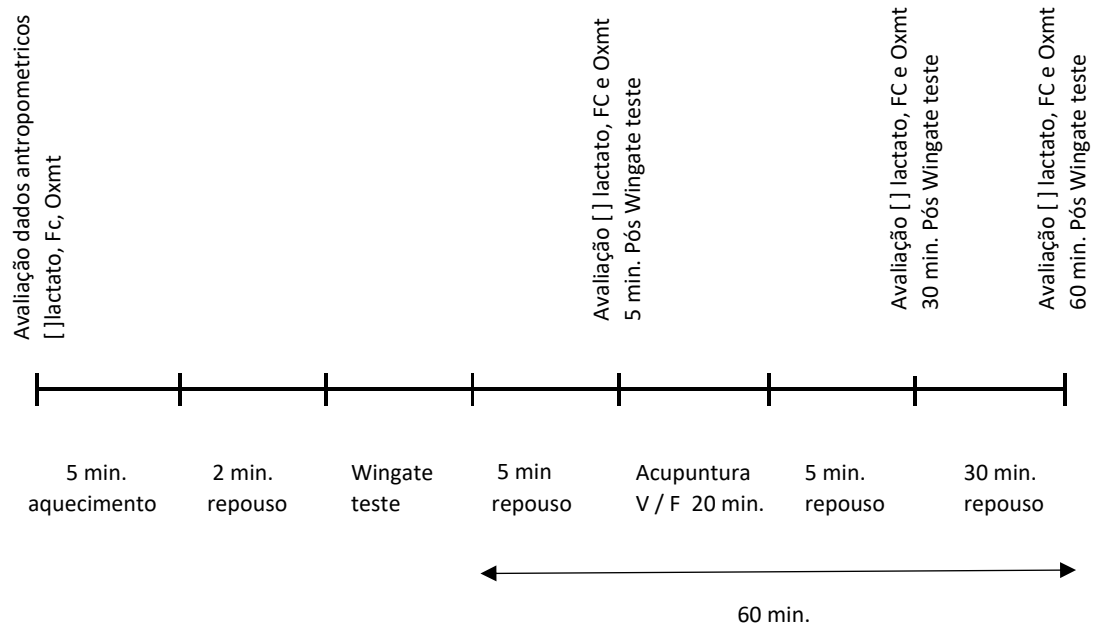


Figura 12: Fluxograma do estudo de caso.

Capítulo III – Apresentação de resultados

4. Resultados

A nossa amostra foi constituída por 4 estudos de caso, na tabela abaixo são apresentados os dados antropométricos da amostra, sendo esta constituída por 4 homens com idade compreendidas entre 28 e 37 anos.

	idade	Peso	Altura	IMC
Participante 1	28	72	1,91	19,7
Participante 2	35	115	178	36,3
Participante 3	37	96	1,77	30,7
Participante 4	35	82	1,80	25,3

Tabela 2 – registo dos dados antropométricos da amostra

Para comparação dos resultados do lactato, da frequência cardíaca e da oximetria foram medidos os valores antes do teste e 5, 30 e 60 minutos após o teste.

Foram avaliadas a concentração de lactato em 2 períodos distintos, separados por uma semana em que foi aplicado acupuntura falsa e verdadeira de forma randomizada.

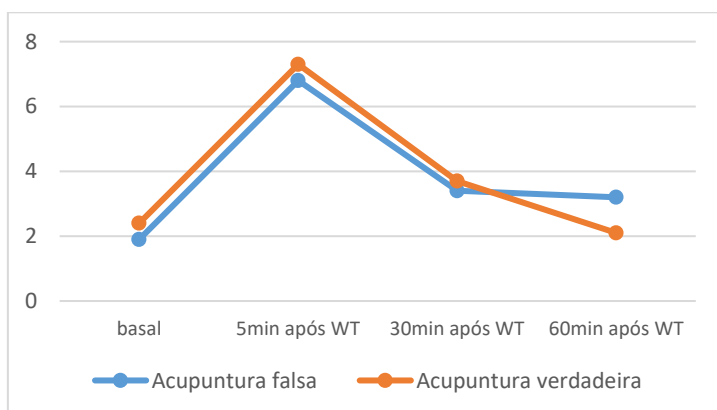


Gráfico 1 – Valores do lactato participante 1

Podemos pela análise do gráfico inferir que temos melhores resultados com a aplicação da acupuntura verdadeira, pois os valores lactato estão ligeiramente superiores até aos 30 minutos após teste e depois aos 60 minutos passam a ser inferiores.

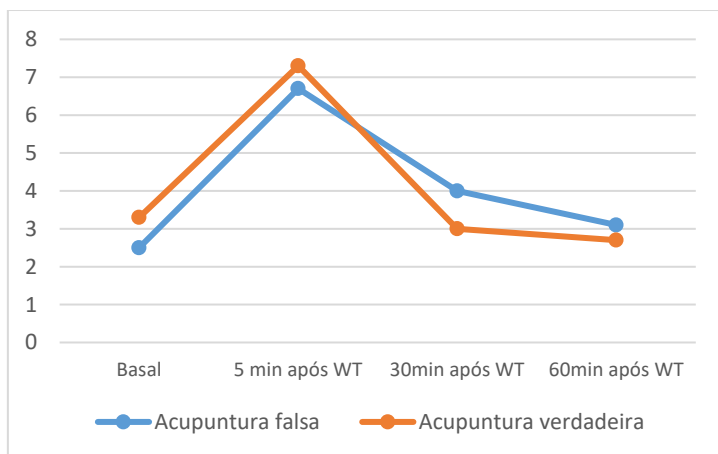


Gráfico 2 – valores do lactato do participante 2

Pela análise gráfica observamos uma diminuição dos valores mais acentuada quando aplicada a acupuntura verdadeira, ficando mesmo concentração de lactato abaixo dos valores basais.

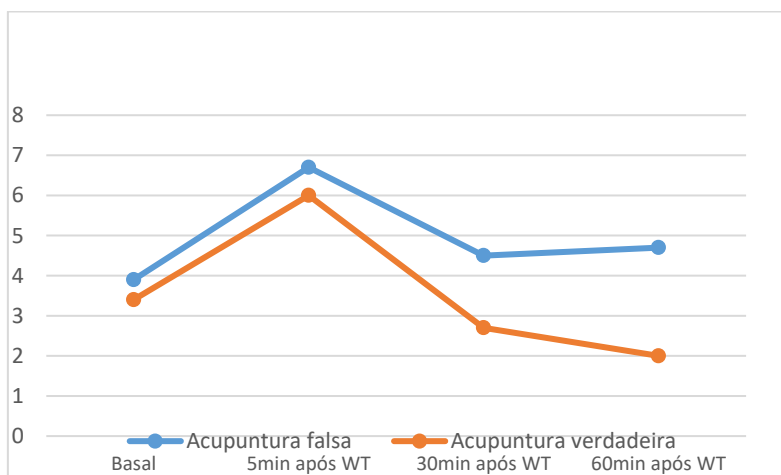


Gráfico 3 – valores de lactato do participante 3

Analisando o gráfico do terceiro participante inferimos também uma diminuição mais acentuada quando aplicada a acupuntura verdadeira, verificando tal como no participante anterior uma diminuição das concentrações de lactato para valores inferiores aos basais.

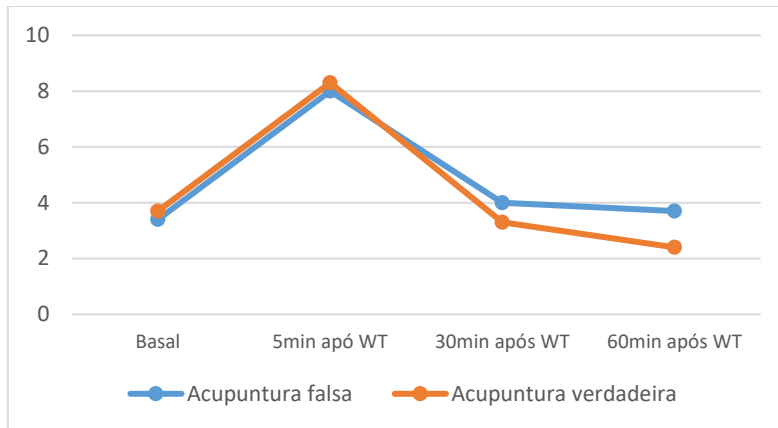


Gráfico 4 – valores de lactato do participante 4

Observamos neste gráfico uma tendência idêntica aos dois participantes anteriores, sendo uma diminuição dos valores de lactato maior quando aplicada a acupuntura verdadeira, ficando as concentrações lactato abaixo dos valores basais no final do teste.

A frequência cardíaca foi avaliada em 2 períodos distintos, separados por uma semana em que foi aplicado acupuntura falsa e verdadeira de forma randomizada.

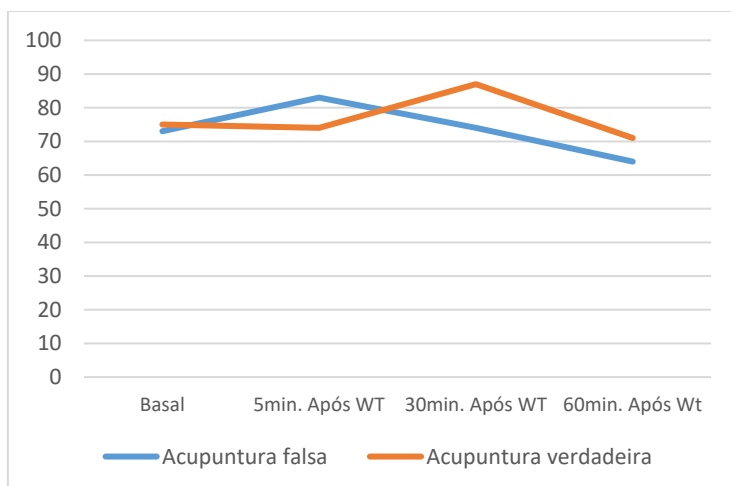


Gráfico 5 – valores da frequência cardíaca do participante 1

Pela análise gráfica constatamos que quando aplicado a acupuntura falsa a FC subiu quando fez o teste e depois baixou normalmente, já quando aplicado acupuntura verdadeira obtivemos um valor normal de FC depois teste WT e elevado no final tratamento (30min), baixando depois para níveis basais.

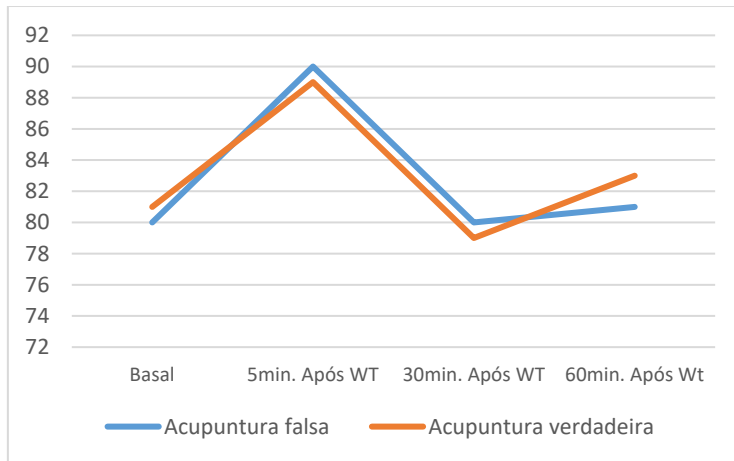


Gráfico 6- valores da frequência cardíaca do participante 2

A FC neste participante teve um comportamento idêntico, variando entre o período de 30 a 60 min após WT, quando aplicado a acupuntura verdadeira onde se nota uma subida ligeira dos valores.

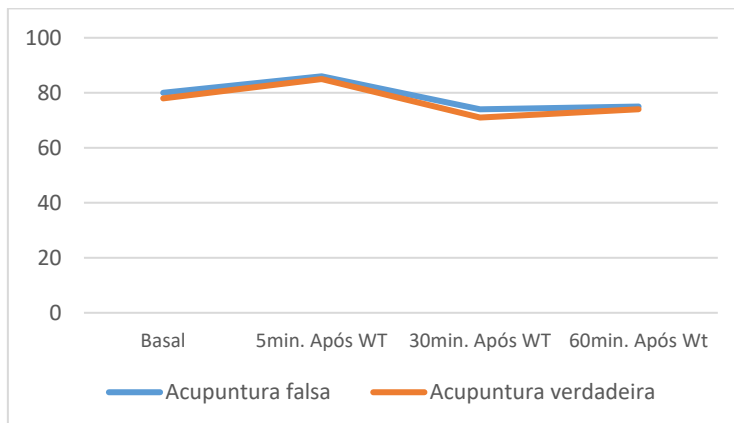


Gráfico 7 – Valores da frequência cardíaca do participante 3

Os valores de FC seguiram a mesma tendência, notando-se uma ligeira diminuição quando aplicada a acupuntura verdadeira, 30 min após WT.

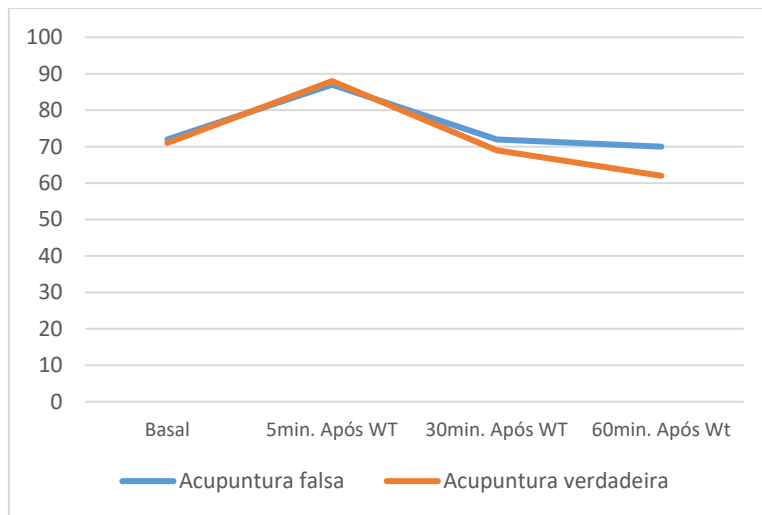


Gráfico 8 – valores da frequência cardíaca do participante 4

Neste participante tal como no anterior, a FC seguiu a mesma tendência, registrando diferenças 30 min após WT quando aplicado a acupuntura verdadeira, onde se regista uma diminuição da FC.

A oximetria foi avaliada em 2 períodos distintos, separados por uma semana em que foi aplicado acupuntura falsa e verdadeira de forma randomizada.

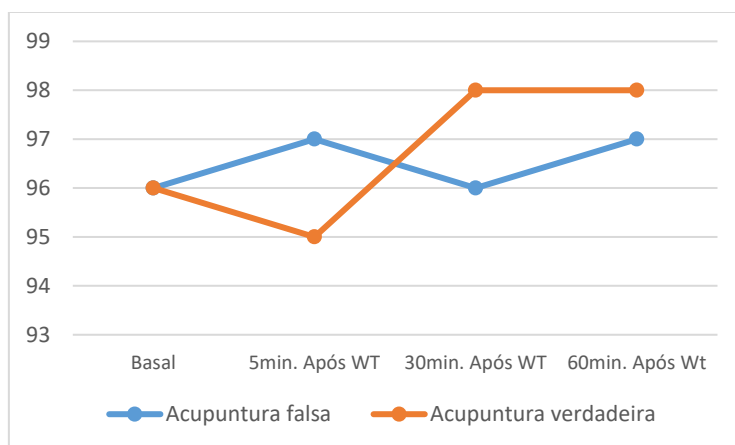


Gráfico 9 – valores de oximetria do participante 1

A oximetria registou uma diminuição quando aplicada a sessão de acupuntura falsa, registrando depois um aumento, já quando se aplicou a acupuntura verdadeira registamos um aumento da oximetria que se manteve estável até final.

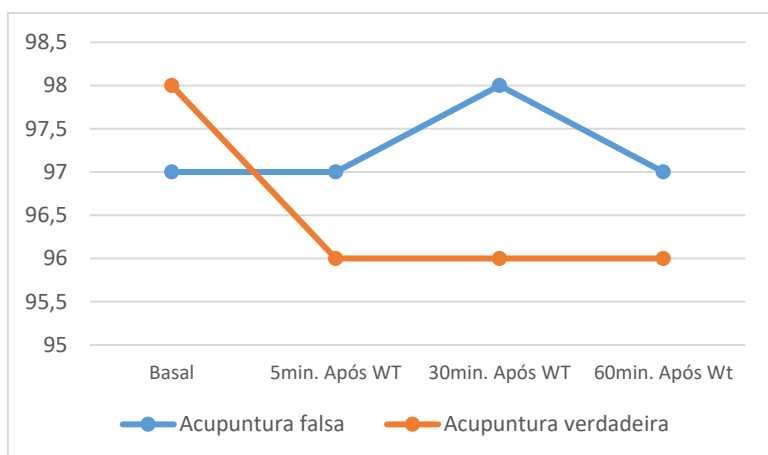


Gráfico 10 – valores de oximetria do participante 2

O valor de Oximetria baixou quando se fez o WT e manteve sempre baixo, mesmo quando aplicado a acupuntura verdadeira. Quando aplicamos a acupuntura falsa registamos um ligeiro aumento, baixado depois para níveis basais.

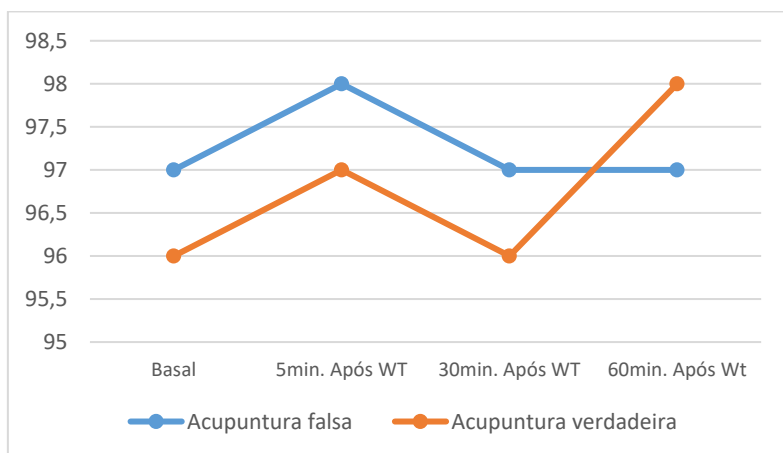


Gráfico 11- valores de oximetria do participante 3

Este participante aumentou a oximetria quando fez o WT e baixou quando aplicadas as duas técnicas, mantendo depois os níveis basais na acupuntura falsa e aumentando a oximetria 60min após realização WT quando aplicada a acupuntura verdadeira.

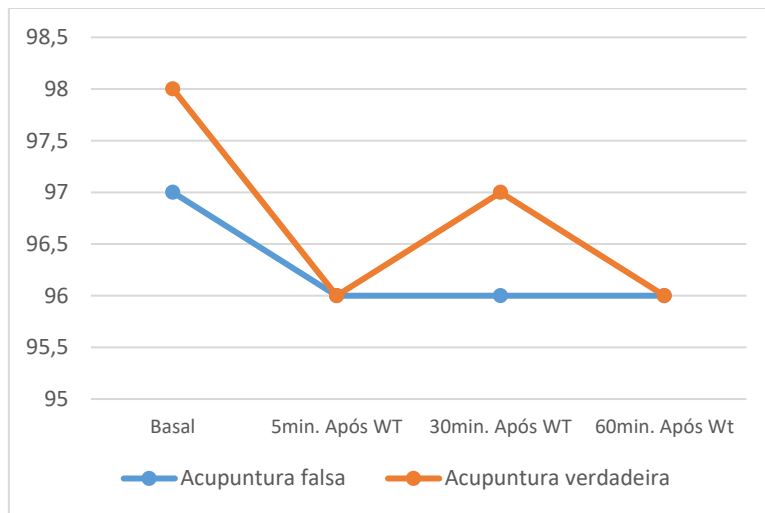


Gráfico 12- valores de oximetria do participante 4

A oximetria registou uma diminuição após realização WT nas duas técnicas, notando-se depois um aumento quando se aplica a acupuntura verdadeira, aumento este que não perdura no tempo.

5. Discussão

Este estudo verificou se com apenas uma sessão de tratamento com acupuntura aplicada no final do exercício surtia efeito na remoção do lactato e melhorias na Frequência cardíaca e oximetria.

Neste estudo sujeitamos os indivíduos a dois momentos de avaliação, um momento em que aplicamos acupuntura verdadeira e outro momento em que aplicamos a acupuntura falsa, os indivíduos não foram sujeitos a um momento em que não era aplicada qualquer técnica, controlo, para não haver interferência de qualquer efeito psíquico, pois como o participante era testado com todas as técnicas iria notar que não foi punterado e poderia gerar assim efeitos psíquicos. Por outro lado, prendeu-se pelo facto de estarmos a atravessar uma crise pandémica e isso implicaria mais um dia de testes e avaliações, não sendo fácil para recrutar os participantes.

A análise gráfica relativa à frequência cardíaca segue um padrão normal apenas no participante 4 quando aplicada quer a acupuntura falsa (AF) quer a acupuntura verdadeira (AV) em que se nota um aumento da FC quando faz o WT e depois uma diminuição da mesma, onde se nota uma melhoria ligeira quando aplicado a AV. Nos participantes 2 e 3 a FC segue um padrão normal até aos 30 min após WT, mas depois verifica-se um aumento que não seria expectável, apesar de este ligeiro e por ultimo no participante 1 nota-se uma evolução normal quando aplicada a AF e uma variação anormal na FC da AV pois verifica-se um aumento quando aplicada a sessão de tratamento, que poderá ser resultado da introdução das agulhas, pois este participante iniciou o estudo com a AV e foi a primeira vez que realizou tratamento de acupuntura, podendo ser neste participante e nos dois anteriores a alteração da FC dever-se a uma alteração na atividade nervosa parassimpática e simpática cardíaca (Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L., 2015).

A análise gráfica dos valores de oximetria podemos verificar que o comportamento desta variável oscilou de forma inconstante. No que se refere a AV no participante 1 a oximetria diminui quando faz o teste e depois aumenta quando aplicada a acupuntura e mantém os valores estáveis até aos 60 minutos após WT, o que está dentro do esperado, no participante 2, a oximetria baixa após o teste e permanece nesses valores até ao final, o que indica que a técnica não surtiu efeito, no participante 3 os valores de oximetria aumentam quando faz o WT, baixam quando aplica AV e depois volta a subir no final, o que foge do padrão normal, por fim no participante 4 esta diminui quando realizado o WT, aumenta quando se aplica AV apesar dos valores não se manterem no tempo. Já na AF os valores aumentam final do WT e depois baixam após a aplicação

da técnica para o participante 1 e 3 o que se afasta do padrão normal, o participante 2 não altera os valores com o WT, alterando depois com aplicação da técnica em que aumenta mas depois diminui de seguida nos 60 minutos após o teste, e o participante 4 diminui os valores após WT e depois os valores permanecem inalterados. Segundo a bibliografia apenas o participante 1 está dentro dos padrões normais quando se aplica a AV, neste caso podemos inferir que os valores de oximetria diminuíram quando realizou o WT pois teve mais dificuldade para captar oxigénio e depois quando aplicou a técnica os valores oxigenação aumentaram e mantiveram-se até aos 60 minutos após WT. Este comportamento não permite verificar um efeito específico da intervenção da acupuntura na oximetria pois os valores apresentam valores dispares e afastam-se na maioria dos padrões normais de ventilação.

Os efeitos fisiológicos pelos quais a acupuntura induz efeitos cardiovasculares continuam em estudo, mas a literatura sugere que a acupuntura pode levar à libertação de opióides endógenos (Anderson S. 1995), as B. endorfinas, em particular tem uma alta afinidade com o μ -receptor que parece ser um mecanismo chave para a modulação da pressão arterial (Basbaum AI, Fields HL, 1984). A regulação do sistema nervoso parassimpático também está implicada, podendo desencadear um reflexo somatoautonómico que pode induzir vasodilatação (Kaada B 1982). Estas evidências permitem constatar que a acupuntura pode tratar efetivamente condições cardiovasculares específicas e a relevância dos mecanismos que mediam este efeito (vasodilatação) levam à especulação que a acupuntura pode melhorar o desempenho no exercício e a recuperação pós exercício.

Este facto de os valores serem inconclusivos pode dever-se também ao método de recolha da variável, pois foi realizado com um oxímetro portátil, sendo a sua validade e especificidade desconhecidas.

O nosso principal objetivo deste estudo prende-se pela capacidade de remoção do lactato do organismo após o exercício, pela aplicação da técnica de acupuntura. Podemos observar nos resultados que todos os participantes aumentaram os valores de lactato após o WT e depois assistimos a uma inversão da tendência, notando-se uma diminuição nos seus valores em todos os participantes, quer quando aplicada a AF quer a AV, mas quando aplicada a AV notamos uma melhoria na remoção do lactato.

Nos 4 participantes observamos valores basais de lactato próximos nos dois momentos (AF e AV), verificando-se também um aumento idêntico dos valores de lactato nas duas técnicas após o exercício, depois da aplicação das técnicas podemos observar uma diminuição dos valores lactato nos dois momentos, sendo mais acentuado quando se

aplica a AV. Podemos pela análise gráfica verificar que os valores de lactato descem a valores inferiores aos basais quando aplicada a AV, sendo mais significativo no participante 3. É de referir que no mesmo participante os valores de lactato aumentam ligeiramente 60 minutos após o exercício quando aplicada a AF.

Esta remoção mais rápida do lactato quando aplicada a técnica de acupuntura verdadeira é compatível com uma maior capacidade de recuperação da fadiga após um esforço máximo, notando-se uma maior e mais eficiente “clearance” do lactato, o que permite uma maior capacidade de recuperação (Kenney et al, 2012; PlowmanS, Smith D, 2011; Birch K et. Al., 2005)

Temos autores a referir que a rápida recuperação da fadiga pode ser explicada como um aumento da microcirculação (Kingwell B. 2000).

Um estudo conduzido por Tsuchiya et al. Concluíram que a estimulação dos pontos PC6 e S36 liberta óxido nítrico, que resulta num aumento do fluxo sanguíneo, é conhecido que o óxido nítrico tem funções como função regulatória dos vasos sanguíneos e fluxo sanguíneo.

Pela revisão da literatura encontramos estudos em que os resultados vão ao encontro dos nossos, Lin et al. Recrutou e randomizou 30 jogadores profissionais de basquetebol em três grupos, controlo, acupuntura placebo e acupuntura real, aplicando a acupuntura real e placebo 15 minutos antes do exercício máximo, usando os pontos S36 e PC6 para acupuntura e concluíram que a acupuntura reduziu significativamente a FC, VO₂ 30 minutos após o teste e o lactato nos 30 e 60 minutos após o teste em comparação ao grupo controlo e acupuntura placebo. Temos ainda o estudo de Tandya L. et al que recrutou 36 jogadores de basquetebol profissionais divididos em grupo controlo e grupo acupuntura real usando os pontos PC6 e S36 e concluíram que os valores de lactato depois do exercício são significativamente melhores no grupo da acupuntura do que no grupo controlo. Ma, H et al estudou 14 adultos jovens distribuídos em grupo controlo e acupuntura com o intuito de estudar os efeitos da intervenção da acupuntura na fadiga induzida por exercício físico exaustivo, usaram os pontos S36, V23, V40 e VC4 e concluíram que a acupuntura poderia servir como uma abordagem alternativa para o alívio da fadiga.

Encontramos também estudos que vão contra os nossos resultados. Urroz et al. recrutou 60 adultos e investigaram os efeitos da acupuntura na recuperação ao exercício determinando se a instrução (informar os pacientes que estavam a receber acupuntura real ou placebo) afeta os resultados em cinco grupos, um com acupuntura real, um com acupuntura placebo, outro com acupuntura real com instrução, acupuntura placebo com

instrução e grupo controlo, aplicando a acupuntura após o exercício máximo, usando os pontos PC6, S36, P7 e VC17 para acupuntura real e a placebo foram colocadas 1 a 2 cm dos ponto anteriores. Estes autores concluíram que a acupuntura ou acupuntura com instrução não tem evidencia na recuperação ao exercício máximo. No entanto existem algumas diferenças que podem justificar esses resultados. Foi a aplicada a acupuntura no final do exercício nos dois estudos, para tentar isolar os efeitos da acupuntura apenas na recuperação os indivíduos, os participantes eram adultos não atletas nos dois estudos mas com algumas diferenças pois no nosso estudo a média de idades era mais alta 33,75 anos para 21,1 anos no estudo de Urroz et. al, assim como a média de peso, 91,25 kg para 75,2 kg, ainda um fator importante é que nós incluímos somente indivíduos do género masculino, enquanto Urroz et al incluiu participantes dos dois géneros. Os pontos usados foram também diferentes, usando em comum somente o ponto S36, com base na literatura fomos buscar outros pontos com grande implicação no sistema cardiovascular, e estes podem também influenciar a resposta do estudo. Não podemos esquecer que usamos apenas 4 participantes contra uma amostra com um n de 60 indivíduos, o que pode fazer variar os resultados pois temos um n muito inferior.

Temos ainda o estudo de Dhillon, S. que recrutou 20 homens adultos, distribuídos por grupo controlo, placebo acupuntura e acupuntura real onde investigou o efeito agudo da acupuntura na performance de 20km de ciclismo usando os pontos S36, F34, H3 IC11 e VG 20 e concluiu que os valores de lactato eram mais elevados no grupo acupuntura real que no grupo controlo.

Limitações do estudo

A principal limitação deste estudo prende-se pela amostra muito reduzida, pelo que temos de ter alguma precaução na sua observação, sendo necessário incluir uma amostragem maior para se obter resultados mais fidedignos e passíveis de uma análise estatística detalhada. Outro fator limitativo prende-se pelo fato de ser incluído somente grupo acupuntura placebo e acupuntura real, sendo necessária a inclusão do grupo controlo pois segundo a literatura (Lewik K; Ghia JN, et al.) qualquer penetração na pele em qualquer parte que não pontos de acupuntura podem induzir respostas fisiológicas.

Uma outra limitação é o tempo de aplicação após a realização dos testes, pois perdemos cerca de 5 a 10 minutos para introduzir as agulhas de acupuntura, e neste período já uma grande parte da recuperação tinha ocorrido.

Futuramente pode ser realizado um estudo idêntico com atletas e com uma maior amostragem em que inclua o grupo controlo além dos grupos incluídos neste estudo,

pode-se estudar a variabilidade da FC e oximetria durante todo o estudo (quando faz o teste e depois quando faz aplicação ou não das técnicas de acupuntura), tentando chegar assim a resultados mais conclusivos nesta vertente. Podemos também acrescentar novas variáveis ao estudo como avaliar a dor e o consumo de VO₂ máximo.

6. Conclusão

Neste estudo, apesar do baixo tamanho da amostra podemos verificar que quando aplicada a técnica de acupuntura real verificamos uma diminuição dos valores de lactato nos 30 e 60 minutos após a realização do Wingate teste.

No que respeita à frequência cardíaca e à oximetria não podemos retirar conclusões relativas à influência da acupuntura na recuperação do exercício pois estas apresentam resultados inconstantes.

Podemos afirmar que a acupuntura é um método eficaz para aumentar a capacidade de recuperação aquando se realiza um exercício físico intenso.

Bibliografia :

Bar-Or, O. (1987) The Wingate Anaerobic Test. An Update on Methodology, Realibility and Validity. *Sports Medicine*, 4, 381-394.

Beneke, R., Pollmann, C., Bleif, I., Leithauser, R. M., Hutle, M. (2002) How Anaerobic Is the Wingate Anaerobic Test for Humans? *European Journal of Applied Physiology*, 87, 388-392.

Boaventura J.M., Sharp K., Knight E., Fuller K.L., Tanner R.K. and Gore C.J. (2015) Reliability and Accurancy of Six Hand-Held Blood Lactate Analysers. *Journal of Sports and Science and Medicine*, 14, 203-214.

Cabioglu, M. T., Cetin, B. E. (2008) Acupunture and immunomodulation. *American Journal of Chinese Medicine*, 36, 25-36.

Clarkson, P., Hubal, J. (2002) Exercise-induced damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81, S52-S69.

Dhillon, S. (2008) The effect of acupuncture on 20-km Cycling performance. *Clin J. Sports Med*, 18, N°1.

Donne, B., Monedero, J., (2000) Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int. J. Sports Med*, 21, 593-597.

Dotan, R. (2006) The Wingate Anaerobic Test`s Past and Future Compatibility of Mechanically versus Electro-Magnetically Braked Cycle-Ergometers. *European Journal of Applied Physiology*, 98, 113-116.

Gladden, L. B., (2000) Muscle as a consumer of lactate. Department of health e Human Performance, Auburn University.

Greten, H. J. (2016) Understanding TCM – The fundamental of Chinese Medicine Parte I. Heidelberg: Heidelberg School Editions.

Greten, H. J. (2016) Understanding TCM – The fundamental of Chinese Medicine Parte II. Heidelberg: Heidelberg School Editions.

Hall, M., Rajasekaran, S., Thomsen, T. W., Peterson, A. R, (2016) Lactate: friend or Foe. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, 8, 8-15.

Harriss, D.J., MacSween, A. and Atkinson, G. (2019) Ethical standards in sport and exercise research: 2020 update. *International Journal of Sports Medicine*.

Inbar, O., Bar-Or, O., Skinner, J. S. (1996) The Wingate Anaerobic Test. Champaign, Human Kinetics.

Kenney L. W., Wilmore J. H., and Costil D. L. (2015) Physiology of Sport and Exercise. Champaign, Human Kinetics

Karvelas, B.R., Hoffman, D. M., Zeni, A.I. (1996) acute effect of acupuncture on physiological responses to cycle ergometry. Arch. Phys Med. Rehabi, 77.

Lin, Z.P., Lan, L.W., He, T.Y., Lin, S.P., Lin, J.G., Jang, T.R., HO, T.J., (2009) Effects of acupuncture stimulation on recovery ability of male elite basketball athletes. The American journal of Chinese Medicine, 37, 471-481.

Lin, J. G., Chen, W. L. (2008) Acupuncture analgesia: a review of its mechanisms of actions. The American Journal of Chinese Medicine, 36, 635-645.

Lin, J. G., Chen, W. L. (2009) Review: Acupuncture analgesia in clinical trials. The American Journal of Chinese Medicine, 37, 1-18.

Li, D.S., Yan, Z., Long C. D., (2009) Research progress in sports fatigue prevented and treated by acupuncture. Journal Acupuncture Tuina, 7, 123-128.

Ma, H., Liu, X., Wu, Y., Zhang, N., (2015) the intervention effects of acupuncture on fatigue induced by exhaustive physical exercises: a metabolomics investigation. Hindawi publishinh corporation.

Mcardle, W.,Katch, F., Katch, V., (2003) Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano. 5a edição Rio de Janeiro: Ganabara Koogan.

Perrey, S., Ferrari, M. (2018) Muscle Oximetry in Sports Science: A Systematic Review. Springer International Publishing.

Reiser, R. F., Maines, J. M., Eisenmann, J.C., Wilkinson, J.G.(2002) Standig and seated Wingate Protocols in Human Cycling. A Comparision of Standard Parameters. European Journal of Applied Physiology, 88, 152-157.

Robergs, R.A., Ghiasvand F, Parker D. (2004) Biochemistry of exercise induced metabolic acidosis. American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and comparative physiology, 287, 502-516.

Tandya, L., Mihardja, H., Srilestari, A., Kurniarobbi, J., Kurniawan, A. (2018) Effect of acupuncture on decreasing blood lactate levels after exercise in elite basketball athletes. Department of medical acupuncture Jakarta Indonesia.

Urroz, P., Colagiuri, B., Smitha, C. A., Cheema, B. S. (2013) Effect of acute acupuncture treatment on exercise performance and postexercise recovery: a systematic review, 19, 9-16.

Weltman, A., Weltman, J., Kanaley J., et al.(1998) Repeated bouts of exercise alter the blood lactate-RPE relation. Med Sci Sports Exercise, 98, 1113-1117

Anexo I – Declaração de consentimento informado.

Declaração de consentimento informado conforme a lei 67/98 de 26 de Outubro e a “Declaração de Helsinquia” da Associação Médica Mundial (Helsinquia 1964; Tóquio 1975; Veneza 1983; Hong Kong 1989; Somerset West 1996; Edimburgo 2000; Washington 2002; Tóquio 2004; Seul 2008, Fortaleza 2013)

Designação do Estudo: EFEITO IMEDIATO DA ACUPUNTURA NA REMOÇÃO DO LACTATO APÓS O EXERCÍCIO.

Eu,

_____, fui informado de que o estudo acima mencionado se destina a avaliar os efeitos da acupuntura na remoção do lactato após o exercício.

Sei que neste estudo está prevista a realização de testes da concentração de lactato onde serei picado na ponta dos dedos para recolher uma gota de sangue, serei sujeito a duas provas de esforço com um intervalo de uma semana e ser-me-á aplicada uma técnica específica de acupuntura em cada sessão onde serão aplicadas quatro

agulhas de acupuntura, tendo me sido explicado em que consistem os testes e técnicas e quais os seus possíveis efeitos. Foi-me garantido que todos os dados relativos à identificação dos participantes neste estudo são confidenciais e que será mantido o anonimato.

Sei que posso recusar-me a participar ou interromper a qualquer momento a participação no estudo, sem nenhum tipo de penalização por este facto.

Compreendi a informação que me foi dada, tive oportunidade de fazer perguntas e as minhas dúvidas foram esclarecidas.

Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado ou autorizo de livre vontade participação daquele que legalmente represento no estudo acima mencionado.

Aceito que me seja recolhida uma gota de sangue para a análise das concentrações de lactato no sangue, assim como a aplicação da técnica de acupuntura e dos testes de esforço para a boa realização do estudo.

Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato.

Nome do investigador: e contacto: Rui Pedro Barbosa Carpinteiro – tlm 914917337

Data

Assinatura

___/___/___
