



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



VINICIUS PINTO DE OLIVEIRA

**Resfriamento palmar: regulação da temperatura corporal e desempenho
em exercício físico.**

Limeira
2014



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS APLICADAS



VINICIUS PINTO DE OLIVEIRA

Resfriamento palmar: regulação da temperatura corporal e desempenho em exercício físico.

Trabalho de conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Ciências do Esporte à Faculdade de Ciências Aplicadas da Universidade Estadual de Campinas

Orientador: Professor Dr. Eduardo Rochete Ropelle
Co-orientadora: Professora Dra. Taisa Belli

Limeira
2014

OI41r	<p>Oliveira, Vinicius Pinto de</p> <p>Resfriamento palmar: regulação da temperatura corporal e desempenho em exercício físico / Vinicius Pinto de Oliveira. - Limeira, SP: [s.n.], 2014. 33 f.</p> <p>Orientador: Eduardo Rochete Ropelle. Co-orientadora: Taisa Belli. Monografia (Graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Ciências Aplicadas</p> <p>1. Exercícios aeróbios. 2. Exercícios físicos. 3. Fadiga. I. Ropelle, Eduardo Rochete. II. Belli, Taisa. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Aplicadas. IV. Título.</p>
-------	--

Título em inglês: Palm cooling: body temperature regulation and exercise performance.

Keywords: - Aerobic exercises;

- Exercises;
- Fatigue.

Titulação: Bacharel em Ciências do Esporte.

Banca Examinadora: Prof. Dr. Taisa Belli.
Profa. Dra. Fulvia de Barros Manchado Gobatto.
Prof. Dr. Carlos Katashima.

Data da defesa: 25/06/2014.

Autor: Vinicius Pinto de Oliveira

Título: Resfriamento palmar: regulação da temperatura corporal e desempenho em exercício físico.

Natureza: Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências do Esporte

Instituição: Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas.

Aprovado em: ___/___/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Taisa Belli – Presidente
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Prof. Dra. Fúlvia de Barros Manchado Gobatto (Avaliadora)
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Prof. Ms Carlos Katashima (Avaliador)
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

Esse exemplar corresponde à versão final da monografia aprovada

Prof. Dr. Eduardo Rochete Ropelle (Orientador)
Faculdade de Ciências Aplicadas (FCA/UNICAMP)

OLIVEIRA, Vinicius Pinto. Título: Resfriamento palmar: regulação da temperatura corporal e desempenho em exercício físico. Ano 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências do Esporte) – Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2014.

RESUMO

Aspectos que podem contribuir no aumento do desempenho durante treinos e/ou em competições tem sido alvo de muitos pesquisadores. Nesse sentido, o desenvolvimento de métodos que aumentem o desempenho se torna relevante. O corpo humano se utiliza do ATP como fonte de energia durante o exercício, no entanto, parte da energia é convertida em calor e este pode elevar demasiadamente a temperatura interna. A temperatura ideal de funcionamento do corpo humano está entre 36°C e 37°C e quando nosso corpo excede esta temperatura central ideal, atingindo níveis hipertérmicos (>40°C), muitos problemas podem ocorrer, como ansiedade, confusão mental, perda de coordenação, disfunção de vários órgãos como rins, fígado, cérebro, pulmões, intestinos e pâncreas. Tendo isso em vista, os humanos mesmo evoluindo para corpos com significativamente menos pelos quando comparados aos animais, possuem mecanismos para regulação da temperatura para situações de frio e calor, dando destaque para as estruturas das anastomoses arteriovenosas (AVA's) com foco no método de resfriamento palmar abordada neste trabalho. Dessa forma, o objetivo do presente estudo é observar se o método de resfriamento palmar é eficiente tanto para o aumento do desempenho durante o exercício físico como também para prevenção de doenças relacionadas a altas temperaturas. Dispositivos a base de água, gel, álcool, gelo entre outras substâncias foram desenvolvidos e testados nos diferentes tipos de ambientes e modalidades; alguns chegaram a resultados positivos, outros não obtiveram diferenças significativas em termos de performance. As aplicações do resfriamento palmar ocorreram em situações de exercícios aeróbios, resistidos e em situações nas quais indivíduos podem sofrer com altas temperaturas. Em muitos estudos, se atribui o aumento do desempenho por conta dos ajustes cardiovasculares consequentes da diminuição da temperatura central do corpo em resposta ao resfriamento feito pela palma das mãos, em outros foi vista uma forte e decisiva participação do sistema nervoso central visto que o evento que determina o término do exercício físico é a fadiga e esta pode se apresentar em diversas situações independente da ação de temperatura ou exercício físico. O método que foi foco da revisão, resfriamento palmar (palm cooling), se mostrou eficiente durante o exercício de curta duração e também durante exercícios de longa duração. Estas observações mostram a versatilidade e eficiência da aplicação desta técnica, pois além de aumentar o desempenho em exercícios aeróbios, anaeróbios e resistidos, também pode ser utilizada em situações de trabalho como no corpo de bombeiros e em treinamentos militares. Portanto, é possível concluir que a aplicação do resfriamento palmar traz benefícios para o desempenho esportivo nas suas diferentes modalidades, podendo ser explorada em busca de melhores resultados em treinamentos e períodos preparatórios para competições.

Palavras-chave: Exercícios aeróbios. Exercícios físicos. Fadiga.

OLIVEIRA, Vinicius Pinto. Título: Resfriamento palmar: regulação da temperatura corporal e desempenho em exercício físico. Ano 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências do Esporte) – Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2014.

ABSTRACT

Aspects that can contribute to increase performance in training and in competitions have been target of many researchers. In that way the development of methods to enhance performance becomes relevant. The human body uses ATP as source of energy during exercise, however part of this energy is converted as heat that can lead to a rise in core temperature. The ideal human body temperature is at a narrow range, between 36°C to 37°C, when our body exceeds this ideal temperature and reaches hyperthermic levels (>40°C) a lot of problems can happen as anxiety, mental confusion, loss of coordination, several organ failures such as liver, brain, lungs, intestines and the pancreas. Knowing this, as humans evolved to a significantly less hairy body compared to animals we still have mechanisms to regulate temperature in cold and heat situations, highlighting to the structures of the arteriovenous anastomoses (AVA's) and the focus methodology of this review. The objective of the present review is to point if the palm cooling methodology is efficient to increase exercise performance and to prevent heat related illnesses. Water, gel, alcohol and ice devices among others have been developed and tested in different environments and exercise modalities, some came to positive results while others doesn't came to significant differences in terms of performance. The applications of palm cooling occurred in situations of aerobic, anaerobic and resistance exercise and in situations of heat related work types. In many studies the attribution of the increase in performance has been to the cardiovascular adjustments consequence of the lower core temperature in response to the palm cooling while in others was noticed a strong central nervous system role since the event that causes the end of the exercise is fatigue that could present in different situations independent of temperature or exercise. The methodology of this review, palm cooling has presented itself efficient during short and long exercise duration. This observation shows the versatility and efficiency of its application further on increasing aerobic, anaerobic and resistance exercise performance it also can be used in work situations as firefighting and military training. Therefore is possible to conclude that palm cooling brings benefits to exercise performance in its different modalities and can be explored to pursuit better results in exercise training and pre competitions periods.

Keywords: Aerobic exercises. Exercises. Fatigue.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	OBJETIVO	9
3.	REGULAÇÃO CARDIOVASCULAR DA TEMPERATURA.	10
3.1	Anastomoses Arteriovenosas	11
4	RESFRIAMENTO PALMAR	14
5	APLICAÇÃO DE RESFRIAMENTO PALMAR EM EXERCÍCIO CÍCLICO.....	17
6	APLICAÇÃO DE RESFRIAMENTO PALMAR EM EXERCÍCIO ACÍCLICO	20
7	OUTRAS APLICAÇÕES DO RESFRIAMENTO PALMAR	22
8	MECANISMOS ATRELADOS AO RESFRIAMENTO PALMAR	24
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
10	REFERENCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

Aspectos que podem contribuir no aumento do desempenho durante treinos e/ou em competições tem sido alvo de muitos pesquisadores. Nesse sentido o desenvolvimento de métodos que aumentem o desempenho se torna relevante. Para isso, deve-se primeiro estabelecer quais fatores limitam o desempenho durante a realização do exercício. Entre os inúmeros fatores que acometem a performance se destaca o aumento de temperatura central do organismo, fator que pode acarretar vários problemas que limitam o atleta levando-o a uma queda de desempenho (PERIARD; CAILLAUD; THOMPSON, 2011).

Uma justificativa para o aumento da temperatura corporal durante o exercício está no fato de a capacidade dos grandes músculos de gerar calor, excede a capacidade do corpo de elimina-lo (HELLER; GRAHN. 2012).

O corpo humano se utiliza do ATP como fonte de energia durante o exercício, no entanto parte da energia é convertida em calor e este pode elevar demasiadamente a temperatura interna (DANIËL, et al. 2007). Este processo é muito ineficiente e aproximadamente 75% da energia liberada durante a contração muscular se mostra como energia térmica (MARSH; SLEIVERT, 1999).

A temperatura ideal de funcionamento do corpo humano, entre 36°C e 37°C (GUYTON, 2006), a manutenção desta temperatura é extremamente importante para o bom e eficiente funcionamento do organismo.

Sabemos que o centro de controle regulador da temperatura no corpo humano esta presente no cérebro, mais especificamente no hipotálamo; a área pré-óptica-hipotalâmica contem muitos neurônios sensíveis ao calor e ao frio, estes neurônios funcionam como sensores de temperatura com objetivo de controlar e regular a temperatura corporal, tanto central como periférica (GUYTON, 2006). Em temperaturas abaixo deste valor ideal, o organismo sofre algumas consequências, como: calafrios, alterações fisiológicas em vários órgãos como coração, rins, sistema gastrointestinal, pulmões e cérebro. Efeitos neurológicos da

hipotermia incluem diminuição de 6% a 7% do fluxo sanguíneo para o cérebro a cada 1°C a menos na temperatura central do corpo (MIYAMOTO, 2003).

Quando nosso corpo excede esta temperatura central ideal e atinge níveis hipertérmicos (>40°C), muitos problemas podem ocorrer, como ansiedade, confusão mental, perda de coordenação, disfunção de vários órgãos como rins, fígado, cérebro, pulmões, intestinos e pâncreas (TARINI, 2006). O acúmulo excessivo de calor interno dilata os vasos periféricos que conduzem o sangue quente para a periferia mais fria (MCARDLE, 2011).

Tendo isso em vista, podemos observar as adaptações advindas da evolução em mamíferos, em especial aqueles com grandes porções do corpo cobertas por pêlo (macacos, ursos, coelhos, etc). A temperatura destes animais pode se manter elevada durante grande parte do dia, pois a condutividade de calor da superfície da maioria dos mamíferos é reduzida devido ao pêlo, o que é altamente positivo para temperaturas baixas (HELLER; GRAHN, 2012).

No entanto, em temperaturas elevadas, ou durante exercícios (caçar, correr, brincar) isto pode ser um problema. Por estas razões, as adaptações ocorridas com o decorrer evolucionário das espécies em questão, em especial nas partes do corpo sem cobertura de pêlos como nas mãos e pés de primatas, sola das patas (ursos), língua, orelhas (elefantes), rabo, algumas partes da face, como bico (tucano), são essenciais para a regulação da temperatura.

Um estudo sobre tucanos foi realizado para compreender melhor a razão para o tamanho desproporcional do bico em relação ao corpo. A princípio especulava-se que o bico era utilizado como atrativo sexual ou uma adaptação para alimentação (TATTERSAL; ANDRADE; ABE, 2009). Porém, foi observado que este é utilizado como superfície para troca de calor com o ambiente, modificando significativamente o fluxo sanguíneo do corpo do animal.

Da mesma forma que nos mamíferos, os humanos mesmo evoluindo para corpos com significativamente menos pelos, possuem mecanismos para regulação da temperatura para situações de frio e calor, como: piloereção,

termogênese através do tremor involuntário dos músculos esqueléticos, regulação cardiovascular da temperatura, suor, irradiação, condução, convecção, evaporação e regulação por estruturas vasculares subcutâneas.

Estas estruturas vasculares subcutâneas tem papel chave nos mecanismos e metodologias que serão abordadas e discutidas neste trabalho, dando destaque para as estruturas das anastomoses arteriovenosas (AVA's) e do resfriamento palmar.

Portanto, o entendimento dos mecanismos de como os seres humanos dissipam o calor, em especial durante a realização de exercícios físicos, podem contribuir não somente para a segurança dos praticantes, mas também para a melhora da performance.

2 OBJETIVO

O objetivo do presente estudo é, através da revisão bibliográfica e análise dos resultados dos artigos discutidos, observar se o método de resfriamento palmar é eficiente tanto para o aumento do desempenho durante o exercício físico como também para prevenção de doenças relacionadas a altas temperaturas, visto que casos de hipertermia são frequentes em modalidades de longa duração e em ambientes com predominância de clima quente.

3. REGULAÇÃO CARDIOVASCULAR DA TEMPERATURA.

Além dos mecanismos já citados anteriormente, quando o corpo sofre por baixas temperaturas a prioridade do organismo é manter os órgãos internos do centro do corpo (coração, pulmões, rins, fígado) e o cérebro na temperatura ideal para mantê-los funcionando, sendo assim ocorre vasoconstrição nas periferias do corpo (pés, mãos, orelhas, nariz) e o mecanismo de sudorese cessa, desta maneira o corpo tenta impedir a troca de calor com o ambiente.

Quando existe um gradiente de temperatura entre os músculos e os tecidos subcutâneos e a própria pele, o mecanismo vascular de transferência de calor entra em ação. Este transfere o sangue quente, proveniente do calor gerado pelo trabalho realizado nos músculos ou pela diferença de temperatura entre o ambiente e o centro do corpo, para a periferia do corpo que por ação da isoforma derivada do óxido nítrico, a nNOS, responsável pelo relaxamento do músculo liso e sua consequente vasodilatação via nervos periféricos faz com que os capilares dos tecidos subcutâneos e da pele dilatam, facilitando a troca de calor com o ambiente. (GROGAN, HOPKINS, 2002.)

Ocorre um aumento na FC e diminuição da pressão arterial, sendo que se prolongada à exposição a temperaturas altas e o mecanismo de troca de calor não for eficiente, consequências da hipertermia como desmaios, confusões mentais, convulsões, insolação e até coma em casos mais severos. (JAMES, 2005; BOUCHAMA, KNOCHEL, 2002; TARINI, 2006)

Todo ano, jovens atletas sofrem de doenças relacionadas ao calor e as vezes ocasionais mortes por conta de hipertermia induzida pelo exercício durante competições de verão e outono.[...] Por mais que a imersão de corpo inteiro em água gelada ainda seja o padrão ouro para tratamento de hipertermia, esta opção de tratamento nem sempre está imediatamente disponível. (HELLER; GRAHN, 2012).

Em um estudo de revisão publicado em 2002 por Marino, apontou os efeitos da realização de um resfriamento prévio ao exercício (precooling). Os estudos abordados confirmaram que o aumento da temperatura durante o exercício é um fator limitante para performance e que este método se mostra mais eficiente para exercícios de longa duração (30-40 minutos).

No presente estudos daremos destaque ao mecanismo de regulação baseado em estruturas vasculares subcutâneas, mecanismo este que tem se mostrado altamente eficiente no combate aos problemas relacionados ao aumento da temperatura central do corpo durante práticas de exercícios em ambientes com temperaturas elevadas, sendo estes de longa ou curta duração, através do resfriamento pelas palmas das mãos (palm cooling).

Nos mamíferos cobertos por pêlos (positivo para a termoregulação em ambientes frios), as áreas que não possuem pêlos possuem estruturas vasculares altamente importantes para a regulação da temperatura tanto em ambientes frios, minimizando a troca de calor com o ambiente, como também em ambientes quentes, maximizando esta troca (HELLER, GRAHN, 2012).

Estas estruturas são extremamente importantes para os animais, porém os humanos, apesar de não possuírem a mesma quantidade de pelos, também possuem estas estruturas, chamadas Anastomoses Arteriovenosas (GUYTON, 2006; BERGERSEN, 1993).

3.1 Anastomoses Arteriovenosas

Conhecida nos mamíferos com pêlos, as Anastomoses Arteriovenosas ou AVA's, são responsáveis pela regulação da temperatura central destes animais. Um artigo publicado em 1993, por Bergersen, procurou estas estruturas estudando o padrão de fluxo sanguíneo em diferentes artérias no corpo humano; artéria radial (Fig 2), artéria temporal (Fig 1), nos ramos próximos à pele da artéria torácica lateral e artéria angular (Fig 1). Os resultados mostraram padrões de

AVA's nas artérias radial e angular, demonstrando que os padrões vistos em animais, são semelhantes nos humanos.

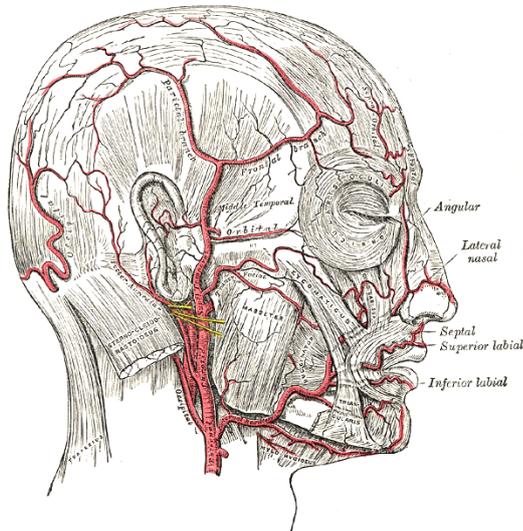


Fig.1 Artéria angular e temporal

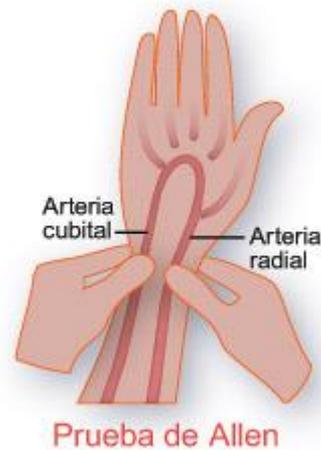


Fig.2 Artéria radial

Para demonstrar a eficiência destas estruturas quando se trata de regulação da temperatura central do corpo, em um estudo recente foi realizado com jovens utilizando o mínimo possível de roupas em uma sala com temperatura inicial de 32°C, a qual alcançou 13°C no decorrer de 100 minutos. O que foi observado é que a temperatura dos dedos com a diminuição da temperatura da sala caiu rapidamente, enquanto que a temperatura em outras regiões do corpo caiu gradativamente, o que mostra o mecanismo da anastomose, presente na artéria radial, em pleno funcionamento, visto que a mesma se fecha para que o sangue retorne rapidamente para o centro do corpo evitando a troca de calor com o ambiente externo mais frio (VANGGAARD, 2012).

Outro estudo mostrou que durante temperaturas elevadas, a circulação de sangue nas AVA's pode chegar a 8L/min (60% da capacidade cardíaca), novamente a anastomose se mostra como fator importante na regulação da temperatura central (ROWELL, 1974). Durante a queda da temperatura ambiente, pode ocorrer um aumento de aproximadamente oito vezes na condução de calor quando as AVA's estão contraídas em relação a quando estão dilatadas (GUYTON, 2006).

O mecanismo funciona da seguinte maneira:

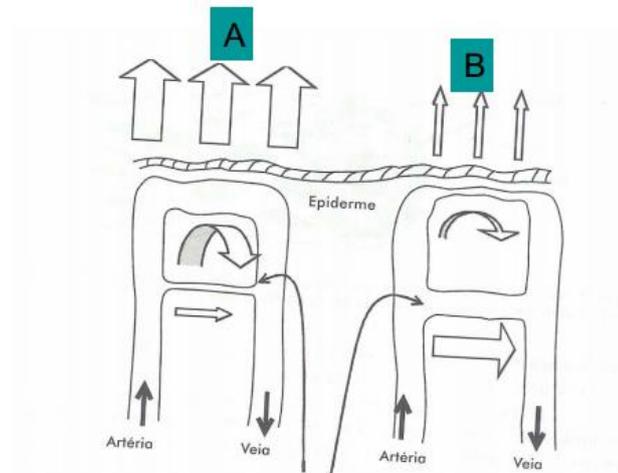


Fig.3 Ilustração do funcionamento da AVA (anastomose arteriovenosa)

observando a figura 3, vemos que no estado (A) a anastomose está fechada; podemos assumir que a temperatura do centro do corpo está elevada, desta maneira o sangue necessita ir para a periferia mais fria, para que ocorra a troca de calor com o ambiente ou com algum outro tipo de método de resfriamento. No estado (B), vemos que a estrutura da anastomose está aberta, dilatada, enquanto que o capilar próximo a epiderme está fechado, desta forma podemos inferir que a temperatura do centro do corpo está baixa, logo não existe a necessidade de troca de calor com o ambiente, então o sangue quente deve retornar ao centro do corpo para manter a temperatura central estabilizada.

4 RESFRIAMENTO PALMAR

O método proposto de resfriamento das palmas das mãos como maneira de mitigação dos problemas relacionados as altas temperaturas que o corpo humano pode alcançar durante o exercício extenuante ou em temperaturas ambientais elevadas, tem sido estudada e desenvolvida por grupos de pesquisadores ao redor do mundo.

Thomas em 2006, afirmou que a fadiga durante um estado de hipertermia pode ocorrer devido a uma falha no sistema nervoso central na ativação muscular. Muitos outros estudos foram realizados demonstrando a influência negativa da temperatura central do corpo em termos de desempenho, seja em indivíduos treinados ou não treinados (HARGREAVES; FEBBRAIO, 1998; MACDOUGALL, et al. 1974; GONZALEZ-ALONSO; et al. 1985; CHEUNG; SLEIVERT, 2004; WALTERS; et al. 2000).

Dispositivos a base de água, gel, álcool, gelo entre outras substâncias foram desenvolvidos e testados nos diferentes tipos de ambientes e modalidades; alguns chegaram a resultados positivos (HSU; et al, 2005) (GRAHN; HELLER; CAO, 2005) , outros não obtiveram diferenças significativas em termos de performance (AMORIM; et al, 2010; WALKER; et al, 2009).

Quando o corpo humano vivencia experiências nas quais ocorre um aumento agudo dos batimentos cardíacos, seja durante exercício físico, trabalho, ansiedade, nervosismo, entre outras situações, conseqüentemente ocorre uma produção de calor como explicado anteriormente; este calor inicia uma resposta no centro de controle termorregulatório do organismo no nosso cérebro, o qual ativa mecanismos de troca de calor com o ambiente, também já citados. Entretanto, muitas vezes nosso corpo não é capaz de regular a temperatura de maneira eficiente, devido ao trabalho muscular ou conseqüencia do ambiente quente e úmido (HELLER; GRAHN; 2012).

Nos estudos realizados, os benefícios alcançados pelo método de resfriamento palmar (*palm cooling*), pautada no mecanismo vascular das AVAs em diferentes modalidades e ambientes serão demonstrados. Além da aplicação deste método, algumas variações dela são utilizadas, principalmente quando falamos sobre um equipamento específico, o RTX (rapid thermal exchanger) desenvolvido na universidade de Stanford pelo grupo de pesquisadores liderados pelos professores Dennis A Grahn e Craig Heller.



Fig 4. Rapid thermal Exchanger

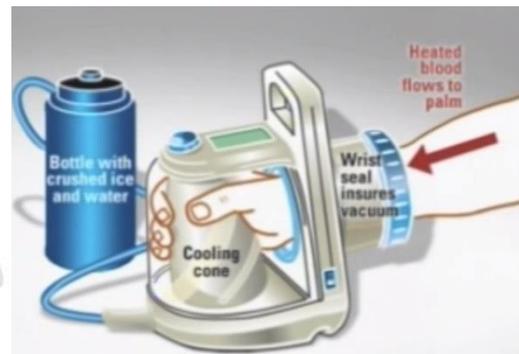


Fig 5. Posição da mão dentro do RTX

O aparelho funciona da seguinte maneira: como visto na figura 5, as mãos do indivíduo que usa o aparelho ficam dentro de uma câmara pressurizada e lacrada a vácuo por uma estrutura elástica ao redor do punho que gera uma pressão subatmosférica (-40 mmHg); as mãos são colocadas segurando um cone de metal o qual é mantido a uma temperatura controlada através de um mecanismo de perfusão de água.

Outros equipamentos foram desenvolvidos com o objetivo de buscar resultados positivos em termos de performance durante exercícios físicos, como o Better Exercise experience ou BEX runner, equipamento mais simples e prático quando comparado ao RTX. O BEX se assemelha a uma luva de treinamento, a qual o indivíduo simplesmente o encaixa na palma da mão para realizar o exercício proposto. O equipamento consiste em um gel formado por água, glicerina e ácido acrílico, o que mantém a temperatura do equipamento baixa por algum tempo.



Fig 6. Posição do BEX na mão durante a prática.

Por conta da versatilidade e facilidade da aplicação destes métodos, pesquisadores a utilizaram em diversas condições e ergômetros afim de demonstrar os resultados positivos durante a prática de exercícios, sendo eles aeróbios ou resistidos. Alguns estudos foram realizados em indivíduos que trabalham sob condições de calor afim de demonstrar que o método do resfriamento palmar pode também trazer benefícios (KNOCHEL, 1990; JAMES, 2005).

5 APLICAÇÃO DE RESFRIAMENTO PALMAR EM EXERCÍCIO CÍCLICO

Apesar do número de estudos envolvendo o método descrito ser pequeno, vemos que grande parte dos resultados se mostram positivos quanto a sua aplicação.

Como por exemplo no estudo realizado em 2005 por Grahn, Cao, Heller; no qual participaram 26 indivíduos saudáveis durante 10 semanas realizando diferentes testes em esteira ergométrica. Os objetivos do estudo foram, a partir dos resultados, responder se o uso contínuo de um dispositivo de extração de calor (RTX) atenua o aumento da temperatura central do corpo durante exercício com carga constante, se melhora a resistência e se este efeito de extração de calor é dependente da carga.

Para cada uma das perguntas foram obtidos os resultados. Para a primeira pergunta: o método de resfriamento teve pouco efeito no início do teste, porém desacelerou substancialmente o aumento da temperatura esofágica próximo do final do teste.

Para a segunda pergunta, a combinação da aplicação do método de resfriamento mais ambiente com pressão subatmosférica aumentou a duração do exercício em 43% quando comparado com o teste controle. A utilização somente do resfriamento, gerou pouca diferença em termos de performance quando comparado ao teste controle.

Finalmente para a terceira pergunta, os resultados mostraram que a aplicação combinada de resfriamento e pressão subatmosférica em uma das mãos, aumentou a duração do exercício em todas as cargas. Foi observado um aumento de 56% na duração do teste com a aplicação do método, no entanto conforme ocorre um aumento na carga, o efeito de extração de calor diminui, mostrando que o efeito de extração de calor na duração do exercício esta de fato relacionado com a carga.

Como conclusão do estudo, foi observado que o método de resfriamento por si só tem pouco efeito em termos de performance do exercício quando comparado aos testes controle, no entanto a aplicação de pressão subatmosférica se mostra como fator determinante para um aumento expressivo na duração do exercício e extração de calor.

Outro estudo realizado pelo mesmo grupo, porém agora em indivíduos portadores de Esclerose Múltipla foi realizado em 2008 com objetivo de demonstrar que o resfriamento palmar também traz benefícios para estes indivíduos, já que uma das características desta patologia é a alta sensibilidade ao calor. Dez indivíduos participaram em duas condições de testes: com aplicação de resfriamento palmar e sem aplicação. A aplicação de resfriamento aumentou em até 35% o tempo de teste em esteira ergométrica quando comparado ao valor do teste controle; desta forma demonstrando que existe aplicabilidade do resfriamento palmar até em indivíduos portadores de patologias com condições de sensibilidade a altas temperaturas.

Em contrapartida, no estudo realizado por Amorim et al. (2010), no qual ele utilizou três modalidades diferentes de resfriamento (banho de água [WB], RTX e colete de perfusão de água [WPV]) e um grupo controle (sem resfriamento [NC]), não foram encontradas diferenças no tempo de exercício quando nas condições de NC, RTX e WB, enquanto que em WPV o tempo foi maior. Amorim atribui estes resultados a pequena área de aplicação do método (palmas das mãos), já que o WPV é utilizado no tronco do indivíduo, fornecendo uma área de aplicação muito maior.

Hsu, et al (2005); realizaram um estudo de duas partes com objetivo de testar duas hipóteses; se o resfriamento palmar diminui o aumento da temperatura central do corpo durante exercício submáximo em ambiente quente, e se esse resfriamento facilita a sustentação de uma carga maior de exercício de maneira que diminua o tempo para completar um teste contra o relógio. Participaram do estudo oito indivíduos nas duas partes do estudo, estes se sujeitaram a dois

testes em diferentes condições: com aplicação de resfriamento palmar (cooling[C]) e sem (no cooling[NC]).

Foram observadas diferenças significativas nos parâmetros observados quando comparados os resultados de C e NC. Na primeira parte do estudo, o resfriamento diminuiu a temperatura timpânica de todos os indivíduos, o consumo de oxigênio durante o exercício e a concentração de lactato sanguíneo. Não foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros de trocas gasosas, frequência cardíaca, glicose sanguínea, temperatura facial e das costas entre C e NC.

Na segunda parte do estudo, foram observadas diferenças entre o tempo levado para completar o teste de aproximadamente 6% entre C e NC; interessante destacar que durante os 20 minutos finais do teste, os indivíduos na situação de resfriamento (C) conseguiram manter uma carga aproximadamente 14% maior quando comparado com NC na mesma temperatura timpânica e frequência cardíaca, apontando que não somente o fator diminuição de temperatura é chave aumento do desempenho abrindo espaço para novas conclusões.

Em se tratando do BEX, um estudo foi realizado por Scheadler em 2012, no qual 12 indivíduos realizaram corridas até a exaustão voluntária em ambiente quente em duas situações, utilizando o BEX e não utilizando. Os resultados encontraram um tempo maior no teste quando não utilizado o BEX, também não foram encontradas diferenças na frequência cardíaca, temperatura central e percepção subjetiva de esforço.

6 APLICAÇÃO DE RESFRIAMENTO PALMAR EM EXERCÍCIO ACÍCLICO

Técnicas para aumentar o desempenho em modalidades de exercícios acíclicos também são realizadas há alguns anos. No estudo realizado por Verducci em 2000, ele encontrou uma associação entre a realização de um tratamento a base de crioterapia muscular local (braços e ombro) com um aumento no trabalho, velocidade de execução e potência em exercício de puxada com o braço (arm pull). Ele atribui estes resultados a diminuição da temperatura muscular em resposta ao tratamento, já que musculo perde temperatura por condução e não necessita somente dos ajustes internos do corpo para alcançar a homeostase, visto que a temperatura parece ser um fator importante no fenomemo da fadiga.

Afim de demonstrar os benefícios que o método de resfriamento palmar pode trazer, foram realizados alguns estudos com modalidades de exercícios resistidos.

No estudo de Kwon, et al em 2010, participaram 16 homens saudáveis com o objetivo de comprovar duas hipóteses: ocorrerá um aumento no volume de repetições de vários sets com a aplicação de resfriamento palmar (palm cooling [PC]) comparado com aquecimento palmar (palm heating [PH]) e condições neutras de temperatura (thermoneutral [TN]); a frequência cardíaca e a percepção subjetiva de esforço serão menores em PC em comparação a PH e TN.

O resfriamento palmar (PC – água circulante à 10°C) e o aquecimento palmar (PH – água circulante à 45°C) foram realizados utilizando o RTX, nas situações controle (TN), a mão dos individuos era apenas inserida no RTX sem ação de temperatura, apenas da pressão negativa (-45 mmHg). Nas três situações o tempo de aplicação foi de 2.5 minutos. Várias medidas foram testadas, dentre elas: percepção subjetiva de esforço, temperatura medida a partir do esôfago e palma da mão, frequência cardíaca, EMG (eletromiografia), análise de força (volume de repetições e carga). Após os testes realizados em exercício de supino (bech press) foram observadas diferenças em todas as variáveis medidas quando comparados com PC. Somente nos valores de frecuencia cardíaca não foi

encontrada diferença significativa entre PC e TN, entretanto esses valores foram diferentes em PH. Grande parte dos valores nas situações de TN e PH não apresentaram diferenças significativas.

Outro estudo também realizado pelo grupo de Kwon em 2013, porém desta vez com indivíduos do sexo feminino também em exercício de supino, com metodologia semelhante envolvendo condições de PC, PH e TN; oito mulheres completaram quatro sets de 85% de 1RM até a falha com intervalos de 3 minutos entre os sets. Os resultados encontrados foram semelhantes ao estudo realizado com homens, ocorreu um aumento na carga do exercício para as condições de PC e PH significativamente em relação a TN.

Grahn; et al em 2012, também realizaram estudos com base em exercícios resistidos em busca de resultados positivos com o método de resfriamento palmar. Neste estudo eles encontraram uma correlação entre temperatura central e fadiga durante exercício de supino, no qual os participantes com menor valor de temperatura central diminuída pela metodologia aplicada, realizaram maior número de repetições em comparação ao grupo controle sem ação de resfriamento. Em experimento separado, porém no mesmo trabalho, foi comparado a ação entre sets de supino e exercício em barra fixa (pull-up) com aplicação de resfriamento palmar nos intervalos dos sets durante 3 minutos. O experimento se prolongou por várias semanas e os resultados foram expressivos: durante três semanas de treinamento no supino, a aplicação da metodologia gerou um aumento de 40% no volume de repetições, contra 13% de aumento em grupo controle. Em seis semanas de treinamento em barra fixa, o resfriamento trouxe um aumento de 144% no volume de repetições de indivíduos experientes com treinamento em barra e 80% em indivíduos não familiarizados com o exercício. Estes resultados mostram a ligação entre a temperatura central e o mecanismo de fadiga durante exercícios resistidos.

7 OUTRAS APLICAÇÕES DO RESFRIAMENTO PALMAR

Como visto nas aplicações das metodologias de resfriamento tanto em exercícios cíclicos, quanto acíclicos, o tempo que o indivíduo se utiliza nas mesmas é curto. Desta forma outros tipos de aplicação se mostram possíveis.

Em um estudo realizado por House et al (1997), foi examinados os efeitos da imersão da mão em água em temperaturas de 10°, 20°C e 30°C como forma de reduzir o excesso de calor, em indivíduos utilizando trajes de bombeiros. Participaram do estudo quatro indivíduos, estes realizaram exercício moderado utilizando o traje de bombeiros em uma câmara térmica a uma temperatura de 40°C por 45 minutos, em seguida repousaram por 30 minutos ainda na câmara em quatro situações: sem intervenção (controle) e com as mãos imersas em água nas temperaturas sugeridas (10, 20, 30°C). Na situação controle, os indivíduos não foram capazes de diminuir sua temperatura interna, enquanto que com a imersão das mãos em água ocorreu uma diminuição da temperatura central do corpo (medida pelo canal auditivo) em 10 minutos de aplicação. Analisando os valores de temperatura após 20 minutos de imersão, a temperatura central caiu de 38.5°C para 36.9°C, 37,3°C e 37.8°C nas temperaturas de 10°C, 20°C e 30°C respectivamente, demonstrando que a eficiência da extração de calor aumenta conforme a diminuição da temperatura da água.

Selkirk et al (2004), também realizou um experimento onde os indivíduos utilizaram trajes de proteção de bombeiros durante exercício em alta temperatura (35°C e 50% humidade relativa do ar). Participaram do experimento 15 bombeiros, os quais caminharam a 4.5 km/h sem inclinação durante 50 minutos ou até que sua temperatura interna (medida por termômetro retal) alcançasse 39.5°C, a frequência cardíaca chegasse em 95% do máximo predito pela idade ou se ocorresse exaustão; seguida por 30 minutos de descanso onde foram aplicadas as estratégias de resfriamento. Foram realizadas três estratégias: imersão do antebraço, jatos de água e resfriamento passivo. As variáveis observadas foram tempo de tolerância (TT) e tempo total de teste ou *work time* (WT) em minutos. Os

resultados demonstraram que houve diferenças entre os valores das variáveis em imersão do antebraço (178.7 para TT e 124.7 para WT) e jatos de água (139.1 para TT e 95.1 para WT) quando comparadas ao resfriamento passivo (108 para TT e 78 para WT); também foram observadas diferenças nos valores na situação de imersão do antebraço em relação aos jatos de água. Com relação aos valores de temperatura interna, a diferença entre os métodos se repetiu, sendo que na situação de imersão do antebraço obteve a maior diminuição na temperatura interna (0.4°C) contra 0.08°C dos jatos de água e um aumento de 0.2°C no resfriamento passivo. Os resultados sugerem que existe uma vantagem na utilização de resfriamento por imersão do antebraço comparado com outros métodos de resfriamento ativo ou passivo em indivíduos que utilizam trajes de bombeiros em situações de calor.

Kuennen et al (2010), realizou um experimento no qual a metodologia foi utilizada com objetivo de demonstrar se o resfriamento palmar reduz o excesso de calor em indivíduos que vestem roupas de proteção química durante transporte em veículo militar e se a aplicação de pressão subatmosférica nas mãos auxilia na extração de calor. Participaram do estudo dez indivíduos, realizando os testes nas seguintes condições: sem resfriamento ou *no cooling (NC)*, resfriamento palmar ou *palm cooling (PC)* e resfriamento palmar com pressão subatmosférica ou *palm cooling with negative pressure (PCVAC)*. Após cinco minutos parados em uma sala aquecida a uma temperatura média de 42.2°C para aferição de frequência cardíaca e temperatura interna e da pele, os indivíduos caminharam em esteira ergométrica a 6.1 km/h até que a temperatura interna alcançasse 38.8°C; então se dirigiam ao veículo de simulação onde ficaram sentados por 50 minutos durante cada teste separado por cinco dias, sobre ação de NC, PC e PCVAC. Em comparação a situação de NC, a aplicação de PC e PCVAC reduziram significativamente as temperaturas interna e da pele dos 15 minutos iniciais até o final dos 50, e a sensação térmica dos 30 minutos até o final do teste. Foi encontrada uma relação inversamente proporcional entre tempo de extração e quantidade de extração, onde a quantidade de extração de calor diminuiu ao longo do tempo. Não foram observadas diferenças entre PC e PCVAC em nenhuma das variáveis.

8 MECANISMOS ATRELADOS AO RESFRIAMENTO PALMAR

Em muitos estudos, se atribui o aumento do desempenho por conta dos ajustes cardiovasculares consequentes da diminuição da temperatura central do corpo (Grahn, et al (2012); Heller, et al (2012)), sem atribuição alguma para o hipotálamo, visto que a aplicação periférica de resfriamento parece não causar alteração direta nos músculos envolvidos no exercício (Kwon, et al (2010)).

Em estudos realizados por Kwon et al (2010), foi visto que o sistema nervoso central tem um papel decisivo no resfriamento.

Em contraste com resfriamento externo direto, como realizado por Verducci, Hopkins et al. e Palmieri-Smith et al. aplicando resfriamento a uma articulação próxima ao músculo exercitado encontraram um aumento local nos reflexos dos músculos, na excitabilidade muscular, e liberação de curto prazo de neurotransmissores pelo SNC. Esse fenômeno sugere que, resfriamento local da periferia que não envolve os músculos ativos pode elevar a ativação dos neurônios motores dos músculos ativos como detectado pela superfície do eletrodo em EMG. (KWON, Y. S.; et al, 2010).

Ficou claro que o SNC tem papel importante na regulação da temperatura, dando destaque ao hipotálamo especificamente, e na interpretação dos sinais enviados pelos músculos durante o exercício. O aumento no número de repetições de uma série de supino ou o aumento da distância ou do tempo de duração de uma corrida ou prova de ciclismo em resposta a utilização de resfriamento palmar, mostra que a diminuição da temperatura tanto central como periférica gera sinais que o cérebro interpreta de forma a aumentar o recrutamento de fibras musculares, remover possíveis metabólitos nocivos aos músculos, estabelecer um ritmo de exercício no qual a homeostase se mantenha, entre outras inúmeras repostas possíveis para manter o corpo em pleno funcionamento.

O fenômeno responsável pelo término do exercício é a fadiga, dentre as inúmeras razões pela qual ela se manifesta, é fato que o aumento da temperatura central do corpo é uma delas, já que em estudo realizado por Hsu, et al 2005 foi visto que ocorreu uma redução 25% na utilização de carboidratos quando em situação de resfriamento, isto juntamente com as concentrações mais baixas de lactato vistas também na condição de resfriamento palmar contribuiu para a diminuição do fluxo glicolítico ou então do aumento no *clearance* (filtração) muscular ou de tecidos glicolíticos graças a mudanças na distribuição do fluxo sanguíneo. Entretanto como visto nos estudos abordados nesta revisão, outros fatores são decisivos para seu acontecimento.

Durante o exercício, o cérebro recebe diversos tipos de informações vindas dos músculos e outros órgãos vitais, ele as interpreta de forma a manter as respectivas funções em pleno funcionamento e ainda manter o corpo em movimento sem comprometer a homeostase determinando um ritmo específico de exercício (NOAKES, 2005).

Se o cérebro integra sinais térmicos em adição com outras fontes de sinais aferentes antes ou durante o treinamento resistido de alta intensidade é possível que a combinação de processamento desses sinais possa levar a uma alteração dos sinais enviados do centro motor do SNC e resultar em mais repetições durante um set de exercício resistido. (KWON, Y. S.; et al. 2010).

Noakes (2005) concluiu: “Fadiga é a sensação que resulta da percepção consciente e interpretação dos processos regulatórios subconscientes no cérebro, portanto não é a expressão de um evento físico. Portanto, o estudo do acontecimento da fadiga muscular em sistema isolado, privado do controle do SNC, provavelmente não avançará para o entendimento deste fenômeno”.

Se seguirmos a linha de raciocínio de Noakes (2005) e Kwon (2010), vemos que existe uma forte relação entre o sistema nervoso central e o

acontecimento da fadiga de modo em geral, ou seja, não é um evento dependente de apenas um ou outro acontecimento, porém uma união entre vários sinais centrais e periféricos que podem determinar o término do exercício ou ainda, de certa forma, confundir nosso cérebro e por consequência este determinar o término do exercício como forma de manter a homeostase.

Para reforçar esta ideia, podemos apontar ainda mais uma das observações realizadas por Noakes (2005), quando comenta sobre a síndrome da fadiga crônica, na qual um indivíduo sente os efeitos da fadiga mesmo em situação de repouso, sem ação de temperatura, gasto energético, aumento de frequência cardíaca e etc. Ainda aponta o papel dos fármacos, os quais agem principalmente no cérebro, responsáveis pelo controle desta síndrome e outras técnicas como hipnose, fatores motivacionais e outras formas de distrações como música.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Técnicas de resfriamento têm sido pesquisadas há muitos anos. Antes do exercício (precooling) foi visto que é eficiente para provas e/ou competições de longas distâncias, porém causam mínimo efeito em provas de curta duração. Após o exercício, as técnicas de resfriamento são utilizadas para recuperação muscular e prevenção de hipertermia ou outras doenças relacionadas ao calor.

Já o método que foi foco da revisão, resfriamento palmar (palm cooling), se mostrou eficiente durante o exercício de curta duração e também durante exercícios de longa duração; também foi sugerida sua utilização em casos de sintomas de hipertermia, visto que o padrão ouro para o tratamento desta condição nem sempre é de fácil acesso. Estas observações mostram a versatilidade e eficiência da aplicação desta técnica, pois além de aumentar o desempenho em exercícios cíclicos aeróbios e anaeróbios como também em exercícios acíclicos, também pode ser utilizada em situações de trabalho como no corpo de bombeiros e em treinamentos militares. Desta maneira, se mostrando promissora para aplicação em outros ambientes e para indivíduos que sofrem com o calor ambiente.

Foi visto que a fadiga é o fenômeno responsável pelo término do exercício. Ela pode ser consequência de diversos fatores, sejam eles externos ao corpo (altas temperaturas e humidade no ambiente de prática), ou internos (aumento da temperatura central consequência do trabalho muscular, estresse e patologias como esclerose múltipla e síndrome da fadiga crônica); de qualquer forma foi visto que o resfriamento palmar gera uma resposta contrária à fadiga, seja por diminuição de temperatura central, sinais musculares enviados ao cérebro, alteração de substrato energético durante exercício ou ainda uma mistura de dois ou mais destes fatores que podem fazer com que o cérebro decida terminar o exercício em busca da manutenção da homeostase.

Portanto, é possível concluir que a aplicação do resfriamento palmar traz benefícios para o desempenho esportivo nas suas diferentes modalidades,

podendo ser explorada em busca de melhores resultados em treinamentos e períodos preparatórios para competições.

10 REFERENCIAS

AMORIM, F. T.; YAMADA, P. M.; ROBERGS, R. A.; SCHNEIDER, S. M. Palm cooling does not reduce heat strain during exercise in a hot, dry environment. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**. v.35, n.4, p.480-489, Aug, 2010.

BERGERSEN, T.K. A search for arteriovenous anastomoses in human skin using ultradound Doppler. **Acta Physiologica Scandinavica**. v.147, n.2, p.195-201, Feb 1993.

BOUCHAMA, A.; KNOCHEL, J. P. Heat stroke. **The New England Journal of Medicine**. v.346, n.25, p.1978-1988, Jun, 2002.

CHEUNG, S. S.; SLEIVERT, G. G. Multiple triggers for hyperthermic fatigue and exhaustion. **Exercise and Sport Sciences Reviews**. v.32, n.3, p.100-106, Jul 2004.

CORIS, E. E.; RAMIREZ, A. M.; VAN DURME, D. J. Heat illness in athletes: the dangerous combination of heat, humidity and exercise. **Sports Medicine**. v.34, n.1, p.9-16, 2004.

DANIËL, W.; VAN LOON, L. J.; LICHTENBELT, W. D. Thermoregulation during Exercise in the Heat: Strategies for Maintaining Health and Performance. **Sports Medicine**. v.37, n.8, p.669-682, 2007.

GONZALEZ-ALONSO, J.; TELLER, C.; ANDERSEN, S. L.; JENSEN, F. B.; HYLDIG, T.; NIELSEN, B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. **Journal of Applied Physiology**. v.86, n.3, p.1032-1039, Mar, 1999.

GRAHN, D. A.; CAO, V. H.; NGUYEN, C. M.; LIU, M. T.; HELLER, H. C. Work volume and strength training responses to resistive exercise improve with periodic heat extraction from the palm. **Journal of Strength and Condition Research**. v.26, n.9, p.2558-2569, Sep, 2012.

GRAHN, D. A.; HELLER, H. C.; CAO, V. H. Heat extraction through the palm of one hand improves aerobic exercise endurance in a hot environment. **Journal of applied physiology**. v.99, n.3, p.972-978, Sep, 2005.

GRAHN, D. A.; MURRAY, VLS. J.; HELLER, H. C. Cooling via one hand improves physical performance in heat-sensitive individuals with Multiple Sclerosis: A preliminary study. **BMC Neurology**.; v.8, n.14, 2008.

GROGAN, H.; HOPKINS, P. M. Heat stroke: implications for critical care and anaesthesia. **British Journal of Anaesthesia**. v.88, n.5, p.700-707, May, 2002.

GUYTON, A C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**. 11ªed. Editora Saunders, 1115 p, 2006.

HARGREAVES, M.; FEBBRAIO, M. Limits to exercise performance in the heat. **International Journal of Sports Medicine**. Suppl 2, p.115-116, Jun, 1998.

HELLER, H. C.; GRAHN, D. A. Enhancing Thermal Exchange in Humans and Practical Applications. **Disruptive Science and Technology**. v.1, n.1, 2012)

<Hiponatremia e o esporte> Disponível em: <http://www.efdeportes.com/efd149/hiponatremia-e-o-esporte.htm>. (acesso em: 25/07/2013)

HOUSE, J. R.; HOLMES, C.; ALLSOPP, A. J. Prevention of heat strain by immersing the hands and forearms in water. **Journal of Royal Naval Medical Service**. v.83, n.1, p.26-30, 1997.

HSU A.R.; HAGOBIAN, T. A.; JACOBS, K. A.; ATTALLAH, H.; FRIEDLANDER, A. L. Effects of heat removal through the hand on metabolism and performance during cycling exercise in the heat. **Canadian Journal of Applied Physiology**. v.30,n.1, p.87-104, Feb, 2005.

JAMES, L. G. Management of Heatstroke and Heat Exhaustion. **American Family Physician**. v.71, n.11. June, 2005.

KNOCHEL J. P. Catastrophic medical events with exhaustive exercise: white collar rhabdomyolysis. **Kidney International**. v.38, p.709-719, 1990.

KUENNEN, M. R.; GILLUM, T. L.; AMORIM, F. T.; KWON, Y. S.; SCHNEIDER, S. M. Palm cooling to reduce heat strain in subjects during simulated armoured vehicle transport. **European Journal of Applied Physiology**. v.108, n.6, p.1217–1223, Apr, 2010.

KWON, Y. S.; ROBERGS, R. A.; KRAVITZ, L. R.; GURNEY, B. A.; MERMIER, C. M.; SCHNEIDER, S. M. Palm Cooling Delays Fatigue during High-Intensity Bench Press Exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. v.42, n.8, p.1557-1565, Aug, 2010.

KWON, Y. S; ROBERGS, R. A.; MERMIER, C. M.; SCHNEIDER, S. M.; GURNEY, A. B. Palm cooling and heating delays fatigue during resistance exercise in women. **Journal of Strength and Condition Research**. 2013 May 29 [*Epub ahead of print*].

LEE-CHIONG Jr, T. L.; STIIT, J. T. Heat stroke and other heat-related illness: The maladies of summer. **Postgraduate Medicine**. v.98, n.1, p.26-36, 1995.

MACDOUGALL, J. D.; REDDAN, W. G.; LAYTON, C. R.; DEMPSEY, J. A. Effects of metabolic hyperthermia on performance during heavy prolonged exercise. **Journal of Applied Physiology**. v.36, n.5, p.538-544, May, 1974.

MARINO, F. E. Methods, advantages, and limitations of body cooling for exercise performance. **British Journal of Sports Medicine**. v.36, n.2, p.89–94, Apr, 2002.

MARSH, D.; SLEIVERT, G. Effect of precooling on high intensity cycling performance. **British Journal of Sports Medicine**. v.33, n.6, p.393–397, Dec, 1999.

MCARDLE WD., KATCH FI, KATCH VL. **Nutrição para o Esporte e Exercício**, 2011.

MIYAMOTO, A. C. J.; CUNHA, I. C. K. O. Hipotermia na sala de recuperação anestésica. **Revista de Enfermagem UNISA**, Santo Amaro, v.4, p.17-20, 2003.

NOAKES, T. D.; CLAIR GIBSON, A. ST.; LAMBERT, E. V. From catastrophe to complexity: a novel model of integrative central neural regulation of effort and fatigue during exercise in humans: summary and conclusions. **British Journal of Sports Medicine**. v.39, n.2, p.120–124, Feb, 2005.

OVANDO, A. C. et al. Efeito da temperatura da água nas respostas cardiovasculares durante a caminhada aquática. **Revista Brasileira de Medicina do esporte**, Niterói, v.15, n.6, Dec, 2009.

PALMIERI-SMITH, R. M; LEONARD-FRYE, J. L.; GARRISON, C. J.; WELTMAN, A.; INGERSOLL, C. D. Peripheral joint cooling increases spinal reflex excitability and serum norepinephrine. **The International Journal of Neuroscience**. v.117, n.2, p.229-242, Feb, 2007.

PERIARD, J. D.; CAILLAUD, C.; THOMPSON, M. W. Central and peripheral fatigue during passive and exercise-induced hyperthermia. **Medicine and science in sports and exercise**. v.43, n.9, p.1657-1665, Sep, 2011.

ROWELL, L.B. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. **Physiological Reviews**. v.54, n.1, p.75-159, Jan,1974.

SELKIRK, G. A.; MCLELLAN, T.M.; WONG, J. Active versus passive cooling during work in warm environments while wearing firefighting protective clothing. **Journal of Occupation and Environmental Hygiene**. v.1, n.8, p.521-531, Aug, 2004.

SCHEADLER, C. M.; SAUNDERS, N. W.; HANSON, N. J.; DEVOR, S. T. Palm Cooling Does not Improve Running Performance. **International Journal of Sports Medicine**. v.34,n.8, p. 732-735, Aug, 2013.

TARINI, V. A. F. et al. Calor, exercício físico e hipertermia: epidemiologia, etiopatogenia, complicações, fatores de risco, intervenções e prevenção. **Revista Neurociências**, v.14, n.3, p.144-152, Jul/Set, 2006.

TATTERSALL, G. J.; ANDRADE, D. V.; ABE, A. S. Heat exchange from the toucan bill reveals a controllable vascular thermal radiator. **Science**. v.325, n.5939, p.468-470, Jul, 2009.

THOMAS, M. M.; CHEUNG, S. S.; ELDER, G. C.; SLEIVERT, G. G. Voluntary muscle activation is impaired by core temperature rather than local muscle temperature. **Journal of Applied Physiology**. v.100, n.4, p.1361–1369, Apr, 2006.

VANGGAARD, L.; KUKLANE, K.; HOLMER, I.; SMOLANDER, J. Thermal responses to whole-body cooling in air with special reference to arteriovenous anastomoses in fingers. **Clinical and Physiological Functional Imaging**. v.32, n.6, p.463-469, Nov, 2012.

VERDUCCI F. M. Interval cryotherapy decreases fatigue during repeated weight lifting. **Journal of Athletic Training**. v.35, n.4, p.422–426, Oct, 2000.

WALKER, T.; ZUPAN, M. F.; MCGREGOR, J. N.; CANTWELL, A. R.; NORRIS, T. D. Is performance of intermittent intense exercise enhanced by use of a commercial palm cooling device. **Journal of Strength and Condition Research**. v.23, n.9, p.2666-2672, Dec, 2009.

WALTERS , T. J.; RYAN, K. L.; TATE, L. M.; MASON, P. A. Exercise in the heat is limited by a critical internal temperature. **Journal of Applied Physiology**. v.89, n.2, p.799-806, 2000.

WEXLER, R.K. Evaluation and treatment of heat-related illnesses. **American Family Physician**. v.65, n.11, p.2307-2314, 2002.

ZHAO, Q.; BAZZANO, L. A.; CAO, J.; LI, J.; CHEN, J.; HUANG, J.; CHEN, J.; KELLY, T.N.; CHEN, C.S.; HU, D.; MA, J.; RICE, T.K.; HE, J.; GU, D. Reproducibility of blood pressure response to the cold pressor test: the GenSalt Study. **American Journal of Epidemiology**. v.1, n.176, p.91-98, Oct, 2012.