

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D  
**COIMBRA**

Rafael Santos Neves

**COMPRESSÃO PNEUMÁTICA  
INTERMITENTE E PISTOLA MASSAJADORA  
COMO MEIOS DE RECUPERAÇÃO FÍSICA E  
SEUS IMPACTOS SOBRE A FADIGA  
MUSCULAR**

**Tese no âmbito do Doutoramento em Ciências do Desporto, ramo de Atividade Física e Saúde, orientada pelo Professor Doutor Amândio Manuel Cupido dos Santos e pelo Professor Doutor João Páscoa Pinheiro e apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.**

Setembro de 2022

Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física  
da Universidade de Coimbra

**COMPRESSÃO PNEUMÁTICA INTERMITENTE E  
PISTOLA MASSAJADORA COMO MEIOS DE  
RECUPERAÇÃO FÍSICA E SEUS IMPACTOS SOBRE  
A FADIGA MUSCULAR**

Rafael Santos Neves

Tese de Doutoramento em Ciências do Desporto, ramo de Atividade Física e Saúde, orientada pelo Senhor Professor Amândio Manuel Cupido dos Santos e pelo Senhor Professor João Páscoa Pinheiro, apresentada à Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

Setembro de 2022



UNIVERSIDADE D  
**COIMBRA**



## **AGRADECIMENTOS**

---

Agradeço, acima de tudo, a Deus e a meus pais Gonçalo e Rosa Maria e irmã Raquel por todo o suporte, fosse físico, financeiro, mental e psicológico ao longo de toda minha vida e desses oito árduos anos de doutoramento.

Dedico este trabalho aos meus avós *in memoriam*.

Meu orientador por ter aceitado fazer parte deste projeto.

Meu co-orientador por sempre somar neste trabalho de forma positiva, construtiva e com brevidade.

Aos Professores Dr Luis Rama e Vasco Vaz que tanto me apoiaram e possibilitaram finalizar todo este trajeto e com quem pude ter instrutivas e saudáveis prosas.

Aos professores Dr Raul Martins, Dr Manuel João e Dra Maria João Almeida por sempre me esclarecerem as dúvidas e pelos ensinamentos.

Àqueles que me iniciaram nessa vida acadêmica e científica que, além de me facilitarem em tudo pelo que passei de forma acadêmica, me deixaram a grande maioria de meus conhecimentos técnicos e científicos. Agradeço a Professora Doutora Marcia Albergaria e, em memória, ao Professor Mestre (Comandante) Célio Cordeiro Filho.

Aos meus irmãos Cardinalis (Alemão, Jojo, Sheldon, Tur, Vinagre, Marcela, Felix, Anna “Banana”, Mauro Anakin, Mario, Philip, Esra, Hande, Marek, George, Gabi, Linh, Luiz, Leoni, Gui, William) com quem pude dividir residência, sem esquecer os que retornaram para visitar (Alejandro, Rosita, Jordi) e nossos agregados (Lua, Camila, Cacá e Xana, Isabela e Hugo, Gerson, Sarinha, Du e Mago) a quem amo, pelo apoio, parceria, paciência, festas, viagens e todo o crescimento ao longo desses anos. Sem esquecer, aos Silverinhas (Rui, Dona Rosa e Rodrigo) pelo carinho. Viva ao saudoso Bigorna! Afnal, não queremos fanta, .....

Aos meus amigos de curso que me fizeram ter paciência e não desistir de penoso percurso. Marco Antônio Rabelo, Mônica Rezende, Adriana Caldo, Tati e Leo Luz, Maurício Ricardy, Matheus Chupel, Luciele, Rui Marques, Ricardo Gomes, Ana Fernandes, Carlos Costa, Ricardo Freire, Liliana Baptista e Miguel Guerreiro.

Suor salva sangue, o sangue economiza vidas,  
mas cérebros salvam os dois.

Erros de treinamento são registrados em papel.  
Erros táticos são gravados em pedra.

Quando alguém encontra seu caminho precisa ter  
coragem suficiente para dar passos errados.  
As decepções, as derrotas, o desânimo  
são ferramentas que Deus utiliza  
para mostrar a estrada.

Paulo Coelho

All great things are simple,  
and many can be expressed in single words:  
freedom, justice, honor, duty, mercy, hope.

Wiston Churchill

I am a man who walks alone  
And when I'm walking a dark road  
At night or strolling through the park  
When the light begins to change  
I sometimes feel a little strange  
A little anxious when it's dark

## ÍNDICE GERAL

---

	<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	III
	Índice Geral .....	V
	Índice de Tabelas .....	X
	Índice de Figuras .....	XII
	Índice de Quadros .....	XIV
	Abreviaturas .....	XVI
	Resumo .....	XIX
	Abstract .....	XXII
	Palavras-chave .....	XXV
	Keywords .....	XXV
	<b>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO</b> .....	27
1.	Introdução .....	28
1.1	Objetivos .....	29
	<b>CAPÍTULO 2: ESTADO DA ARTE</b> .....	30
2.	Fadiga Neuromuscular .....	31
2.1	Fadiga Muscular de Origem Central .....	32
2.2	Fadiga Muscular de Origem Periférica .....	32
2.3	Fadiga Muscular e Performance .....	34
2.3.1	Concentração de Lactato Sanguíneo .....	34
2.4	Fadiga e Marcadores Salivares .....	36
2.4.1	Cortisol .....	37
2.4.2	Testosterona .....	39
2.4.3	Alfa Amilase .....	40
2.5	Recuperação e Métodos de Recuperação .....	40
2.5.1	Recuperação Ativa (ACT) .....	41
2.5.2	Recuperação por Compressão Pneumática Intermitente (IPC) ....	42
2.5.3	Recuperação com <i>Massage Gun</i> (Pistola Massajadora-GUN)...	43
	<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGIA</b> .....	44
3.	Metodologia .....	45
3.1	Amostra do Estudo .....	45
3.2	Protocolo de Teste .....	45
3.2.1	Desenho Experimental .....	45
3.2.2	Composição Corporal .....	46
3.2.3	Teste de uma Repetição Máxima (1RM) e Teste de Esforço para Indução da Fadiga (TF) .....	49
3.2.3.1	Teste de Uma Repetição Máxima (1RM) .....	51
3.2.3.2	Teste de Esforço Máximo para Indução de Fadiga (TF) .....	51
3.2.3.3	Avaliação através de Saltos de Impulsão Vertical .....	52
3.3	Métodos de Recuperação .....	53
3.3.1	Recuperação Ativa (ACT) .....	54
3.3.2	Recuperação por Compressão Pneumática Intermitente (IPC) ....	54
3.3.3	Recuperação com <i>Massage Gun</i> (Pistola massajadora-GUN) ....	55
3.4	Determinação da Fadiga .....	56
3.5	Recolha Sanguínea e Determinação da Concentração de Lactato .....	57
3.6	Determinação dos Biomarcadores Salivares .....	59
3.6.1	Procedimentos de Recolha e Análise da Saliva .....	59
3.7	Recolha e Determinação da Frequência Cardíaca (FC) .....	60
3.8	Procedimentos Estatísticos .....	61
	<b>CAPÍTULO 4: RESULTADOS</b> .....	62
4.	Resultados .....	63

4.1	ESTUDO 1: Compressão Pneumática Intermitente como Método de Recuperação após Exercício: uma Revisão Compreensiva .....	64
4.1.1	Introdução .....	65
4.1.2	Metodologia .....	66
4.1.2.1	Fonte de Dados .....	66
4.1.2.2	Critérios de Inclusão e Exclusão .....	66
4.1.2.3	Seleção dos Estudos .....	67
4.1.2.4	Variáveis Analisadas .....	68
4.1.3	Resultados .....	68
4.1.4	Discussão .....	71
4.1.5	Limitação do Estudo .....	72
4.1.6	Conclusão .....	72
4.1.7	Referências .....	73
4.2	ESTUDO 2: Resposta dos Marcadores Salivares no Pós-Exercício e no Período de Recuperação: uma Revisão Sistemática .....	78
4.2.1	Introdução .....	79
4.2.2	Metodologia .....	80
4.2.2.1	Fonte de Dados .....	80
4.2.2.2	Critérios de Inclusão e Exclusão .....	80
4.2.2.3	Seleção dos Estudos .....	80
4.2.2.4	Variáveis Salivares Analisadas .....	82
4.2.3	Resultados e Discussão .....	82
4.2.3.1	Análise de Validação Interna pela Escala PEDro .....	82
4.2.3.2	Análise e Discussão dos Resultados .....	83
4.2.4	Conclusão .....	89
4.2.5	Referências .....	90
4.3	ESTUDO 3: Comparação entre a Recuperação Ativa e o uso da Compressão Pneumática Intermitente como meio de Recuperação após Teste de Força Fatigante e na Performance: um estudo piloto ....	101
4.3.1	Introdução .....	102
4.3.2	Metodologia .....	103
4.3.2.1	Amostra .....	104
4.3.2.2	Procedimentos Metodológicos .....	104
4.3.2.3	Análise Estatística .....	106
4.3.3	Resultados e Discussão .....	106
4.3.3.1	Lactato e sua Cinética em Resposta às Recuperações .....	109
4.3.3.2	A Frequência Cardíaca em Resposta às Recuperações .....	112
4.3.3.3	Saltos Verticais e as Recuperações .....	114
4.3.4	Conclusão .....	118
4.3.5	Referências .....	119
4.4	ESTUDO 4: O Impacto de Dois Métodos de Recuperação sobre o Cortisol, Testosterona e Alfa Amilase após Teste de Exercício: estudo piloto .....	124
4.4.1	Introdução .....	125
4.4.2	Metodologia .....	126
4.4.2.1	Amostra .....	126
4.4.2.2	Procedimentos Metodológicos .....	127
4.4.2.3	Análise Estatística .....	128
4.4.3	Resultados e Discussão .....	129
4.4.4	Conclusão .....	133



4.4.5	Referências .....	134
4.5	ESTUDO 5: Comparação entre Recuperação Ativa, Compressão Pneumática Intermitente e Pistola Massajadora como Métodos de Recuperação após Teste de Força Fatigante .....	140
4.5.1	Introdução .....	141
4.5.2	Metodologia .....	142
4.5.2.1	Amostra .....	142
4.5.2.2	Procedimentos Metodológicos .....	143
4.5.2.3	Análise Estatística .....	145
4.5.3	Resultados .....	145
4.5.4	Discussão dos Resultados .....	150
4.5.5	Conclusão .....	153
4.5.6	Referências .....	154
4.6	ESTUDO 6: Impacto de Três Métodos de Recuperação sobre o Cortisol, Testosterona e Alfa Amilase após Teste de Exercício Fatigante .....	159
4.6.1	Introdução .....	160
4.6.2	Metodologia .....	161
4.6.2.1	Amostra .....	161
4.6.2.2	Procedimentos Metodológicos .....	162
4.6.2.3	Análise Estatística .....	163
4.6.3	Resultados .....	164
4.6.4	Discussão dos Resultados .....	168
4.6.5	Conclusão .....	171
4.6.6	Referências .....	172
	<b>CAPÍTULO 5: DISCUSSÃO GERAL</b> .....	179
5.	Discussão Geral .....	180
5.1	Revisão Sistemática do uso da IPC como meio de recuperação (Estudo 1) .....	180
5.2	Revisão Sistemática dos Marcadores Salivares usados nos Períodos de Recuperação (Estudo 2) .....	181
5.3	Influência das Botas de Compressão sobre a Performance (Estudo 3). .....	181
5.4	Influência das Botas de Compressão sobre a Testosterona, Cortisol e Alfa-Amilase (Estudo 4) .....	183
5.5	Influências de Três Métodos de Recuperação após Teste de Força Fatigante (Estudo 5) .....	185
5.6	Três Métodos de Recuperação e seus Impactos sobre Marcadores Salivares após Exercício Fatigante (Estudo 6) .....	186
	<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO</b> .....	188
6.	Conclusão .....	189
6.1	Limitações do Estudo .....	190
6.2	Sugestões para Estudos Futuros .....	190
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	192
	<b>ANEXOS</b> .....	213



## **ÍNDICE DE TABELAS**

---

- Tabela 1: Classificação do Índice de Massa Corporal
- Tabela 2: Resultados encontrados a partir da Escala PEDro
- Tabela 3: Número de repetições, tempo de execução e frequência cardíaca (FC) a cada *set* dos TF
- Tabela 4: Percepção de Esforço e Escala de Dor Muscular a cada *set* do TF
- Tabela 5: Frequência cardíaca máxima atingida em cada *set* do TF e frequência cardíaca de reserva prevista
- Tabela 6: Concentrações de lactato e percentuais de remoção a cada momento e entre o Pós Teste de Fadiga e ao término da aplicação dos métodos de recuperação
- Tabela 7: Frequência cardíaca alcançada a cada intervalo de momento do repouso até o Pós Teste de Fadiga e ao término da aplicação dos métodos de recuperação
- Tabela 8: Alturas médias atingidas no *Squat Jump* e *Counter Movement Jump* em centímetros
- Tabela 9: Teste de Saltos Verticais Consecutivos por 30 segundos nos métodos de recuperação.
- Tabela 10: Média  $\pm$  DP dos marcadores salivares em cada recuperação
- Tabela 11: Valores de significância para o Teste *t student* pareado para a diferença das médias entre os momentos de recolha de saliva.
- Tabela 12: Valores de significância para o Teste *t student* independente para a diferença das médias das recuperações os dois grupos em cada momento de recolha de saliva
- Tabela 13: Número de repetições e tempo de execução dos agachamentos em cada *set* de cada grupo de recuperação
- Tabela 14: Número de repetições e tempo de execução (médias e DP) dos agachamentos em cada *set* de cada recuperação.
- Tabela 15: Resultados dos marcadores salivares para cada método de recuperação em cada momento de recolha
- Tabela 16: Teste estatístico de Friedman entre os momentos de recolha para cada recuperação, com ajuste pelo teste de *post-hoc* de Bonferroni
- Tabela 17: Teste estatístico de Kruskal-Wallis entre as recuperações em cada momento de recolha, com ajuste pelo teste de *post-hoc* de Bonferroni

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

- Figura 1: Junção Neuromuscular
- Figura 2: Esquema excitatório e contrátil do músculo estriado esquelético
- Figura 3: Esquema do metabolismo do lactato no músculo estriado esquelético
- Figura 4: Curva do acúmulo do lactato sanguíneo
- Figura 5: Diagrama esquemático dos dias de testes com recuperação
- Figura 6: Adipômetro Cescorf<sup>®</sup>
- Figura 7: Equipamento de *Smith Machine*
- Figura 8: Cicloergômetro Monark 828E<sup>®</sup>
- Figura 9: OptoJump<sup>®</sup>
- Figura 10: Perneiras (“botas”) da IPC (*Normatec 2.0*<sup>®</sup>)
- Figura 11: Bomba automática da IPC (*Normatec Control Unit 2.0*<sup>®</sup>)
- Figura 12: Massageador Elétrico *Deep Therapy* (Pistolar Massageadora)
- Figuras 13 (a / b / c): Capilares Ringcaps, Mini Espectrofotômetro Plus LP 20 Dr Lange e Reagentes Lactate LAC142
- Figura 14: Organograma da revisão de compreensão sobre a IPC
- Figura 15: Organograma da revisão sistemática dos marcadores salivares na recuperação
- Figura 16A: Gráfico das curvas de concentração de lactato sanguíneo antes e ao longo do tempo nas recuperações
- Figura 16B: Gráfico dos percentuais de remoção de lactato sanguíneo antes e ao longo do tempo nas recuperações
- Figura 17: Frequência Cardíaca média ao longo do tempo
- Figura 18A: *Squat Jump* dos dois métodos de recuperação
- Figura 18B: *Counter movement Jump* dos dois métodos de recuperação
- Figura 19: Número de saltos realizados no teste de 30 segundos de CJ
- Figura 20: Alturas médias e máximas atingidas nos saltos do teste de 30 segundos de CJ
- Figura 21: Marcadores salivares ao longo do tempo para cada recuperação
- Figura 22: Comparação da Frequência Cardíaca entre as recuperações
- Figure 23: Comparação do lactato entre as recuperações e ao longo do tempo
- Figura 24: Percentuais de remoção do lactato ao longo do período de recuperação
- Figura 25: Análises dos testes de saltos verticais entre os momentos em cada recuperação
- Figura 26: Curva das análises dos marcadores salivares de cada grupo ao longo do tempo.

## **ÍNDICE DE QUADROS**

---

Quadro 1: Resumo das análises dos estudos elegíveis da revisão de compreensão  
(Estudo 1)

Quadro 2: Resumo das análises dos estudos elegíveis da revisão sistemática  
(Estudo 2)



## **ABREVIATURAS**

---

<b>A</b>		<b>I</b>	
AA	Alfa Amilase	IPC	Compressão Pneumática Intermitente
ACT	Recuperação Ativa	IMC	Índice de Massa Corporal
<b>B</b>		<b>K</b>	
bpm	Batimentos por minuto	kg	quilograma
<b>C</b>		<b>L</b>	
C	Cortisol	LSMS	Escala (Likert) de Dor Muscular
30CJ	Continuous Jumps – 30 segundos	<b>M</b>	
cm	centímetros	md	Altura média
CMJ	Countermovement Jump	min	Minuto(s)
CWI	Cold-Water Imersion (Imersão em água fria)	mmHg	Milímetros de Mercúrio
<b>D</b>		ml	mililitros
DC	Densidade Corporal	mmol	milimol
DP	Desvio Padrão	mx	Altura máxima
<b>E</b>		<b>N</b>	
ECP	External Counterpulsation	n	número
<b>F</b>		<b>O</b>	
FC	Frequência Cardíaca	VOC	Oclusão vascular
FCmax	Frequência Cardíaca Máxima	OMS	Organização Mundial da Saúde
<b>H</b>		<b>P</b>	
1H	Uma hora após Teste de Esforço Máximo para Indução de Fadiga	pg	Picograma
24H	24 horas após Teste de Esforço Máximo para Indução de Fadiga	Pós	Pós-exercício
<b>HRR</b>		<b>R</b>	
	Frequência Cardíaca de Reserva	Rep	Repouso (Pré-exercício)
		RM	Repetição Máxima
		RPE	Escala de Percepção de Esforço
		rpm	Rotações por minuto
		<b>S</b>	
		SJ	Squat Jump

**T**

T Testosterona

T/C Rácio Testosterona-Cortisol

TF Teste de Esforço Máximo  
para Indução de Fadiga

TMB Tetrametilbenzidina

**W**

WAnT Wingate Anaerobic Test

WBC Whole body cryotherapy  
(Crioterapia de corpo inteiro)

## **RESUMO**

---

## **Resumo:**

O objetivo principal deste estudo se baseia nas possíveis respostas da aplicação de dois dispositivos, as “Botas de Compressão” e a “Pistola massajadora”, na finalidade de restaurar os padrões, fisiológicos, hormonais e de performance, de repouso do corpo após ser submetido a fadiga através de teste exercício de fatigante até a exaustão. Os estudo teve como amostra 30 universitários, fisicamente ativos e com histórico de prática desportiva federada, submetidos aos testes de fadiga e aos dois dispositivos de intervenção. Como comparativo, foi realizado um terceiro teste com recuperação ativa, sendo esta uma das mais utilizadas no meio desportivo. Esta tese foi organizada em 6 estudos:

O primeiro, uma revisão sistemática que culminou com uma revisão de compreensão sobre o uso das botas de compressão como meio de recuperação. Pouco estudos foram realizados com essa metodologia, somando um total minoritário de 6 estudos onde se observou uso de variáveis em um máximo de dois desses estudo e um questionamento sobre a eficácia do dispositivo, mas com aparente eficiência do mesmo.

No segundo estudo foi feita uma revisão sistemática para se saber os marcadores salivares mais utilizados no exercício seguido de análises nos momentos de recuperação posteriores, ainda que sem a aplicação de metodologias para tal. Foi observado uma maior uso de hormonas ligadas ao stresse físico e metabolismo como cortisol e testosterona, assim como a alfa amilase, além de análises da imunoglobulina A.

O terceiro e quarto estudo se referem a viabilidade e respostas iniciais dos 3 métodos de recuperação propostos, assim como do protocolo de exercício com agachamentos na indução da fadiga. Como estudos iniciais, o protocolo de três *sets* de *half back squat*, realizados cada uma até a exaustão e intervalos entre eles de somente um minuto, levaram os voluntários a um quadro de fadiga muscular. Da aplicação inicial das

recuperações ativa e a com uso das botas de compressão, pareciam ter influência na recuperação da frequência cardíaca e do lactato, sobre os testes de impulsão vertical e sobre os marcadores salivares de cortisol, testosterona e alfa amilase.

No quinto estudo, o objetivo foi de comparar as recuperações sobre os efeitos da fadiga sobre a performance e respostas fisiológicas. Houve uma resposta significativa ( $p < 0,01$ ) na remoção de lactato com uso da recuperação ativa a partir do 10º minuto de recuperação, assim como significativamente comparada às botas de compressão e à pistola massajadora do 10º ao 20º minuto. Na resposta neuromuscular, as avaliações dos saltos 1-hora após teste de fadiga se aproximaram das realizadas previamente, mas ainda significativamente inferior no *Countermovement Jump* (ACT and GUN  $p < 0,05$ ; ICP  $p < 0,01$ ) e nas alturas médias ( $p < 0,01$ ) e número de saltos (GUN  $p < 0,05$ ) no teste de saltos contínuos por 30 segundos.

O sexto estudo analisou as repostas cortisol, testosterona, o rácio entre estes, e a alfa amilase aos três métodos de recuperação. Parte deste estudo se mostrou inconclusivo, a exceção da recuperação ativa a impactar significativamente sobre o cortisol em sua restauração aos níveis encontrados antes do teste de fadiga. Com uma melhora nas respostas do rácio testosterona-cortisol, ainda que não significativa, parece demonstrar influência da recuperação ativa sobre o equilíbrio anabólico-catabólico e sobre a síntese proteica.

Os resultados deste trabalho apontam a recuperação ativa ainda como um meio eficaz na restauração e normalização dos metabolismo, valências e performance de indivíduos jovens e fisicamente ativos após submissão a um teste de exaustão e com instalação da fadiga. As Botas de Compressão e a Pistola massajadora ainda necessitam de mais estudos, mas parecem ser uma alternativa, a ser aprimorada, como meio de recuperação.

## **ABSTRACT**

---

**Abstract:**

The main objective of this study is based on the possible responses of the application of two devices, “Compression Boots” and “Massage Gun”, in order to restore the physiological, hormonal, and performance patterns of rest of the body after being submitted to fatigue through fatiguing exercise test until exhaustion. The study had as a sample 30 university students, physically active and with a history of federated sports, submitted to fatigue test and to the two intervention devices. As a comparison, a third test was carried out with active recovery, which is one of the most used in sports. This thesis was organized into 6 studies:

The first, a systematic review, that culminated in a comprehensive review about the use of compression boots as a means of recovery. Few studies carried out with this methodology, adding up to a minority total of 6 studies where the use of variables was observed in a maximum of two of these studies and a questioning about the effectiveness of the device, but with its apparent efficiency.

In the second study, a systematic review was carried out to find out the salivary markers most used in exercise, followed by analyses at later recovery times, even without the application of methodologies for this. A greater use of hormones linked to physical stress and metabolism was observed, such as cortisol and testosterone, as well as alpha amylase, in addition to immunoglobulin A analyses.

The third and fourth studies refer to the viability and initial responses of the 3 proposed recovery methods, as well as the exercise protocol with squats to induce fatigue. As initial studies, the protocol of 3 sets of half back squats, performed each one until exhaustion and intervals between them of a single minute, led the volunteers to a muscular fatigue. From the initial application of active recoveries and the use of



compression boots, they seemed to have an influence on heart rate and lactate recovery, on vertical jump tests and on salivary markers of cortisol, testosterone and alpha amylase.

In the fifth study, the objective was to compare the recoveries on the effects of fatigue on performance and physiological responses. There was a significant response ( $p < 0,01$ ) in lactate removal using active recovery from the 10<sup>th</sup> minute of recovery period, as well as significantly compared to compression boots and the massage gun from 10<sup>th</sup> to the 20<sup>th</sup> minute. In the neuromuscular response, the 1-hour post-fatigue assessments approximate those performed previously, but still significantly lower in the Countermovement Jump (ACT and GUN  $p < 0,05$ ; IPC  $p < 0,01$ ) and at mean heights ( $p < 0,01$ ) and number of jumps (GUN  $p < 0,05$ ) in the continuous jump test for 30 seconds.

The sixth study analysed the responses of cortisol, testosterone, the ratio of these, and alpha amylase, to the three recovery methods. Part of this proved inconclusive, with the exception of active recovery significantly impacting cortisol in its restoration to levels found before the fatigue test. With an improvement in testosterone-cortisol ratio responses, although not significant, it seems to demonstrate the influence of active recovery on the anabolic-catabolic balance and on protein synthesis.

The results of this thesis point to active recovery as an effective means of restoring and normalizing metabolism, valences, and performance of young and physically active individuals after submission to an exhaustive test and with onset fatigue. The Compression Boots and the Massage Gun still need more studies, but they seem to be an alternative, to be improved, as a means of recovery.

## **PALAVRAS-CHAVE**

---

Recuperação; Fadiga; Compressão Pneumática Intermitente - IPC; Pistola massajadora; Performance; Marcadores Salivares

## **KEYWORDS**

---

Recovery; Fatigue; Intermittent Pneumatic Compression – IPC; Massage Gun; Performance; Salivary Markers



# **Introdução**

---

## Capítulo 1

## 1. Introdução

Os níveis de treino e preparação física oscilam durante o processo de treino sistematizado e cíclico, onde deve existir um planeamento metuculoso para que alcance a forma física ótima nos períodos competitivos e que a mantenham durante certo período de tempo (Matveiev, 1990).

A recuperação, ou repouso como descrito por Matveiev (1991), é uma componente do treino desportivo, composta pelos períodos de ganho, manutenção e diminuição da forma física, e que influenciará diretamente sobre a possível optimização e ganhos das capacidades físicas. Considerada como de grande preocupação, a fadiga pode levar a diversas alterações como a má função neuromuscular com danos nos tecidos, alterações imunológicas, inflamatórias e hormonais (Hagstrom & Shorter, 2018), se produzida de forma incorreta, seja por duração ou qualidade, incorrerá em respostas adversas, o que pode transformar o treino em sub ou sobre-treino, e podendo acarretar um ganho nulo das capacidades físicas ou até mesmo a um acúmulo de fadiga a levar ao *overtraining* ou mesmo a lesões. A recuperação deve basear-se em duas ideias: (1) a recuperação das capacidades de trabalho para que se possa realizar mais uma vez a carga de trabalho e (2) otimizar o efeito da carga anteriormente realizada. Atletas, de alta performance ou praticantes regulares de exercício físico tem por hábito intensificar seus treinos com a intenção de aperfeiçoar as suas capacidades físicas e consequentemente suas performances. Para a prescrição de um treino perfeito é necessária uma exatidão na intensidade e sobrecarga de trabalho de forma específica de acordo com cada modalidade desportiva e uma recuperação adequada para que haja uma adaptação correta e uma melhoria do desempenho, evitando a fadiga e desgaste excessivo. Tal facto, feito de maneira desordenada, não orientada e com períodos incorretos de recuperação, pode levar a uma má resposta adaptativa e uma baixa compensação pós treino, o que poderá levar ao afastamento de seus treinos e prática desportiva regular, da mesma forma que a lesões e até à Síndrome de *Overtraining* (OTS) (Hauswirth & Mujika, 2013; Barnett, 2006).

Existem diversas modalidades de recuperação estão a ser usadas há anos, como: a recuperação ativa, a crio imersão, a massagem, a terapia de contraste com frio e calor, as meias e manguitos de compressão, e os alongamentos (Hauswirth & Mujika, 2013; Barnett, 2006), e, mais recentemente, tem sido utilizado como método de recuperação, após sessões de treino ou provas e competições desportivas, a compressão

pneumática intermitente, conhecida de forma popular como “botas de compressão” (Heapy et al, 2018).

## **1.1 Objetivos**

Baseado na descrição feita acima, o objetivo principal desta tese foi o estudo da recuperação desportiva utilizando as “botas de compressão” como método de recuperação em atletas que foram submetidos a teste de esforço fatigante e ao stresse.

Os objetivos específicos foram definidos como:

- a. Analisar, por meio de revisão sistemática, o uso da compressão pneumática intermitente, as “Botas de Compressão”, como meio de recuperação em atletas
- b. Compreender, através de uma revisão sistemática, o uso dos marcadores salivares durante os períodos de recuperação após exercício
- c. Determinar a existência de influência das botas de compressão e da pistola massajadora sobre as variáveis de performance, fisiológicas e bioquímicas estudadas comparativamente com a recuperação ativa

# **Estado da Arte**

---

## Capítulo 2

## **2. Fadiga Neuromuscular**

A fadiga neuromuscular é conceituada há anos, de diversas formas e por diversos autores (Fitts & Holloszy, 1978; Edwards, 1981; Vollestad, 1997; Bigland-Ritchie, Furbush & Woods, 1986; Enoka & Stuart, 1992; Allen & Westerblad, 2001; Lorist, Kernell & Meijman, 2002; Williams & Ratel, 2009), a fadiga é a perda ou a falha de gerar ou manter determinada força muscular em uma determinada intensidade de exercício ou atividade motora por um certo período de tempo. A fadiga muscular pode, inclusive, ser visualizada pelo aumento da amplitude e diminuição da frequência espectral do sinal eletromiográfico (Kallenberg et al, 2007).

A fadiga neuromuscular pode ser referida como um déficit neuro motor, que apresenta modificações na percepção ou decaimento mental ou psicológico, que leva a uma diminuição, gradual ou total, da força muscular, onde há alterações na atividade neuromuscular (Enoka & Duchateau, 2008).

Devido a seu conceito multifatorial, a fadiga neuromuscular pode ser dividida em dois tipos: a fadiga central, que ocorre devido a fatores metabólicos, bioquímicos ou mecânicos no sistema nervoso central. Esta última pode ocorrer: nos neurônios motores, na transmissão via medula espinhal e encéfalo, e na fadiga periférica que ocorre dos neurônios motores nos seus impulsos nervosos na sinapse neuromuscular, através da placa motora e no próprio músculo nas suas porções menores. (Gomes, Lopes & Marchetti, 2016; Rossi & Tirapegui, 1999). Contudo, parece não haver uma causa única para fadiga e que dependerá da especificidade do ato desportivo e do exercício, das características e adaptações individuais e níveis de treino individuais. Assim, a avaliação e quantificação da fadiga muscular deverá ter em conta essa diversidade no momento da sua avaliação tendo em conta as contrações implementadas e da duração até a indução da fadiga. (Enoka & Duchateau, 2008; Cairns et al, 2005).

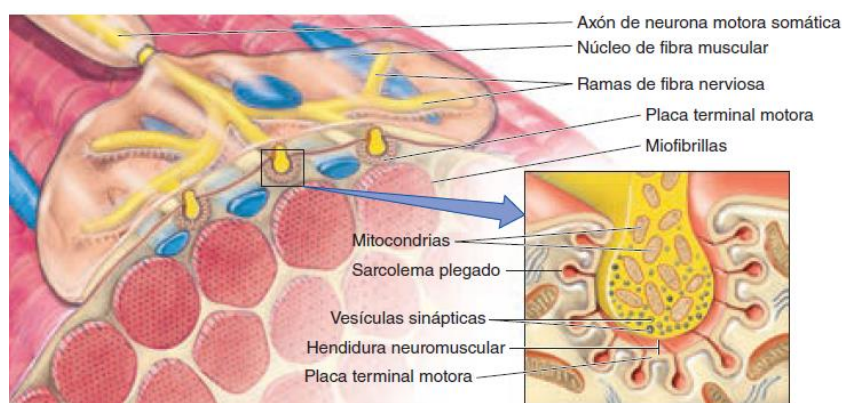


## 2.1 Fadiga Muscular de Origem Central

A fadiga de origem Central é descrita como a falha na condução dos impulsos nervosos para a ativação das unidades motoras ou na diminuição da frequência de disparos de ativação dos neurônios motores por alterações ocorridas no sistema nervoso central (SNC). Os estudos que vêm realizando análises da relação entre o exercício físico e as alterações que ocorrem no SNC Apresentam modificações nas concentrações dos neurotransmissores como a serotonina, dopamina, adenosina, acetilcolina e os aminoácidos de cadeia ramificada (BCAA) e a sua associação com fatores de alicerce psicológico (Ascensão et al, 2003; Davis e Bailey, 1997). A origem da fadiga central parece ser consequência de alguns fatores como inibição do potencial de ação que afeta a contração muscular, a indução de mecanorreceptores aferentes a alterar desempenho muscular, a neuro estimulação aferente com inibição do *output* de córtex motor e menor frequência de disparo do neurônio motor, o menor aporte cerebral de BCAA com aumento da produção de serotonina e menor fluxo sanguíneo cerebral com diminuição da nutrição cerebral (Gomes, Lopes & Marchetti, 2016).

## 2.2 Fadiga Muscular de Origem Periférica

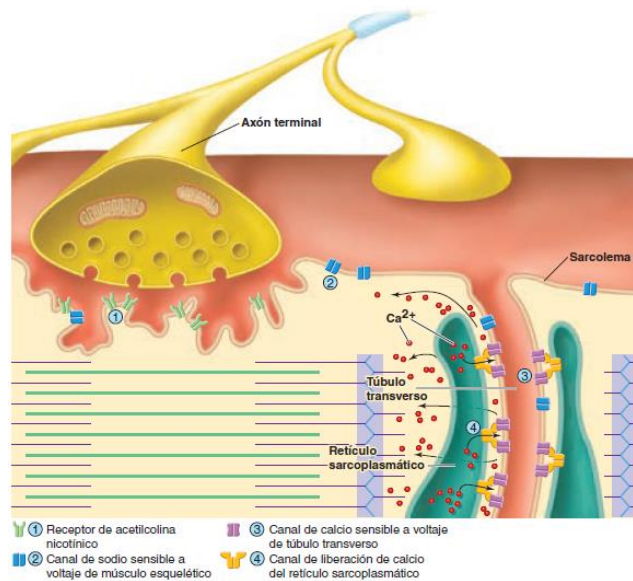
Os neurônios motores, originados da região anterior da medula espinhal, ramificam-se e formam as terminações nervosas (Figura 1) com uma fibra mielínica calibrosa, conhecidas como junções neuromusculares ou placa motora, junto às fibras musculares. O impulso nervoso advindo deste neurônio motor ativará na junção neuromuscular a liberação de acetilcolina na fenda sináptica e ativação dos canais iônicos, onde haverá passagem de íons de Cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), Potássio ( $\text{K}^{+}$ ) e Sódio ( $\text{Na}^{+}$ ), para gerar o potencial de ação na fibra muscular que culminará com a contração muscular (Guyton & Hall, 1997).



**Figura 1:** Junção Neuromuscular (Fox, 2011)

No caso da fadiga periférica, os principais mecanismos que irão desencadeá-la são a diminuição ou perda da condução elétrica pela membrana muscular, a não liberação de cálcio do retículo sarcoplasmático para ativação do sistema troponina-tropomiosina e consequente quebra da ligação actina-miosina, reabsorção do cálcio e retorno da polaridade e falha bioenergética com fosforilação oxidativa danificada (Davis & Walsh, 2010).

A falha na liberação dos íons de cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) do retículo sarcoplasmático pelos túbulos T para a miofibrila (Figura 2), devido a precipitação do fosfato de cálcio ( $\text{CaPi}$ ), é uma das causas da fadiga muscular na realização de exercícios intensos de curta duração (Allen & Westerblad, 2001; Ascensão et al, 2003), onde há alteração na ativação dos pontos para acoplamento actina-miosina na falha da modificação de conformação do complexo troponina/tropomiosina, afetando o mecanismo de contração muscular (Guyton e Hall, 1997). Outro fator pode ser a alta concentração de Magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) que faz com que o retículo sarcoplasmático diminua, ou iniba, a liberação do cálcio que permanece em alta concentração a manter a despolarização sarcoplasmática, a alterar a relação toponina/tropomiosina com consequente manutenção da interação actina/miosina, a dar continuidade à contração muscular (Rodwell et al, 2017; Gomes, Lopes & Marchetti, 2016; Debold, 2012). A funcionar de forma similar, há hipóteses (Allen & Trajanovska, 2012; Dutka et al, 2005; Fryer et al, 1995) de que a alta concentração de fosfato inorgânico (Pi) ligado ao retículo sarcoplasmático durante a fadiga, há de se unir e precipitar à alta concentração de  $\text{Ca}^{+2}$ , originando uma baixa quantidade de  $\text{Ca}^{+2}$  livres a serem removidos e retardar o desacoplamento das pontes cruzadas de actina e miosina, sem que haja o relaxamento muscular.



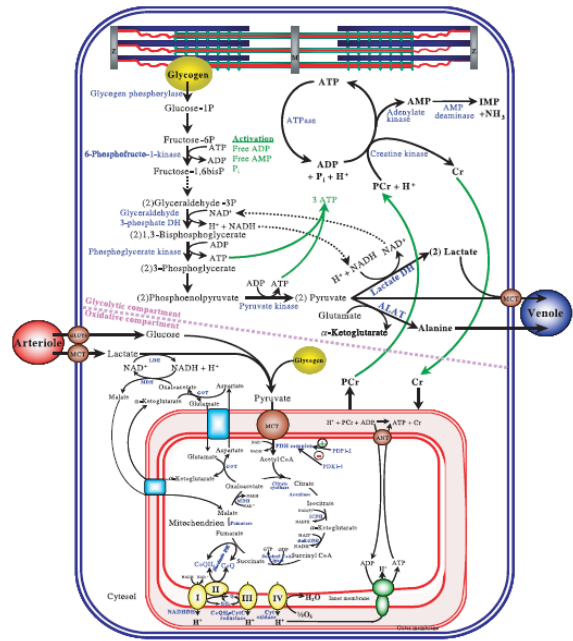
**Figura 2:** Esquema excitatório e contrátil do músculo estriado esquelético

## 2.3 Fadiga Muscular e Performance

### 2.3.1 Concentração de Lactato Sanguíneo

O sistema “glicogênio- ácido láctico” utiliza do glicogênio armazenado nos músculos, desdobrando-o a partir da glicólise em glicose, como fonte de energia. Esse processo da glicólise faz-se sem a presença do oxigênio, o que caracteriza este fenômeno como processo de metabolismo anaeróbio. É durante a glicólise que se obtém a energia para a formação de adenosina trifosfato (ATP), devido à divisão da molécula de glicose em duas moléculas de ácido pirúvico que, em contato com oxigênio nas mitocôndrias, irá gerar várias outras moléculas de ATP. Na ausência de quantidade de oxigênio suficiente, o ácido pirúvico é convertido em ácido láctico que sofrerá processos de difusão da célula muscular até chegar ao sangue. O sistema “glicogênio-ácido láctico” disponibiliza moléculas de ATP mais rapidamente que o sistema oxidativo, porém mais lento que o Sistema Fosfagênio, por um tempo limitado a pouco mais de um minuto. A recuperação deste sistema leva em conta a remoção do ácido láctico, que é reconvertido em ácido

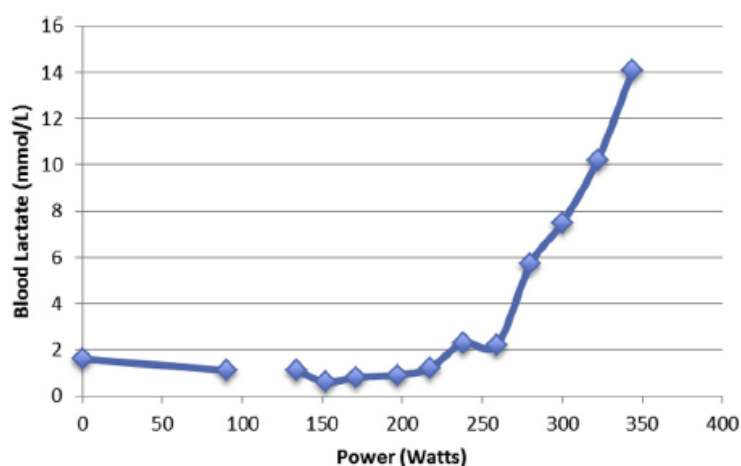
pirúvico, e metabolizado, ou transformado em glicose, em especial no fígado, e suprir as reservas de glicogênio muscular. Assim, com tal importância na ressíntese de ATP e manutenção das reservas de hidratos de carbono, a oxidação do lactato auxiliará para que se mantenha o exercício, em determinada intensidade, por mais tempo (Figura K) (Nelson & Cox, 2008; Di Mais et al, 2007; McKee & McKee, 2003; Hargreaves & Thompson, 1999; Guyton & Hall, 1997; Brooks et al, 1986).



**Figura 3:** Esquema do metabolismo do lactato no músculo estriado esquelético

O lactato não é um causador de fadiga e a presença da enzima lactato desidrogenase, que transforma o ácido pirúvico em lactato, também terá função de solução tampão para a acidose metabólica, uma das principais causas de fadiga muscular. O aumento da concentração de lactato é essencial para a produção muscular de NAD citológico para estímulo a contínua regeneração de ATP pela glicólise, o que pode aparentar, de forma positiva ou negativa, relação com tal acidose metabólica. Apesar de existir um paralelismo das curvas de concentração do lactato e do pH e a acidose metabólica ter sua causa no aumento na mudança das concentrações de ATP extra mitocondrial, a produção de lactato consome dois prótons, o que retardaria a acidose. (Hall, 2016; Sahlin, 2014; van Hall, 2010; Cairns, 2006; Robergs et al, 2004; Hargreaves & Thompson, 1999).

O lactato tornou-se um bom indicador de esforço e de fácil aplicabilidade. Com um pequeno aumento nas concentrações de lactato no início do exercício e um aumento da disponibilidade de ATP, pela ativação da musculatura que inicia a glicólise, mas sem haver aumento da frequência cardíaca e da dilatação dos vasos para fornecimento suficiente de oxigênio para os grupos musculares acionados, há um acúmulo de piruvato e a conversão em lactato que aumenta as suas concentrações sanguíneas. Com aumento do suporte de oxigênio pelas adaptações cardiovasculares, haverá a diminuição e estabilização das concentrações sanguíneas de lactato. Ao haver aumento da intensidade do exercício, haverá novo acúmulo de lactato sanguíneo devido a produção de lactato ser maior que sua absorção (Figura X) (Hall, 2016; Guyton & Hall, 1997).



**Figura 4:** Curva de acúmulo do lactato sanguíneo

## 2.4 Fadiga e Marcadores Salivares

Há aproximadamente 20 anos surgiu uma nova área de estudos que aborda os impactos da atividade física e do exercício no sistema imunológico. Esta área tem ainda na atualidade diversas lacunas no conhecimento total do impacto do exercício e muitas dúvidas a respeito das relações entre a imunologia do exercício e suscetibilidade às infecções (Gleeson, Pyne & Callister, 2004). A primeira linha de defesa do sistema imunológico é a mucosa salivar, foi uma das primeiras áreas estudadas, devido a provável

supressão imposta ao sistema imune através do exercício e das doenças comuns, ainda que tal associação entre o exercício e a causa das infecções geradas por este sejam inconclusivas na atualidade. (Walsh et al, 2011; Thomas et al., 2010).

Os níveis de Cortisol, Testosterona e alfa amilase têm sido analisados através de amostras de saliva por possuírem uma boa correspondência e correlação significativa com as amostras de sangue venoso, facto que torna tais recolhas mais atrativas por se tratar de um método minimamente invasivo e de simples aplicabilidade, podendo ser realizado com frequência e rapidez e sem que haja a necessidade de punção venosa (Hayes et al, 2015, Casanova, Palmeira-de-Oliveira, Reis, et al., 2015; McLellan et al, 2011; Gatti & De Palo, 2011; Granger et al, 2007; O'Connor & Corrigan, 1987).

#### **2.4.1 Cortisol**

Secretado nas zonas fasciculada e reticular do córtex adrenal, o Cortisol é um potente glicocorticoide responsável pela grande maioria das atividades glicocorticoides (95%), causada pela presença do ceto-oxigênio no carbono 3 e pela hidroxilação dos carbonos 11 e 21. Ele une-se ao sangue, na sua maioria, com a globulina fixadora ou, em menor quantidade, com a albumina, sendo acoplado ao tecido-alvo ou destruído em cerca de uma a duas horas, e é excretado em  $\frac{3}{4}$  pela urina e em  $\frac{1}{4}$  pelas fezes, após ter sido degradado no fígado. Uma das principais funções do cortisol é o estímulo e aumento (6 a 10 vezes) da gliconeogênese no fígado, convertendo proteína e outras substâncias em carboidratos através de duas vias. A primeira aumentando o nº de enzimas para converterem aminoácidos em glicose no fígado e a segunda na mobilização de aminoácidos a partir, principalmente, dos músculos, disponibilizando-os para a conversão em glicose (gliconeogênese). Outra função do Cortisol é a mobilização de ácidos gordos a partir do tecido adiposo e a aumentar as suas concentrações plasmáticas, o que aumentará a sua oferta para uso como energia. Com tal mobilização no tecido adiposo e a oxidação dos ácidos gordos, o organismo passa a utilizar, ao invés de glicose, ácidos gordos como fonte de energia, porém é necessário um longo período de tempo para que o processo se desenvolva por completo, mas que ao ocorrer, irá preservar as concentrações de glicose e glicogênio (Guyton & Hall, 1997). No sangue, somente até um máximo de 15% do cortisol se encontra biologicamente ativo ou de forma não ligada,

sendo que o restante se encontra ligado a proteínas séricas (Vining, McGinley & Symons, 1983).

O Cortisol é considerado a principal hormona no processo de catabolismo (Anderson et al, 2016; Gleeson, Bishop & Walsh, 2013; Papacosta & Nassis, 2011) e o aumento de sua secreção pode ser estimulada por uma variedade de episódios de stresse, físicos ou psicológicos, como traumatismos, infecções, temperaturas extremas e mesmo injeções, inclusive com propriedades anti-inflamatórias (Lopes et al, 2020; Peñailillo et al, 2015). O exercício físico e as competições desportivas podem levar a dois tipos de episódios: (1) stresse físico, pela fadiga à qual o corpo pode ser submetido e (2) psicológico, como em altos níveis de ansiedade, que irão desencadear uma “cascata” de acontecimentos a partir da secreção de corticotropina (CRH) na hipófise anterior que levará a secreção de hormonas adrenocorticotrópicas (ACTH) e à estimulação da secreção do cortisol, que, após exercício extenuante, irá aumentar a concentração do mesmo quase imediatamente (Sparkes et al, 2020; Russel et al, 2017; Anderson & Wideman 2017, Casanova et al., 2015, Tsai et al., 2012, Hellhammer et al., 2009, Guyton & Hall, 1997), porém, alguns autores, citam que o cortisol não terá a sua produção aumentada no exato momento em que se interrompe o exercício, por vezes havendo a necessidade da espera de um tempo mínimo de 20 minutos (Thomas et al.,2009, Lac et al., 1999). A normalização dos níveis de secreção de cortisol ainda se mostram discutíveis. Um estudo com atletas de rugby (Lindsay et al, 2015) apresenta tal normalização do cortisol após 17 horas, enquanto que, também com atletas de rugby Shearer et al (2015), apresentaram níveis significativamente elevados de cortisol 36 e 60 horas após jogo oficial. Hayes et al (2015) relatam que existe uma dependência do estímulo do exercício de resistência no *design* dos estudos, havendo variação na produção do cortisol, o que já não se apresenta em estudo com exercícios especificamente aeróbios ou de força, que, ao serem terminados, há estímulo suficiente para um aumento considerável do cortisol. Contudo, VanBruggen et al (2011), apesar de não encontrarem diferenças nas concentrações de cortisol com exercícios de 30 minutos de baixa e moderada intensidades, relatam que foi encontrada uma diferença significativa quando aplicada elevada intensidade (80% Vo2max) imediatamente após o exercício ( $p=0,005$ ) e 30 minutos após ( $p=0,007$ ). Outro fator a influenciar a elevação dos níveis de cortisol é o fator psicológico, onde, McLellan et al (2015), devido à ansiedade antes da partida de rugby, apresenta significativa elevação do cortisol ( $p=0,043$ ) 30 minutos antes do evento quando comparado com as 24 horas que o antecederam.

## 2.4.2 Testosterona

A testosterona é uma hormona andrógena, estimulada por hormônios gonadotrópicos da adeno-hipófise, é secretado nos testículos dos homens e, em pequena quantidade, nos ovários das mulheres. Além de sua função na caracterização sexual masculina, tem grande importância devido à sua função anabólica, ao atuar no aumento da síntese proteica e auxiliando no crescimento da musculatura, ao influenciar diretamente na capacidade, no desempenho desportivo e no estado psicofisiológico do atleta, assim como um efeito direto sobre a composição corporal (Casanova, Palmeira-de-Oliveira, Reis, et al., 2015; Herbst & Bhasin, 2004; Guyton & Hall, 1997).

Os níveis de Testosterona podem variar de acordo com o momento e o sexo do atleta. Nos momentos antes da competição os níveis de testosterona apresentam-se semelhantes aos de repouso, porém levemente aumentados. Quando observados após as competições, não diferindo quanto a serem desportos coletivos ou individuais, a concordância é ainda menor. Contudo, todos apresentaram elevação nos níveis de testosterona, mas alguns sem aumento significativo. Quando comparadas as elevações entre os sexos, as mulheres apresentaram elevações menores que as dos homens, apesar de haver baixo número de estudos no sexo feminino, mas havendo a necessidade de se considerar uma produção de testosterona menor (5 a 7 vezes) que nos homens (Hayes, 2015; Casanova et al. 2015). São encontrados níveis significativamente mais elevados de testosterona, após atividade exaustiva, 12 horas e 36 horas após ( $p < 0,05$ ), a ter sua normalização de níveis 60 horas após (Shearer et al, 2015). Intensidade, tipos e ordem de treinos e exercício também podem influenciar na secreção de testosterona como no estudo de Sparkes et al (2020) em que, ao utilizar duas sessões de treino, uma com treino de resistência e outro com treino prático de simulação, apresentou diferença significativa para efeito temporal ( $p = 0,003$ ) duas horas após o treino que iniciou com a prática simulada, com uma interação entre os protocolos de ordem de treino ( $p = 0,004$ ) porém com protocolo a iniciar com treino de resistência com maiores concentrações de testosterona ( $p = 0,01$ ).



### 2.4.3 Alfa Amilase

A Amilase é uma enzima digestiva produzida pelo pâncreas e glândulas salivares estudada desde o século XIX, com a função de atuar nas moléculas de amido hidrolisar as ligações glicosídicas a transformar hidratos de carbono complexos em hidratos de carbono simples. Extensamente descrita, há quase 200 anos, para uso de diagnóstico de pancreatite e com associações a outras doenças, vários estudos têm vindo a ser feitos nos últimos anos para possíveis novas aplicações clínicas. Das três classes de amilase ( $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ ), a alfa amilase é a única presente no organismo animal (Azzopardi, 2016; Guyton, 1997; Pieper-Bigelow, 1990).

O aumento das concentrações da alfa amilase salivar estão descritas como resposta ao stresse físico e psicológico em condições que incluem a prática do exercício e competições atléticas, quando submetidos a modificações de temperatura (calor e frio), quando expostos a exames escritos e stresse sociais (Granger, 2007).

Com a ativação do Sistema Nervoso Central (SNC) devido à exposição a exercício de alta intensidade, percebe-se que existe estimulação da secreção salivar da enzima alfa amilase, o que a pode tornar um indicador frequente de stresse (Honceriu et al, 2021; Hayes et al, 2015; Casanova et al, 2015; Granger et al, 2007). Na revisão de Koibuchi e Suzuki (2014) todos os estudos apresentam aumento das concentrações de alfa amilase salivar, ainda que cinco dos quinze estudos não tenham apresentado diferenças significativas, e que tal aumento seja mais visível em exercícios com intensidades acima de 70%  $VO_2max$ , o que confirmando-se pode tornar a alfa amilase salivar como um biomarcador, não invasivo, para o stresse físico.

## 2.5 Recuperação e Métodos de Recuperação

A melhoria no desempenho e performance e prevenção de lesões, fadiga crônica e *overtraining* está intrinsecamente relacionada com o planeamento dos treinos e sua prescrição, assim como à uma prescrição de uma recuperação adequada para poder restaurar condições de normalidade do corpo à homeostase após o exercício ou competição, o que, em sua falha, pode levar o atleta a não estar hábil para a prática nos

treinos ou provas e até a um afastamento prolongado. Para a potencialização e uma recuperação mais acelerada, diversos métodos e condições são impostas aos atletas, após sessões de treinos ou competição, como exercícios ativos em intensidades menores às realizadas anteriormente, aplicação de técnicas de massagem, terapias à base de imersão em água fria (crio imersão ou crioterapia) ou com contraste de calor e frio, uso de alongamentos, ingestão de substratos, entre outros, e, mais recentemente, o uso das “botas de compressão” (Compressão Pneumática Intermitente) (Hauswirth & Mujika, 2013; Pastre, 2009; Barnett, 2006).

### **2.5.1 Recuperação Ativa (ACT)**

Amplamente utilizada nos diversos desportos, a recuperação ativa consiste em, após o exercício, a aplicação de continuidade de atividade física cíclica em intensidades mais baixas, onde tal intensidade se posiciona de forma individual a cada atleta, prática desportiva e objetivo nela depositada. Quando o objetivo é a recuperação ativa para a remoção das altas concentrações de lactato, comparada à recuperação passiva, a aplicação de uma intensidade de 50% do  $VO_2$ max apresenta-se com eficiência superior para a normalização das concentrações de lactato sanguíneo em um período de tempo menor (Oliveira, 2016). Ainda assim, há a discussão quanto à intensidade a ser empregada na recuperação ativa, onde para a remoção total das concentração de lactato há a dependência da intensidade da recuperação ativa com o pico de remoção que parece estar associado a intensidade próximas ao limiar de lactato, como descrito por Menzies (2010) ao comparar diferentes intensidade de recuperação ativa em passadeira com 40, 60, 80 e 100% do limiar anaeróbio de lactato, outra a ser regulada pelo próprio voluntário e com recuperação passiva. Mesmo assim, ainda há considerações de que a recuperação ativa pode ser prejudicial à ressíntese de glicogênio (Barnett, 2006).

## 2.5.2 Recuperação por Compressão Pneumática Intermitente (IPC)

As botas de compressão (Compressão Pneumática Intermitente - IPC) foram criadas para criar uma pressão adequada ao favorecimento do retorno venoso onde, originalmente, está a ser usada no pós cirúrgico e tratamento de tromboembolismo venoso, trombose venosa profunda, linfedema, edema traumático, melhorar sistema hemodinâmico periférico (membros superiores e inferiores), prevenir isquemia periférica e ulcerações (Overmayer, 2017; Cochrane, 2013)

Sendo adotada há pouco tempo como método de recuperação, a Compressão Pneumática Intermitente possui ainda poucas evidências e estudos do impacto sobre a recuperação que venham apoiar o seu uso, apesar de estar a ganhar rápida popularidade (Martin *et al*, 2015; Cochrane, 2013). O equipamento é constituído por uma manga hermética constituída de câmaras que se inflam de forma intermitente e sequencial, automatizada e controlada para promover a compressão e controlada, a promover a compressão (Heapy, 2018).

Em dois estudos a comparar a IPC, com aplicação de 30 minutos, com a recuperação passiva ou com falso uso da IPC com as pressões diminuídas, as concentrações de lactato não se apresentaram significativamente diferentes (Overmayer, 2017) ou somente após vigésimo quinto minuto a IPC se mostrou mais efetiva significativamente ( $p \leq 0,05$ ) a remover lactato (Martin, 2015). Ao ser comparada à oclusão vascular e à recuperação passiva, a IPC, após realização de 10 *sets* de 10 repetições cada de agachamento com carga de 70% de uma repetição máxima (1RM), não apresentou diferenças significativas nas análises em dinamómetro isocinético, saltos verticais ou percepções de dor, somente a demonstrar diferença significativa ( $p=0,02$ ) em protocolo de classificação de recuperação por Escala Likert em comparação com a recuperação passiva (Northey, 2016). Avaliações de forças em dinamómetro isocinético e salto vertical com uma perna também não apresentaram diferenças significativas no estudo de Cochrane (2013) quando reavaliados após 24, 48 e 72 horas e em comparação com aplicação da IPC com pressões diminuídas, assim como para índices de percepção de dor e de fadiga (Heapy, 2018; Overmayer, 2017; Martin, 2015), mas com diminuição significativa ( $p < 0,01$ ) após recuperação de 20 minutos quando comparada à recuperação passiva, mas similar à aplicação de massagem (Hoffman, 2016).

### 2.5.3 Recuperação com *Massage Gun* (Pistola massajadora-GUN)

Os dispositivos de percussão manual, também conhecidos por *Massage Gun* ou Pistola massajadora, vem ganhando popularidade nos últimos anos entre os fisioterapeutas, atletas e profissionais ligados à prática de exercício físico. Tal equipamento combina elementos da massagem convencional e da terapia vibratória e tem por objetivo ter consequências, similares à massagem manual e à liberação miofascial, como o relaxamento e a recuperação (Konrad et al, 2020). A massagem convencional pode retardar o início da dor muscular tardia após exercício vigoroso e extenuante e melhorar os movimentos musculares e articulares, contudo, não há evidências sobre a melhora e relação as medidas de força muscular, saltos, *sprints* ou à fadiga (Davis et al, 2020). Terapia vibratória, ou massagem vibratória, com uso de rolos de espuma vibratórios, que se aplicam sobre musculatura diretamente, ou plataforma vibratória de corpo inteiro tem respostas similares a massagem convencional em relação a melhora dos movimentos mio-articulares (Cheatham et al, 2019). Porém, a terapia vibratória parece induzir ganhos com relação a alguns índices de força muscular (Lee et al, 2018).

# Metodologia

---

## Capítulo 3

### **3. Metodologia**

Este é um estudo transversal-cruzado entre três metodologias usadas como meio de recuperação em voluntários submetidos a teste de esforço fatigante. O estudo foi realizado na Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra (FCDEF-UC) e composto por quatro ocasiões, separados entre eles por um mínimo de sete dias e um máximo de quatorze dias.

Antes da realização dos testes, todos os voluntários foram informados dos objetivos e procedimentos a serem utilizados no estudo, de forma verbal e por escrito na forma de termo de consentimento informado conforme aprovação do Comitê de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra (CE/FCDEF-UC/00572020) (Anexo 1), o qual, para efetiva participação, foi assinado.

#### **3.1 Amostra do Estudo**

A amostra do estudo foi constituída por estudantes universitários, do sexo masculino e com idades entre os 18 e 30 anos, onde todos aparentavam ser fisicamente saudáveis, com prática mínima de exercícios há 6 meses por pelo menos três vezes por semana, com somatório semanal mínimo de 270 minutos. Todos tinham histórico de participação em competições federadas.

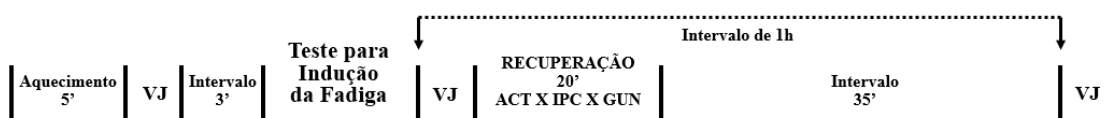
#### **3.2 Protocolo de Teste**

##### **3.2.1 Desenho Experimental**

Os testes foram realizados em quatro ocasiões, onde, no primeiro dia, foram explicados todos os procedimentos e protocolos a serem realizados, sendo ainda realizada a recolha das medidas antropométricas e da composição corporal. Todos os testes foram

realizados no mesmo horário do dia para que não houvesse influência relativa ao ritmo circadiano. Com relação à avaliação de força, foi realizado o teste de uma repetição máxima (1RM) no exercício de agachamento em aparelho de *Smith Machine*.

Nos demais dias seguintes, separados cada um por um período mínimo de sete e máximo de quatorze dias, foram realizados em cada um dos dias um teste para produzir fadiga nos voluntários. Após o teste foram submetidos por um período de 20 minutos a um dos três métodos de recuperação: a recuperação ativa (ACT), a recuperação com uso das “botas de compressão” (compressão pneumática intermitente - IPC) e a recuperação com uso de dispositivo de percussão (*Massage Gun* – GUN), escolhidos de forma aleatória por sorteio em papel por parte do próprio voluntário e sem o conhecimento prévio, conforme a Figura 5.



**Figura 5:** Diagrama esquemático dos dias de testes com recuperação. ACT: recuperação ativa; IPC: recuperação com botas de compressão; GUN: recuperação com *massage gun*. VJ: testes de saltos verticais

### 3.2.2 Composição Corporal

Realizada no primeiro momento, antes de todos os testes, na avaliação antropométrica foram mensuradas a massa corporal e a estatura e as pregas cutâneas para determinação da composição corporal.

A massa corporal foi medida em uma balança portátil (Seca 770<sup>®</sup>, Hamburg, Alemanha) com valores em quilogramas e precisão em gramas. As medições foram realizadas com os atletas em posição ortostática, vestidos somente com calções. A estatura foi medida com estadiômetro portátil (Harpenden<sup>®</sup> modelo 98.603, West Sussex, UK) com precisão em milímetros. Com ambas as medidas, foi calculado o Índice de Massa Corporal (IMC) para categorização da amostra e onde foram classificados conforme os critérios da Organização Mundial de Saúde (OMS, 2004), conforme a Tabela 1.

**Tabela 1:** Classificação do Índice de Massa Corporal (OMS, 2004)

<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>IMC (Kg/m<sup>2</sup>)</b>
Desnutrição	< 18,5
Normal	18,5 – 24,9
Sobrepeso	25,0 – 29,9
Obesidade Grau 1	30,0 – 34,9
Obesidade Grau 2	35,0 – 39,9
Obesidade Grau 3	≥ 40,0

A medição das pregas cutâneas foi realizada com uso de adipômetro (Cescorf<sup>®</sup>, Porto Alegre, Brasil) (Figura 6), onde se mediu as seguintes pregas cutâneas, do lado direito do corpo, conforme o *American College of Sports Medicine* (ACSM, 2018) e a *International Society for the Advancement of kyanthropometry* (ISAK, 2001):

- Prega Peitoral – com voluntário de pé e com braço relaxado ao lado do corpo, medida de forma oblíqua no ponto médio entre a linha axilar anterior e mamilo;
- Prega Tricipital – com voluntário de pé e com braço relaxado ao lado do corpo, medida horizontalmente no ponto médio entre o acrômio da escápula e o processo olecrâniano do osso da ulna;
- Prega Subescapular – com voluntário de pé e com braço relaxado ao lado do corpo, de forma oblíqua, com direções médio-lateral e crânio caudal, imediatamente abaixo do vértice inferior da escápula;
- Prega Axilar Média – com voluntário de pé e com braço relaxado ao lado do corpo, medida verticalmente na interseção da linha axilar média e linha horizontal traçada a partir do processo xifoide do osso esterno;
- Prega Suprailíaca – com voluntário de pé e com braço relaxado ao lado do corpo, medida oblíqua com direção látero-medial e crânio caudal acima da crista ilíaca sobre a linha axilar média;
- Prega Abdominal – com voluntário de pé e com braço relaxado ao lado do corpo, medida vertical a 2 centímetros do umbigo;



• Prega Média de Coxa – com voluntário sentado com joelho fletido a 90°, medida vertical na face anterior da coxa no ponto médio entre a prega inguinal e o bordo superior da patela.



**Figura 6:** Adipômetro Cescorf para medição de pregas cutâneas

Para a estimativa da densidade corporal (DC) foi utilizada a equação de sete pregas de Jackson e Pollock (1978), onde:

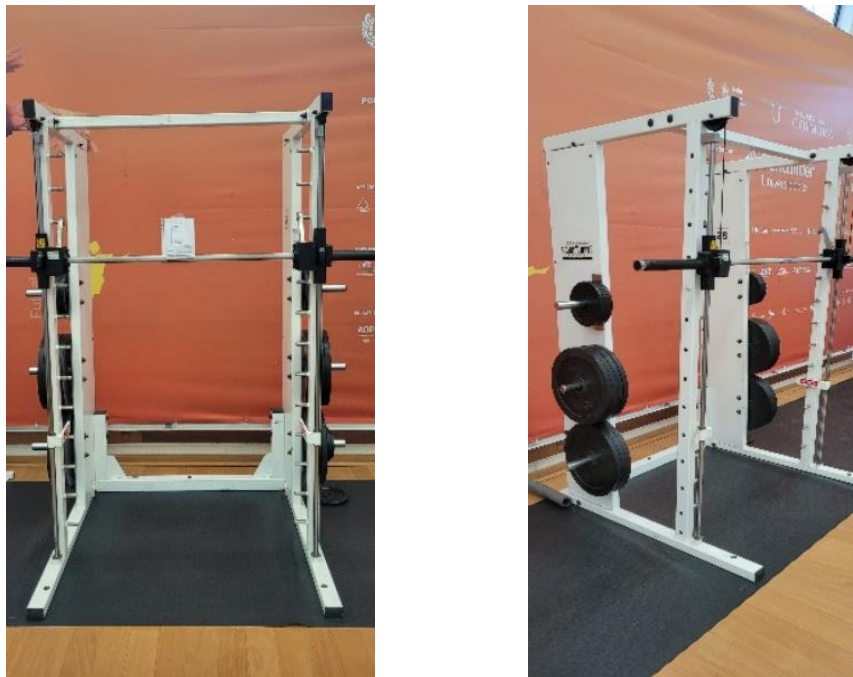
$$DC = 1,112 - 0,00043499 (\text{soma das sete pregas}) + 0,00000055 (\text{soma das sete pregas})^2 - 0,00028826 (\text{idade})$$

O resultado da equação de Densidade Corporal foi aplicado sobre a seguinte equação para estimativa da percentagem de gordura (%G):

$$\%G = (495 / DC) - 450$$

### 3.2.3 Teste de uma Repetição Máxima (1RM) e Teste de Esforço para Indução da Fadiga (TF)

No primeiro dia foi realizado o teste de 1RM em exercício de agachamento em equipamento de *Smith Machine* (Paramount Strength Systems®, Los Angeles, CA, USA) (Figura 7), para se apontar a carga máxima alcançada. Em situações de terreno, o teste de 1RM ainda é considerado o *Gold Standard* para avaliar força muscular a partir da carga máxima quando realizado o movimento proposto de forma correta em uma única repetição, sem que se consiga realizar uma segunda repetição (Seo *et al*, 2012; Levinger *et al*, 2009)



**Figura 7:** Equipamento de *Smith Machine*

Todos os voluntários, instruídos anteriormente, deveriam estar, nos dias de teste, hidratados e descansados, sem ter realizado atividades físicas extenuantes, consumo de bebidas alcólicas e cafeína há pelo menos 48 horas e com um mínimo de duas horas após a refeição (pequeno almoço ou almoço).

Antes de cada teste, realizou-se um aquecimento em cicloergômetro Monark® (Peak 828E, Suécia) (Figura 8), onde este foi de acordo com as medidas individuais de

cada voluntário, há estar o *selim* alinhado paralelamente ao processo ósseo do trocânter maior do fêmur. O aquecimento teve a duração de cinco minutos com os voluntários a pedalar entre os 70 e 75 rpm, com uma carga de 1kg durante todo o aquecimento.

O aparelho de *Smith Machine* foi escolhido para se evitar qualquer acidente de queda e qualquer problema que pudesse vir a prejudicar os atletas voluntários, onde, caso houvesse qualquer intercorrência durante a execução do TF, os avaliadores e auxiliares poderiam travar equipamento e prestar socorro. Os testes utilizaram o exercício de agachamento com movimento limitado a 90° de flexão de joelho (*half back squat*) para que houvesse ênfase nas musculaturas de quadríceps e isquiotibiais, para que houvesse sobrecarga nos músculos com a ideia de gerar fadiga, como na proposta dos padrões estabelecidos por Myer *et al* (2014).



**Figura 8:** Cicloergometro Monark 828E

Antes de cada teste, todos os equipamentos a serem utilizados para os testes e coleta de dados serão calibrados, conforme as instruções de seus fabricantes.

### **3.2.3.1 Teste de Uma Repetição Máxima (1RM)**

No teste de 1RM, a primeira série foi realizada sem implemento de carga e com um número de 10 repetições para que haja um conhecimento do equipamento e as correções necessárias quanto ao posicionamento e realização do movimento. Nas séries seguintes, com intervalos de cinco minutos para uma recuperação energética completa, foi adicionada carga e os voluntários foram estimulados e incentivados verbalmente a realizar duas repetições com a carga estabelecida. Quando foram realizadas as duas repetições, para série seguinte, acrescentou-se a carga, até o momento em que se realizasse somente uma repetição. Ao não se realizar nem uma única repetição, o que demonstrava carga além daquela a se realizar uma repetição máxima, foi subtraída carga para que se chegasse à carga ideal para uma única repetição, a 1RM.

Durante o teste de 1RM foi feito um acompanhamento da frequência cardíaca e apontada a máxima alcançada, assim como a respostas de percepção dos voluntários às escalas de percepção de esforço (RPE 20) (Borg, 2000) e a Escala Likert de Dor Muscular (LSMS - Likert Scale of Muscle Soreness) (Vickers, 2001) (Anexo 2).

### **3.2.3.2 Teste de Esforço Máximo para Indução de Fadiga (TF)**

Os TF foram compostos de três séries cada, separadas por um minuto, onde cada série era realizada até a falha concêntrica em que o voluntário não conseguisse realizar o movimento de agachamento, ou se houvesse uma interrupção, intervalo, superior a dois segundos para a recuperação da força. A carga utilizada nos TF foi estipulada em 50% da carga alcançada no teste de 1RM.

Assim como no teste de 1RM, foi feito acompanhamento da frequência cardíaca e apontada a máxima alcançada ao fim de cada uma das três séries (*sets*), o número de repetições alcançadas com movimentos completos, o tempo decorrido até a falha concêntrica e escalas RPE 20 (Borg, 2000) e a LSMS (Vickers, 2001).

### 3.2.3.3 Avaliação através de Saltos de Impulsão Vertical

Após o aquecimento inicial, imediatamente após o TF e uma hora após o término do TF, foram realizados testes de impulsão vertical, nomeadamente o *Squat Jump* (SJ), *Counter Movement Jump* (CMJ) e *Continuous Jumps - 30 seconds* (30CJ). Os testes de impulsão vertical, como necessitam de uma ativação da musculatura de quadríceps para sua realização, foram utilizados como parâmetros de comparação sobre a aplicabilidade dos métodos de recuperação e possível reativação da performance do grupo muscular em questão.

Os testes de SJ e CMJ possuem confiabilidade e validação na mensuração estimada da potência muscular de membros inferiores de homens fisicamente ativos (Markovic et al, 2004). O SJ e o CMJ foram realizados em triplicata e apontou-se os saltos de maior altura atingida.

O teste de 30CJ, validado para avaliação de performance na capacidade anaeróbica (Cular, 2018; Dal Pupo, 2014), é um teste mais prático e de menor duração, que envolve potência muscular do ciclo encurtamento-alongamento e potência anaeróbia alática. Foram apontados os números de saltos realizados durante os 30 segundos e as alturas médias alcançadas dentre as repetições realizadas.

Logo após os três testes de impulsão vertical, os voluntários sentavam-se em uma cadeira e realizava-se a recolha salivar.

Para a realização dos testes de impulsão vertical foi utilizado o equipamento *OptoJump Next*<sup>®</sup> (Microgate<sup>®</sup>, Bolzano, Itália) (Figura 9), constituído de duas barras, distanciadas um metro uma da outra, com sensores ópticos. O equipamento possui interface com computador portátil para aquisição de parâmetros e variáveis, através do *OptoJump Next Hardware*<sup>®</sup> (Microgate<sup>®</sup>, Bolzano, Itália), captados através dos sensores das barras.



**Figura 9:** OptoJump Next

### **3.3 Métodos de Recuperação**

Os métodos de recuperação utilizados foram a recuperação ativa (ACT) e a recuperação com uso das “botas” de Compressão Pneumática Intermitente (*Intermittent Pneumatic Compression - IPC*) e a recuperação com dispositivo de percussão manual (*Massage Gun – GUN*). Todos os métodos de recuperação consistiram em aplicações a partir do quinto minuto após o término do TF e realizaram-se por um período total de 20 minutos através das metodologias supracitadas, havendo uma randomização destas para cada voluntário para que não se tenha um conhecimento prévio da metodologia que pudesse influenciar nos resultados das avaliações.

### **3.3.1 Recuperação Ativa (ACT)**

A recuperação ativa foi realizada pelo tempo de 20 minutos em cicloergômetro (Monark<sup>®</sup> 828E, Vansbro, Suécia), onde os voluntários pedalarão com cadência entre 70 e 75 rotações por minuto (rpm), com carga imposta de 1kg. O equipamento de ciclo ergômetro utilizado foi o mesmo onde foram realizados os aquecimentos. E, assim como nos aquecimentos, a altura do selim foi ajustada individualmente para os voluntários.

### **3.3.2 Recuperação por Compressão Pneumática Intermitente (IPC)**

Os voluntários utilizaram o equipamento *Normatec 2.0<sup>®</sup>* (Hyperice, USA), composto por duas “botas” com cinco compartimentos infláveis que envolvem os membros inferiores (Figura 10), sendo inflados por uma bomba automática programável (*Normatec Control Unit 2.0<sup>®</sup>*, Hyperice, Newton Center, MA, USA) (Figura 11), individualmente de distal para proximal, onde, cada compartimento é inflado a realizar a compressão até que os cinco compartimentos estivessem inflados simultaneamente. As compressões utilizaram uma pressão de 80mmHg em cada câmara. Após 30 segundos com todos os compartimentos inflados, todos retornavam ao estado inicial, sem que houvesse compressão, até que se iniciasse um novo ciclo de compressões. A IPC foi realizada pelo período de 20 minutos com os voluntários sentados e recostados confortavelmente.



**Figura 10:** Perneiras (“Botas”) da IPC (Normatec 2.0<sup>®</sup>)



**Figura 11:** Bomba automática programável (Normatec Control Unit 2.0<sup>®</sup>)

### 3.3.3 Recuperação com *Massage Gun* (Pistola massajadora - GUN)

Foi utilizado o equipamento Massagador Elétrico *Deep Therapy* (modelo RM-MP0651A, RelaxMedic<sup>®</sup>, São Paulo, Brasil), com o uso da ponteira esférica (Figura 12), com uma frequência de 60 Hz e de 3200 rpm. Com voluntário sentado de forma confortável, com joelhos estendidos, a aplicação do método foi realizada no sentido craniocaudal sobre a musculatura das coxas (quadríceps, adutores e abdutores), com troca entre os membros a cada 30 segundos. A cada quatro minutos, havia um minuto de intervalo para que se fosse feita a recolha de dados, totalizando estágios de 5 minutos. A aplicação da *massage gun*, foi realizada, como meio de recuperação, até que se completasse um total de 20 minutos.





**Figura 12:** Massageador Elétrico *Deep Therapy* (modelo RM-MP0651A)

Comumente nomeada de “Pistola massajadora” ou “*Massage Gun*”, é um dispositivo que tem sido utilizado recentemente de forma terapêutica e nas práticas desportivas através de técnicas de liberação miofasciais, a somar movimentos de compressão e vibração, em maior profundidade que dispositivos vibratórios, ainda que em menores frequências (Cullen, Casazza & Davis, 2021).

### 3.4 Determinação da Fadiga

A se basear nos conceitos, em que a fadiga é a perda e/ou falha em manter força muscular em determinada atividade motora ou exercício por um período de tempo, a fadiga vai ser determinada através do número de repetições das séries, em cada dia dos TF, onde, para que se determine a presença da fadiga, há que se observar uma diminuição progressiva do número de repetições entre as séries realizadas, com mesma carga e sem que os voluntários tenham um intervalo de recuperação superior a um minuto entre as séries ou interrupção dos movimentos durante as repetições, quando em posição ortostática.

Também como forma de se visualizar o esforço e suas intensidade para se perceber como se chegou à fadiga, fez se uso de escalas de percepção de esforço (RPE) (Borg, 2000) e dor muscular (*Likert Scale of Muscle Soreness - LSMS*) (Vickers, 2001), do aumento e acúmulo das concentrações de lactato sanguíneo e da frequência cardíaca máxima alcançada, que também foi comparada à equação de previsão da frequência cardíaca de reserva (HRR) com intensidade a 85% (ACSM, 2018), onde:

$$\text{HRR} = [(\text{FC}_{\text{máxima}} - \text{FC}_{\text{repouso}}) \times \% \text{ intensidade}] + \text{FC}_{\text{repouso}}$$

### **3.5 Recolha Sanguínea e Determinação da Concentração de Lactato**

No estudo piloto, a recolha de sangue para determinação do lactato foi realizada com capilares Ringcaps<sup>®</sup> 10µl (Hirschmann<sup>®</sup>, Eberstadt, Alemanha) (Figura 13a) após higienização com toalhete com álcool e seca com papel absorvente para que não houvesse contaminação da amostra sanguínea e seguida de picada na região da polpa de dedo da mão com lanceta descartável Unistik<sup>®</sup> Extra 2 (Owen Mumford<sup>®</sup>, Woodstok, UK). Após a formação de uma gota, o sangue era recolhido com ajuda do microcapilar e, com ajuda de micropipeta, depositado em frasco (cuvette). As amostras de sangue foram analisadas em um Mini Espectrofotômetro Plus LP 20<sup>®</sup> (Dr Lange<sup>®</sup>, Bavaria, Alemanha) (Figura 13b), com reagente Lactate LAC142<sup>®</sup> (Diaglobal<sup>®</sup>, Berlim, Alemanha) (Figura 13c) e, após, descartadas devidamente.

Foram realizadas recolhas em repouso, após 5 minutos do TF (momento inicial da recuperação), 10, 15, 20 e 25 minutos.



**Figuras 13 (a / b / c):** Capilares Ringcaps, Mini Espectrofotômetro Plus LP 20 Dr Lange e Reagentes Lactate LAC142

Nos estudos com número de amostra mais extenso, após a higienização com toalhete com álcool, secagem com papel absorvente e picada em polpa de dedo com lanceta descartável, foi recolhido 0,3 µl de sangue capilar. Para medição do lactato foi utilizado analisador de lactato Mini Espectrofotômetro Lange® (Arkray, Kyoto, Japão).

Os resultados, em mmol/L, foram registrados para posteriormente estabelecer comparações entre os momentos de recolha e entre os métodos de recuperação.

### 3.6 Determinação dos Biomarcadores Salivares

#### 3.6.1 Procedimentos de Recolha e Análise da Saliva

A recolha de saliva para determinação da Testosterona (T), Cortisol (C), rácio entre Testosterona e Cortisol (T/C) e Alfa Amilase (AA) foi feita por “*passive droll*” cumprindo o determinado pelo fabricante dos kits de análise salivar (Salimetrics®, CA,

USA). Os voluntários foram instruídos para seguirem as seguintes posturas para realização das recolhas salivares:

- Não ter ingerido qualquer refeição com menos de uma hora antes da recolha;
- Não consumir álcool nas 24 horas antecedentes à recolha;
- Não ingerir alimentos, mastigar pastilhas elásticas ou rebuçados entre 30 e 45 minutos que antecedessem à recolha;
- Não escovar os dentes antes da recolha, sendo permitido somente bochechar com água até 10 minutos antes à recolha.

Os voluntários permaneceram sentados por dois minutos, sem forçar gengiva ou dentes para que não houvesse sangramento e inutilização do material biológico, salivando de forma passiva. A saliva foi recolhida num tubo de polipropileno transparente e com tampa de enroscar de 30ml (Sarstedt<sup>®</sup>, Nümbrecht, Alemanha), previamente pesados em balança analítica (Kern<sup>®</sup> 770-13, Balingen, Alemanha). Após a recolha, as amostras de saliva foram centrifugadas em microcentrífuga (Heraeus Bifuge Pico<sup>®</sup>, Hanau, Alemanha) a 3000 rpm durante 5 minutos e distribuídas por dois tubos *Eppendorf* com uso de micropipetas (*Eppendorf* Research 3110<sup>®</sup>, Hamburg, Alemanha). Os tubos *Eppendorfs* permaneceram armazenados a negativos vinte graus Celsius (-20°C) até serem analisados.

As recolhas de saliva foram realizadas em quatro momentos:

1. Antes do teste em repouso;
2. 3 minutos após teste;
3. Após uma hora do TF e aproximadamente 35 minutos após o término da aplicação de um dos métodos de recuperação;
4. 24 horas após TF.

Os níveis de cortisol (High Sensitivity Salivary Cortisol Enzyme Immunoassay kit, Salimetrics, USA) e testosterona (Salivary Testosterone ELISA Immunoassay kit, Salimetrics, USA) salivares foram determinados pela técnica de ELISA competitiva (Salimetrics, USA) de acordo com as instruções do fabricante. O nível de detecção do kit utilizado para a testosterona salivar é de 6,1 pg/ml com uma sensibilidade

de 1pg/ml enquanto para o cortisol salivar o nível de detecção é de 0,012ug/dL com uma sensibilidade de 0,007ug/dL.

### **3.7 Recolha e Determinação da Frequência Cardíaca (FC)**

Os atletas voluntários utilizaram de um cardiofrequencímetro antes e durante o aquecimento, durante os testes e a aplicação dos métodos de recuperação. Antes do aquecimento, os atletas foram colocados sentados, sem estímulos visuais e auditivos para a recolha da frequência cardíaca de repouso. A frequência cardíaca foi acompanhada durante o TF e, ao final de cada um dos três *sets*, a frequência máxima atingida foi apontada. Para se observar a as respostas ao métodos de recuperação, a frequência cardíaca foi apontada a cada 5 minutos durante as recuperações.

Foram utilizados os cardiofrequencímetro cardíaco Polar V800 e o sensor H7(Polar®, Finlândia) para recolha da FC, e os dados foram levantados através do programa Polar Flow (Polar®, Finlândia). Os resultados da FC foram registados em uma tabela no Microsoft Excel 2016.

### **3.8 Procedimentos Estatísticos**

A análise estatística foi feita com uso do software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS version 27, IBM-SPSS Inc, Chicago, IL, EUA).

As variáveis foram expressas descritivamente pela média e desvio padrão.

As análises de normalidade da distribuições foram realizadas através do teste de Shapiro-Wilk. Quando dos estudos pilotos com dois grupos de comparação, para se analisar a existência de possível diferença entre os momentos de avaliação, em cada recuperação, foi utilizado o Teste *t student* pareado. Para se analisar a diferença entre as recuperações, a cada momento de análise, aplicou-se o Teste *t student* para amostras independentes. Para se perceber a remoção de lactato, utilizou-se o percentual de remoção em relação as concentrações de lactato máximo atingidas. Nos estudos com três métodos de recuperação (ACT, IPC e GUN), as análises entre os métodos de recuperação foram

realizadas através de uma análise de variância com Teste de Kruskal-Wallys. O Teste de Friedman foi usado para análise das medidas ao longo do tempo dentro de cada recuperação. Comparações em pares foram realizadas usando ajustes pelo Teste de *Post-Hoc* de Bonferroni. O nível de significância foi estabelecido com  $p < 0,05$ .

# Resultados

---

## Capítulo 4

#### **4. Resultados**

Os estudos estão dispostos na seguinte ordem:

Estudo 1: Compressão Pneumática Intermitente (IPC) como Método de Recuperação após Exercício: uma Revisão Compreensiva

Estudo 2: Resposta dos Marcadores Salivares no Pós-Exercício e no Período de Recuperação: uma Revisão Sistemática

Estudo 3: Comparação entre a Recuperação Ativa e o uso da Compressão Pneumática Intermitente como meio de Recuperação após Teste de Força Fatigante e na Performance: um estudo piloto

Estudo 4: Marcadores Salivares em Resposta a Recuperação Ativa e a Recuperação com uso da Compressão Pneumática Intermitente: estudo piloto

Estudo 5: Comparação entre Recuperação Ativa, Compressão Pneumática Intermitente e Pistola massajadora como Método de Recuperação após Teste de Força Fatigante

Estudo 6: Impacto de Três Métodos de Recuperação sobre o Cortisol, Testosterona e Alfa Amilase após Teste de Exercício Fatigante



#### **4.1 ESTUDO 1: Compressão Pneumática Intermitente (IPC) como Método de Recuperação após Exercício: uma Revisão Compreensiva**

**Resumo:** O objetivo desta revisão foi reunir informações da literatura sobre o uso da IPC como método de recuperação após exercício, treino ou competição. A metodologia de busca em bases de dados (PubMed, b-On, SCIELO e SportDiscus), apenas na língua inglesa, foi utilizada para revisão com estudos dos anos de 2000 a 2021 em que não houvesse amostras com diagnósticos de doenças. Nesta revisão compreensiva foram encontrados 354 estudos que, após aplicação de itens de inclusão, como necessidade de outro método de recuperação como forma de comparação e exclusão e análise de resumos e textos completos, totalizaram seis estudos. Foi realizada uma análise dos estudos em relação à amostra estudada, ao protocolo de intervenção da IPC, aos métodos de recuperação utilizados como comparação, ao agente de stresse fisiológico e às variáveis analisadas e suas respostas. Os resultados encontrados não mostraram diferença significativa que indiquem superioridade ou inferioridade para o uso da IPC. Após a discussão, observou-se um baixo número de evidências para que se pudesse ter uma posição definitiva quanto ao uso da IPC como método de recuperação, embora sejam evidentes a falta de respostas positivas e divergências quanto ao uso dessa metodologia. Ainda persiste uma lacuna para se compreender a IPC como método de recuperação após exercício, mesmo havendo respostas positivas com relação ao conhecimento empírico.

**Palavras-Chave:** Compressão Pneumática Intermitente; Recuperação; Exercício; Métodos.

**Keywords:** Intermittent pneumatic compression; Recovery; Exercise; Methods.

### 4.1.1 Introdução

Existem vários métodos de recuperação sendo utilizados como a recuperação ativa, a imersão em água fria, roupas de compressão, contraste de temperatura, eletroestimulação, mas há grande divergência científica ou mesmo a falta de evidências. Uma delas, a Compressão Pneumática Intermitente (IPC), criada com uma pressão adequada para auxiliar o retorno venoso, é amplamente investigada como método de reabilitação no tratamento de doenças como linfedema e outras patologias vasculares, distúrbios no tônus muscular, efeitos decorrentes de imobilidade prolongada, entre outras (Overmeyer et al, 2017; Cochrane et al, 2013). Há algum tempo, a IPC vem sendo usada como método de recuperação após exercício em atletas (Cochrane et al, 2013; Barnett et al, 2006)

Sistematizar e planejar o treino físico de forma correta necessita atenção em relação a todos os aspectos e capacidades físicas para uma melhora do desempenho, sendo a recuperação um dos fatores influenciadores do condicionamento físico e restauração das condições física basais e a melhora do desempenho, levando à homeostase (Pastre, 2009). Altos níveis de fadiga e recuperação inadequada podem levar os atletas a uma incapacidade de treinar e competir, e até mesmo ao *overreaching*, *overtraining* e a lesões (Meeusen, 2013; Hausswirth & Mujika, 2013; Barnett, 2006). Reproduzindo o mecanismo fisiológico de bombeamento dos músculos durante o movimento, a IPC utiliza botas infláveis e/ou mangas com câmaras com compressões sequenciais e intermitentes que potencializam o retorno venoso e a bomba linfática (Tessari, 2018).

A recuperação deve ser baseada em dois objetivos: a recuperação das capacidades de trabalho para que a carga de trabalho possa ser realizada novamente e para otimizar o efeito das carga de trabalho realizada anteriormente. Atletas, de alto rendimento ou não, ou praticante de exercício físico regular, têm o hábito de intensificar seus treinos com intuito de melhorar seu desempenho, suas habilidades físicas, porém há de se evitar o cansaço e desgaste excessivo (Hausswirth & Mujika, 2013).

O objetivo desta revisão foi analisar informações presentes nos estudos das bases de dados e compreender o uso e as respostas oferecidas pelo uso da Compressão Pneumática Intermitente como método de recuperação após exercício extenuante, como treino e competição. Também buscou-se detalhar as variáveis utilizadas nos estudos para se ter respostas mais detalhadas sobre a aplicação da IPC na recuperação.

## **4.1.2 Metodologia**

### **4.1.2.1 Fonte de Dados**

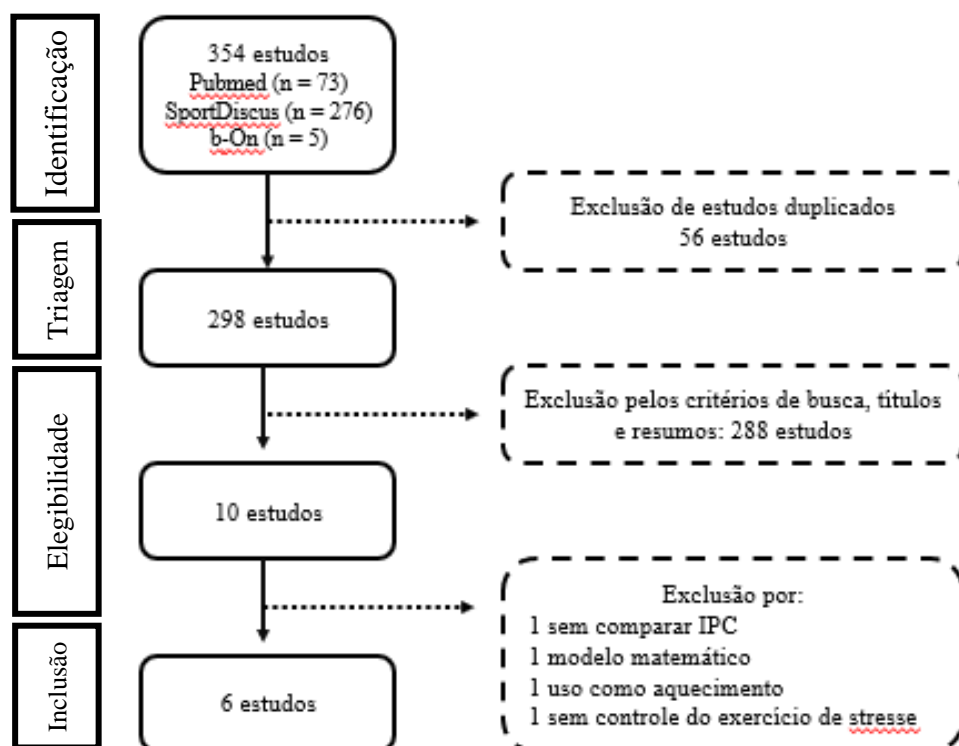
Foi realizada uma revisão sistemática, que culminou em uma revisão abrangente, de acordo com as recomendações do *Cochrane Handbook of Systematic Review*, devidamente registrado (PROSPERO: CRD 42021247954) (Anexo 3). A revisão foi feita através de quatro bases de dados: PubMed (Medline), EBSCO (SportDiscus), B-On e SCIELO, com estudos entre os anos de 2000 e 2021 que antecederam o 10º dia do mês de dezembro de 2021. As palavras-chave utilizadas (na língua inglesa) foram “Intermittent Pneumatic Compression (IPC)” or “Peristaltic Pulse Dynamic Compression (PPDC)” or “Modified Intermittent Sequential Pneumatic Device (MISPD)” or “Peristaltic Pneumatic Compression (PPC)” or “Peristaltic Pulse External Pneumatic Compression (EPC)” or “Intermittent Sequential Pneumatic Compression (ISPC)” and “Recovery”.

### **4.1.2.2 Critérios de Inclusão e Exclusão**

Os estudos foram incluídos quando: (a) do uso da IPC como meio de recuperação física após teste físico, série de treino físico ou competição desportiva, (b) medição de uma ou mais variáveis em repouso e após a aplicação da recuperação, (c) comparado a IPC com outro meio de recuperação ou repouso (recuperação passiva) ou com efeito placebo ou uso do equipamento de forma diminuta a não produzir os efeitos necessários, e (d) os participantes dos estudos não poderiam apresentar distúrbios musculoesqueléticos, cardiovasculares, metabólicos, neurológicos, cognitivos ou comportamentais. A exclusão dos estudos se fez com base nos estudos com participantes com diagnóstico de doenças ou sem a aplicação de exercício físico e sem controle mecânico ou fisiológico do estresse físico.

### 4.1.2.3 Seleção dos Estudos

A busca sistemática pelos estudos não encontrou nenhum estudo no SCIELO a partir das palavras chaves. A pesquisa nas bases de dados PubMed (n=73), b-On (n=5) e SportsDiscus (n=276), ao se excluir os estudos em duplicata, encontrou um total de 298 estudos. Após se aplicar os critérios de busca por estudos nos 20 anos antecedentes, somente estudos em seres humanos e na língua inglesa, e se análise dos títulos e resumos dos estudos, e se excluir aqueles com população idosa, o resultado final foi da elegibilidade de 10 estudos para análise. Após a leitura e análise de seus textos na íntegra, quatro estudos foram excluídos por não fazerem uso da IPC como método de recuperação após exercício. Um dos estudos fez uso da IPC como meio de aquecimento na preparação para o exercício, um segundo constituiu um modelo matemático para aprimorar o uso do sistema da IPC, o terceiro por não fazer comparativo a um outro método de recuperação e o quarto por não ter controlado o a aplicação do exercício e não indicar o tipo de treino aplicado juntos aos atletas voluntários. Assim, seis estudos foram selecionados para análise e participação da revisão (Figura 14).



**Figura 14:** Organograma da Revisão de Compreensão sobre a IPC

#### 4.1.2.4 Variáveis Analisadas

A literatura analisada a respeito dos efeitos da IPC como método de recuperação apresenta uma variedade de variáveis, onde a diferença nos resultados pode ter sido influenciada pelo tipo, duração e intensidade dos exercícios / competição que antecederam a aplicação da IPC, bem como a familiarização da amostra com os mesmos, duração e pressão aplicada a partir da IPC. Características e hábitos dos voluntários (idade, gênero, etnia, composição corporal, níveis de atividade física, familiaridade com exercícios, diferentes tipos de treino e nutrição) também podem influenciar na variação dos resultados. Outro fator influenciador na comparação foi o método de recuperação comparativo, onde se apresentaram somente três métodos diferentes (passivo, massagem e oclusão vascular), onde, mesmo entre um mesmo método, as diferenças metodológicas eram hesitantes.

#### 4.1.3 Resultados

Após análise do texto na íntegra dos seis estudos selecionados (Quadro 1), observa-se um total de 185 voluntários (42 homens; 15 mulheres; 168 sem que fossem numerados, apenas em percentuais onde, 68% homens no estudo de Heapy et al [2018] e 75% homens no estudo de Hoffman et al [2016]), com as idades a variar entre os 20 e 45 anos de idade. Muitas diferenças foram encontradas em relação às idades dos voluntários, sexo, níveis de treino, desportos praticados, aplicação da IPC (tempo e pressão nas câmaras), nos desenhos dos estudos e nas variáveis analisadas.

Dois estudos tinham somente voluntários homens fisicamente ativos e saudáveis ( $21 \pm 1,7$  anos [Chochrane et al, 2013];  $24 \pm 6,3$  anos [Northey et al, 2016]). Dois estudos avaliaram atletas de alta competição: 56 ultramaratonistas (68% homens de aproximadamente 46 anos [Heapy et al, 2018]) e 72 corredores de *endurance* (75% homens de aproximadamente 45 anos [Hoffman et al, 2016]). Nos outros dois estudos, um (Overmayer & Driller, 2017) avaliou 21 ciclistas de estrada (13 homens –  $40 \pm 14$  anos; 8 mulheres –  $29 \pm 12$  anos) e o outro (Martin et al, 2015) 14 atletas estudantes universitários da primeira divisão colegial ( $22,7 \pm 4,1$  anos).

Diferenças foram encontradas quanto ao tempo de aplicação das recuperações, sem que houvesse qualquer uniformidade, onde três estudos aplicaram as recuperações por 30 minutos (Martins et al, 2015; Cochrane et al, 2013; Overmayer & Driller, 2017), dois estudos por 20 minutos (Heapy et al, 2018; Hoffman et al, 2016) e um estudo a aplicar as recuperações por 45 minutos (Northey et al, 2016). Ao se observar especificamente a aplicação da IPC e as pressões selecionadas para cada câmara de compressão no processo de recuperação, quatro estudos fizeram uso de uma pressão de 80 mmHg em cada uma das câmaras das botas de compressão (Heapy et al, 2018; Overmayer & Driller, 2017; Hoffman et al, 2016; Northey et al, 2016), enquanto Martin et al (2015) usou uma pressão de 70 mmHg. Cochrane et al (2013) optou por diferenciar as pressões em cada câmara com 60 mmHg na câmara mais proximal, 70 mmHg na mais distal (no pé) e 80 mmHg nas demais câmaras.

Somente outros três métodos de recuperação foram utilizados como comparativo para a IPC: (1) a recuperação passiva, em que se considerou quando do uso das botas de compressão sem que houvesse insuflação das câmaras, foi utilizada em todos os seis estudos, (2) massagem (Heapy et al, 2018; Hoffman et al, 2016; Martins et al, 2015) e (3) o uso de manguito para oclusão vascular (Northey et al, 2016). Para a recuperação passiva, dois estudos mantiveram os voluntários deitados na posição supinada (Hoffman et al 2016; Northey et al, 2016) e outros dois estudos com os voluntários sentados (Heapy et al, 2018; Overmayer & Driller, 2017), enquanto os outros dois estudos (Martin et al, 2015; Cochrane et al, 2013) simularam o uso da IPC, conectada, mas em haver compressão. Heapy et al (2018) e Hoffman et al (2016) utilizaram a massagem como comparativo à IPC e Northey et al (2016) usou a oclusão vascular.

Mesmo com um número de somente seis estudos, foram encontradas um total de 17 variáveis, mas somente variáveis que foram mensuradas antes do exercício e após a aplicação das recuperações foram analisadas.

O lactato foi mensurado em dois estudos, onde no estudo de Martin et al (2015) foram encontradas diferenças significativas ao comparar IPC com recuperação passiva após 25 e 35 minutos de recuperação ( $p = 0,021$ ;  $p = 0,006$ , respectivamente) com uma melhora na remoção do lactato, o que parece não ter relação a subsequente performance já que não houve diferença significativa entre as recuperações empregadas na análise do pico de potência, potência média e índice de fadiga ( $p = 0.290$ ;  $p = 0.953$ ;  $p = 0.139$ , respectivamente), sendo o pico de potência e o índice de fadiga, usados

somente nesse estudo. O outro estudo a utilizar o lactato foi o de Overmayer & Driller (2017) em que não foram encontradas diferenças significativas para a remoção do lactato ( $p = 0,57$ ;  $F = 0,327$ ), assim como não houve diferença na potência média ( $p > 0,05$ ) para corrida de quatro minutos realizada após a recuperação. Outra variável, que também só foi mensurada nestes mesmos dois estudos, foi a frequência cardíaca, sendo encontrada diferença significativa ( $p = 0,003$ ) somente no trabalho de Overmayer & Driller (2017) para a frequência cardíaca máxima atingida ao término da corrida de quatro minutos após a recuperação.

Testes de saltos e dinamometrias avaliam a função neuromuscular, provendo um grande número de variáveis (Halsón, 2014). Cochrane et al (2013) fez uso da dinamometria isocinética (torque com velocidades de  $30^{\circ}.s^{-1}$  e  $180^{\circ}.s^{-1}$  e torque máximo no joelho com ângulo de  $75^{\circ}$ ) e de teste de impulsão vertical com uma única perna em plataforma de força, antes do exercício e após 24, 48 e 72 horas. Northey et al (2016) usou dinamometria isocinética para avaliar o torque máximo da perna não dominante com joelho a  $30^{\circ}$  e submeteu os voluntários a 4 testes de *squat jumps* e 4 de *countermovement jumps*. Em ambos os estudos, nenhuma diferença significativa foi encontrada ao comparar os métodos de recuperação.

Variáveis subjetivas também foram atribuídas aos voluntários. Questionamentos sobre a dor, dor muscular e escore de fadiga muscular foram usadas por Heapy et al (2018) e Hoffman et al (2016) e mensuradas antes e após a corrida e a cada dia da semana subsequente, a diferenciar os dois estudos onde o primeiro mensurou no 14º dia após a corrida e o segundo estudo mensurou após a aplicação da recuperação e aplicou uma corrida descrita como funcional no 3º e 5º dias após a corrida principal. Diferença significativa foi encontrada após a recuperação na comparação da IPC com grupo controlo ( $p < 0,01$ ) no escore de fadiga muscular, porém com a massagem a apresentar resultados aparentemente mais expressivos ( $p < 0,001$ ) (Hoffman et al, 2016). Heapy et al (2018) encontraram diferença significativa na melhora dos escores de fadiga muscular após uma ultramaratona ( $p < 0,01$ ) e no dia seguinte à corrida ( $p < 0,05$ ) em comparação à recuperação passiva. Outras variáveis subjetivas utilizadas em outros estudos como Overmayer & Driller (2017) usaram a Escala de Percepção de Esforço (Escala 6-20; Borg, 2000) e a percepção da qualidade total da recuperação (TQR), modificada da Escala de Borg e Northey et al (2016) usou a escala de percepção do status de recuperação (PRS), modificada da Escala CR10 de Borg, e a classificação do protocolo de recuperação (Escala Likert 1-5). Esta última a ser a única com diferenças significativas

( $p = 0,020$ ) na comparação entre IPC (*mean rank* = 1,58) e recuperação passiva (*mean rank* = 2,50).

Ainda foram encontradas outras duas variáveis. A creatino fosfoquinase (CPK) foi somente avaliada em um único estudo (Cochrane et al, 2013) antes do teste físico em dinamômetro isocinético e após 24, 48 e 72 horas, onde não foram encontradas diferenças significativas em relação aos resultados em repouso, talvez por ser a CPK um indicador de lesão muscular em níveis elevados, entretanto, outros marcadores de lesão muscular e de dor muscular não possuem boas correlações (Maughan & Gleeson, 2010). Hoffman et al (2016) fez uso de uma “corrida funcional” de 400 metros de distância como uma variável de performance por duas vezes, em dias separados, antes da ultramaratona e no 3º e 5º dias após, contudo, não foram observadas diferenças significativas entre a IPC, a massagem e a recuperação passiva, todas com duração de 20 minutos, o que pode se supor ser insuficiente.

#### **4.1.4 Discussão**

A atual escassez e heterogeneidade de estudos que utilizaram a IPC como método de recuperação em atletas, profissionais ou não, principalmente após exercícios extenuantes, são antagônicos ao uso generalizado em desportos de alto rendimento.

Ao se observar os equipamentos utilizados, já se observa diferença entre eles, alguns compostos de quatro câmaras de compressão (Heapy et al, 2018; Hoffman et al, 2016) e aqueles com cinco câmaras (Martin et al, 2015; Cochrane et al, 2013). Entretanto, as diferenças quanto ao número de câmaras provavelmente possam não interferir no objetivo de recuperação, mas talvez os protocolos utilizados em relação às pressões aplicadas e o tempo de duração aos quais os indivíduos são submetidos ao método de recuperação.

Em relação às variáveis analisadas nos estudos, há uma disparidade quanto às diferentes variáveis avaliadas em que cada uma delas foi apresentada de forma restrita em apenas dois estudos ou mesmo em um único. Embora não haja diferenças estatisticamente significativas no uso da IPC como meio de recuperação, há uma melhora nas respostas, não apenas às variáveis fisiológicas como remoção de lactato e



estabilização da frequência cardíaca, mas também ao escore subjetivo de fadiga muscular e classificação do protocolo de recuperação.

Os métodos de stresse fisiológico aplicados , a partir de diferentes perfis encontrados, foram a competição de endurance, exercícios em dinamômetros isocinéticos, o que não transcreve os movimentos desportivos específicos, exercícios de força e resistência muscular, simulação de competição de ciclismo e teste de potência anaeróbia em cicloergômetro (Teste de Wingate). Há uma grande diversidade de estressores fisiológicos que, principalmente quando relacionados ao baixo número de estudos utilizando a IPC como método de recuperação, atenuam o entendimento da IPC. A necessidade de similaridade entre os testes de stresse fisiológico e a especificidade do gesto desportivo são atributos que podem contribuir para uma melhor compreensão da IPC como equipamento a maximizar a recuperação desportiva.

Da mesma forma, a comparação com os diversos métodos de recuperação, aqui representados por apenas três métodos, e aplicados por profissionais da área do desporto, sejam eles passivos, mecânicos, estimulantes, bioquímicos e/ou de ingesta, apresentarão um melhor entendimento e aplicabilidade da IPC.

#### **4.1.5 Limitação do Estudo**

O estudo se mostrou limitado pelo número limitado de estudos encontrados na língua inglesa. O baixo número de técnicas aplicadas e as diferenças encontradas entre os protocolos e metodologias apontem para uma baixa confiabilidade, impedindo uma revisão sistemática com metanálise.

#### **4.1.6 Conclusão**

A recuperação é um componente do planeamento do treino desportivo que visa não apenas a melhoria do desempenho, mas também a integridade física do atleta na prevenção de lesões e situações de *overtraining*. A ampla e diversificada utilização da IPC como método de recuperação demonstra a existência de benefícios por ela

disponibilizados, ainda que empíricos devido aos poucos estudos realizados com esse objetivo. Há uma resposta positiva da IPC quando comparada à recuperação passiva, o que parece torná-la um equipamento de interesse e eficiência para a recuperação de atletas e praticantes de exercícios após competições ou mesmo estágios do treino.

Ainda há uma lacuna a ser explorada na compreensão e melhoria da eficiência do uso da IPC. Explorar e conhecer o melhor protocolo a ser utilizado ou se há necessidade de individualização de uso ou prática desportiva. Estudos que considere a aplicação de diferentes protocolos no uso da IPC durante as competições e treinos, que podem variar entre os dias ou mesmo com intervalos reduzidos de horas ou minutos. E se há uma recuperação específica para competição de endurance, exercício anaeróbio ou atividade de força muscular.

#### **4.1.7 Referências**

- Barnett, A. (2006) Using Recovery Modalities Between Training Sessions in Elite Athletes. Does it Help? *Sports Med*, 36(9), 781-796.
- Cochrane, D. J., Booker, H. R., Mundel, T., & Barnes, M. J. (2013) Does Intermittent Pneumatic Leg Compression Enhance Muscle Recovery after Strenuous Eccentric Exercise? *Int J Sports Med*, 34, 969-974. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1337944>
- Ferraresi, C., Maffiodo, D., & Hajimirzaalian, H. (2014) A model-based method for the design of intermittent pneumatic compression system acting on humans. *J Engineering in Med*, 228(2), 118-126. DOI: 10.1177/0954411913516307
- Ferreira, J. C., Carvalho, R. G. S., Barroso, T.M., Szmuchrowski, L. A., & Sledziewski, D. (2011) Effect of Different Types of Recovery on Blood Lactate Removal After Maximum Exercise. *Pol J Sport Tourism*, 18(2):105-111. <https://doi.org/10.2478/v10197-011-0008-4>

- Halson, S.L. (2014) Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Med*, 44(Suppl 2), S139-S147.
- Hauswirth, C. & Mujika, I. (2013) *Recovery for Performance in Sports*. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Heapy, A. M., Hoffman, M. D., Verhagen, H. H., Thompson, P. D. Dhamija, P., Sandford, F. J., & Cooper, M. C. (2018) A randomized controlled trial of manual therapy and pneumatic compression for recovery from prolonged running – an extended study. *Res Sports Med*, 26(3), 354-364. <https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1447469>
- Hoffman, M. D., Badowski, N., Chin, J., & Stuempfle, K. J. (2016) A Randomized Controlled Trial of Massage and Pneumatic Compression for Ultramarathon Recovery. *J Orthop Sports Physical Therapy*, 46(5), 320-326. doi:10.2519/jospt.2016.6455
- Kraemer, W. J., Hooper, D. R., Kupchak, B. R., Saenz, C., Brown, L. E., Vingren, J. L., Maresh, C. M. (2016) The Effects of roundtrip trans-American jet travel on physiological stress, neuromuscular performance, and recovery. *J Appl Physiol*, 121, 438-448. doi:10.1152/jappphysiol.00429.2016.
- Martin, J. S., Friedenreich, Z. D., Borges, A. R., & Roberts, M. D. (2015) Preconditioning with Peristaltic External Pneumatic Compression does not acutely improve repeated Wingate performance nor does it alter blood lactate concentrations during the recovery compared with sham. *Appl Physiol Nutr Metab*, 40, 1214-1217. dx.doi.org/10.1139/apnm-2015-0247
- Martin, J. S., Friedenreich, Z. D., Borges, A. R., & Roberts, M. D. (2015) Acute Effects of Peristaltic Pneumatic Compression on Repeated Anaerobic Exercise Performance and Blood Lactate Clearance. *J Strength Cond Res*, 29(10), 2900-2906. doi: 10.1519/JSC.0000000000000928

- Maughan, R. & Gleeson, M. (2010) *The biochemical basis of sports performance*. New York: Oxford University Press Inc. 2<sup>a</sup> ed.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., .... Urhausen, A. (2013) Prevention, Diagnosis, and Treatment of the Overtraining Syndrome: Joint Consensus Statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*, 45(1), 186-205. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318279a10a
- Northey, J. M., Rattray, B., Argus, C. K., Etxebarria, N., & Driller, M. W. (2016) Vascular Occlusion and Sequential Compression for Recovery After Resistance Exercise. *J Strength Cond Res*, 30(2), 533-539. doi: 10.1519/JSC.0000000000001080
- Overmeyer, R. G., & Driller, M. W. (2017) Pneumatic Compression Fails to Improve Performance Recovery in Trained Cyclists. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(4), 490-495. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0207>
- Pastre, C. M., Bastos, F. M., Netto Júnior, J., Vanderlei, L. C. M., & Hoshi, R. A. (2009) Post-Exercise Recovery Methods: a systematic review. *Bra J Sports Med*, 15(2), 138-144.
- Sands, W. A., McNeal, J. R., Murray, S. R., & Stone, M. H. (2015) Dynamic compression enhances pressure-to-pain threshold in elite athlete recovery: exploratory study. *J Strength Cond Res*, 29(5), 1263-1272. doi: 10.1519/JSC.0000000000000412
- Tessari, M., Tisato, V., Rimondi, E., Zamboni, P., & Malagoni, A. M. (2018) Effects of intermittent pneumatic compression treatment on clinical outcomes and biochemical in patients at low mobility with lower limb edema. *J Vasc Surg*, 6(4), 500-510. <https://doi.org/10.1016/j.jvsv.2018.01.019>

Study	Characteristics of Volunteers		Recoveries		Physiological Stressor	Variables indicators		IPC vs comparison
	Sample	Athletic category	IPC Protocol	Comparison		Indicators	Time following exercise	
Martin et al.	7M / 7F 22,7±4,1y	Healthy active college students (9 Division I collegiate)	30 min (70mmHg)	Passive (Sham with IPC)	WanT1 + 3min break (70rpm) + WanT2 + 30min Recovery + WanT3	Lac HR PP MP FI	5, 15, 25, 35min Before and after WanTs WanTs 1,2 and 3 WanTs 1,2 and 3 WanTs 1,2 and 3	↑ CG 25'; 35' ↔ CG ↔ CG ↔ CG ↔ CG
Cochrane et al.	10M 21±1,7y	Healthy and physically active	30 min 70mmHg-chamber 1; 60mmHg-5; 80mmHg-2-4	Passive (Sham with IPC)	3x100 Eccentric exercise (dynamometry)	CPK Dynamometry Iso@ 75° Con@ 30°/sec Con@180°/sec Exc@30°/sec Exc@180°/sec Vert J (single leg)	Pre, post 24, 48 and 72h Pre, post 24, 48 and 72h      Pre, post 24, 48 and 72h	↔ CG  ↔ CG ↔ CG ↔ CG ↔ CG ↔ CG
Heapy et al.	56(68%M) about 42y	Runners	20 min (80mmHg)	Passive seated with legs extended (20min); Massage	Ultramarathon (complete – 62,7 or 87,4 or 102,8 km – or dropout after 5h and at least 39km)	Muscle pain Soreness Musc Fatigue score Improvement in Musc Fatigue score Functional run (400m)	Pre, post, Day 1-7 and 14  Pre, post, Day 1-7 and 14 Pre, post, Day 1-7 and 14  Pre, post, Day 1-7 and 14	↔ CG ↔ Mass  ↔ CG ↔ Mass ↑ CG ↔ CG ↔ Mass
Hoffman et al.	72(75%M) about 45y	Runners	20 min (80mmHg)	Massage (20min); Passive (20min) - supine position	Endurance run (161 Km)	Muscle pain and Soreness rating Musc Fatigue Score  Functional run (400m)	Pre-post race, post rec, 1-7d  Pre-post race, post rec, 1-7d  Pre(twice) and post-race (3,5d)	↔ CG ↔ Mass  ↑ CG Post Rec ↔ Mass ↔ CG ↔ Mass
Overmayer and Driller	13M, 40±14y 8F, 29±12y	Well trained road bikers	30 min (80mmHg)	Passive – seated (30min)	Simulation: 20 min TT (scratch) + 4 min TT individual pursuit (after recovery)	Lac TQR Hrmax RPE (Borg) Power output	Post 20min TT and post rec Rec 10, 20 and 30min Post 20min TT and 4min TT Post 20min TT and 4min TT 20min TT and 4min TT	↔ CG ↔ CG ↑ CG (4min TT) ↔ CG ↔ CG (~ 5w ↑)
Northey et al.	12M, 24±6.3y	Healthy	45 min (80mmHg)	Vascular occlusion (alternated 3min for each leg – 12min + 33min supine position) Passive (45min) - supine position	Back squat (10x10reps) 70% 1RM predicted	Vert J (4SJ; 4 CMJ) Dynamometry (Peak Torque 30°) PRS (mod BorgCR10) Soreness (Borg CR10) Rec protocol rating (Likert 1-5)	Pre-post race, post rec, 1, 24h Pre-post race, post rec, 1, 24h  Pre-post race, post rec, 1, 24h Pre-post race, post rec, 1, 24h Post race	↔ CG ↔ VOc ↔ CG ↔ VOc  ↔ CG ↔ VOc ↔ CG ↔ VOc ↑ CG

**Quadro 1:** Resumo das análises dos estudos elegíveis da revisão sistemática (Estudo 1)

## 4.2 ESTUDO 2: Resposta dos Marcadores Salivares no Pós-Exercício e no Período de Recuperação: uma Revisão Sistemática

**Resumo:** O uso da saliva para monitoramento das respostas imunes e hormonais em treinos, competições e suas recuperações é uma alternativa para que as amostras sejam recolhidas de forma mais fácil e não invasiva, em comparação com a recolha sanguínea. A saliva fornece um número interessante de biomarcadores como cortisol, testosterona, imunoglobulinas, alfa-amilase, melatonina, entre outros. Exercícios de alta intensidade e exaustivos, como treinos e competições, proporcionam variações nos marcadores imunológicos, proteicos e hormonais. A volta a calma, períodos adequados de recuperação e métodos de recuperação podem contribuir, mesmo que ainda inconclusivos, para a rápida normalização desses biomarcadores, diminuindo as possibilidades de instalação de doenças, *overtraining* e lesões. Existe um grande número de métodos de recuperação, recuperações físicas como a ativa, imersão em água fria, contraste, compressões pneumáticas, massagem, e suplementação nutricional, porém, o tipo de exercício, se treino ou competição, prática curta ou longa, intensidade, sem contar o impacto psicológico, irão influenciar a variação dos vários marcadores e variáveis, pelo que ainda não existe uma congruência em relação à aplicação destas metodologias de recuperação e à sua duração. O objetivo desta revisão sistemática foi investigar na literatura os marcadores salivares que têm sido utilizados em torno de exercícios exaustivos, bem como suas possíveis respostas no período de recuperação e o impacto sofrido devido aos métodos de recuperação aplicados.

**Palavras-Chave:** Marcadores Salivares; Exercício; Recuperação.

**Keywords:** Salivary Markers; Exercise; Recovery.

### 4.2.1 Introdução

Exercícios de alta intensidade durante sessões de treino e competições podem levar à fadiga muscular, limitando o desempenho, e proporcionam aumento das possibilidades de *overtraining*, lesões e alterações imunológicas, inflamatórias e hormonais (Farjallah, 2018; Hagstrom & Shorter, 2018; Williams & Ratel, 2009). Estudos têm demonstrado o aumento de doenças com o desequilíbrio da relação entre o treino e a recuperação, mas com incertezas, pois não há consistência em torno do mecanismo de imunodepressão em resposta à recuperação (Peake, 2017).

Nos últimos anos, a saliva tem sido usada como alternativa para as análises sanguíneas de marcadores imunológicos, hormonais, steroids e não steroids e componentes proteicos, por ser uma alternativa não invasiva e não stressante. Mas havendo diferença quanto as concentrações salivares e sanguíneas para alguns marcadores fisiológicos, apresentam uma boa correlação para análise, podendo ter suas recolhidas em laboratório e no terreno, com rapidez e sem a necessidade de profissional treinado para a recolha (Hayes, 2015; Casanova, 2015; Gatti & De Palo, 2011; Papacosta & Nassis, 2011).

O sistema imunológico sua primeira linha de defesa do organismo na mucosa salivar, sendo uma das primeiras áreas estudadas em relação a supressão do sistema imune em resposta aos exercícios e sua relação com doenças, porém ainda sem uma associação conclusiva (Walsh, 2011; Thomas, 2010).

A busca por uma melhor performance and pela prevenção de doenças e *overtraining*, assim como por um delineamento das respostas imunes e hormonais, para que não haja interrupção e afastamento dos treinos e competição, técnicas de fisioterapia e suplementação nutricional têm sido utilizadas como métodos recuperação.

Esta revisão sistemática teve como objetivo investigar as evidências disponíveis na literatura sobre marcadores salivares que vêm sendo utilizados e suas respostas aos exercícios exaustivos durante o período de recuperação, e a variação que alguns métodos de recuperação poderiam inflingir sobre esses marcadores salivares.

## **4.2.2 Metodologia**

### **4.2.2.1 Fonte de Dados**

Esta revisão sistemática seguiu as recomendações do *Cochrane Handbook of Systematic Review*, e foi registado na PROSPERO (CRD42021240469) (Anexo 3). Uma busca na literatura foi realizada a usar três bases de dados: PubMed (Medline), EBSCO (SportDiscus) e SCIELO. As palavras-chave para a busca de estudos relevantes foram: “saliva markers OR salivary markers OR saliva biomarkers OR salivary biomarkers AND exercise recovery”.

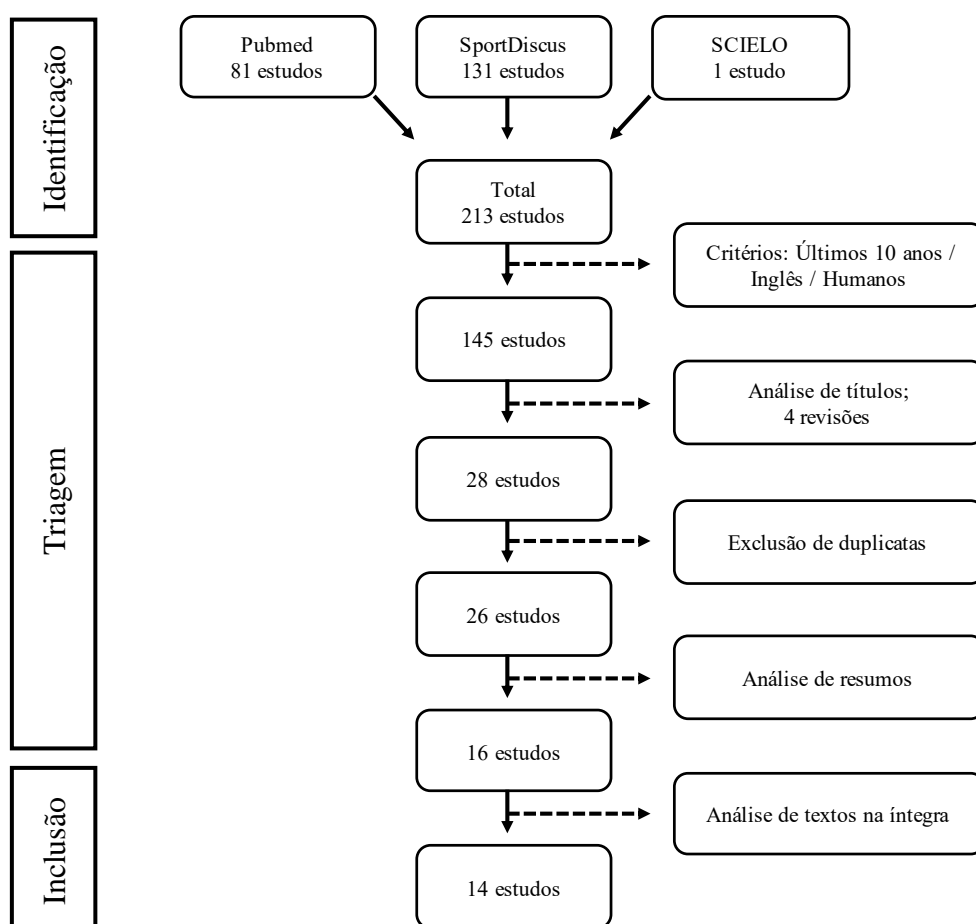
### **4.2.2.2 Critérios de Inclusão e Exclusão**

A busca foi feita em estudos dos tipo *Clinical Trial*, *Controlled Clinical Trial* e *Randomized Controlled Trial*. Os estudos que atenderam os critérios de elegibilidade com base na PICOS (população, intervenção, controlo, resultados e desenho do estudo) foram incluídos, se fossem usados marcadores salivares e que tais marcadores também fossem medidos em momentos de recuperação após o exercício, ainda que não fossem usados métodos de recuperação, sendo estes aceites como recuperação passiva. Era obrigatório que houvesse a aplicação de exercícios físicos, fossem em ambientes controlado de laboratório, treino físico ou competição, mesmo que simulados. Os estudos foram excluídos quando realizados com amostras de animais ou com seres humanos com diagnóstico de doenças, bem como se não houvesse pelo menos uma medição de recuperação (30 minutos), assim, estudos com apenas pré e pós-medição foram excluídos.



### 4.2.2.3 Seleção dos Estudos

A busca nas bases de dados encontrou um total de 81 estudos na PubMed, 131 na SportDiscus e um único na SCIELO (Figura 15). Após a aplicação dos critérios de busca e a avaliação dos títulos e resumos dos estudos, um total de 16 estudos foram selecionados para análise de seus textos na íntegra. O estudo encontrado na SCIELO foi excluído por ser de área de higiene oral e dental, assim como por ser de revisão. Após a leitura e análise dos estudos na íntegra, dois estudos foram excluídos por não apresentarem os momentos de recuperação. Assim, quatorze estudos (Cernych et al, 2019; Chiodo et al, 2011; Collins et al, 2019; Dimitriou et al, 2015; Hough et al, 2021; Lindsay et al, 2017; Lindsay et al, 2015; McLellan et al, 2011; Robey et al, 2013; Russell et al, 2017; Shearer et al, 2015; Sparkes et al, 2020; VanBruggen et al, 2011; Williams et al, 2018) foram analisados conforme o Quadro 2. Foi utilizada a escala PEDro para análise de validade interna de cada estudo.



**Figura 15:** Organograma da Revisão Sistemática dos Marcadores Salivares na Recuperação

#### **4.2.2.4 Variáveis Salivares Analisadas**

Amostras de saliva podem fornecer muitas análises de diferentes variáveis (cortisol, testosterona, imunoglobulinas, alfa-amilase, interleucinas e outros marcadores inflamatórios e hormonais), fáceis de recolher e não invasivas. Os resultados e diferenças podem ser influenciados pelo tipo de exercício, duração e intensidade, bem como pela familiarização da amostra e o momento da recolha. Características e hábitos (idade, gênero, composição corporal, estilo de vida, histórico e níveis de treino e nutrição) também podem influenciar os resultados.

#### **4.2.3 Resultados e Discussão**

##### **4.2.3.1 Análise de Validação Interna pela Escala PEDro**

A tabela 2 apresenta os resultados (número de estudo e percentual) da análise com uso da escala PEDro. O critério de elegibilidade da amostra (critério de validação externa) se fez presente em 86% (n = 12) dos estudos e as informações estatísticas para análise e interpretação com comparativo entre grupos se fez presente em 72% (n = 10) e todos (100%) apresentaram medidas de variabilidade e/ou desvio e erro padrão. Nos ítems de validação interna, somente dois estudos fizeram uso de distribuição aleatória e/ou “cega” (oculta) da amostra por grupos. Análise de resultados por grupos foram apresentados em 93% (n = 13), e todos os estudos apresentaram a intenção de amostra inicial e aquela que participou do estudo. Em 78% (n = 11) apresentara análise dos indivíduos, independente do grupo que lhes foi atribuído, e a comparação entre grupos, metodologias de exercícios ou efeito ao longo do tempo em uma variável se fez presente em 71% (n = 10) dos estudos. Nenhum dos 14 estudos fez uso de “*blinded methodology*” (estudo cego), no intuito de deixar “as escuras”, fosse os voluntários, aqueles que aplicavam alguma das intervenções ou mesmo os avaliadores.

**Tabela 2:** Resultados encontrados a partir da Escala PEDro

PEDro scale	Rates of meeting criteria	
	n	%
1. Eligibility criteria specified	12	85,7
2. Random allocation to groups	2	14,3
3. Concealed allocation	2	14,3
4. Groups similar at baseline	13	92,8
5. Blinded subjects	0	0
6. Blinded therapists/training supervisors	0	0
7. Blinded evaluators	0	0
8. Adequacy of follow-up	14	100
9. Intention-to-treat analysis	11	78,6
10. Comparison between groups	10	71,4
11. Measures of variability and point measures	14	100

#### 4.2.3.2 Análise e Discussão dos Resultados

Desta forma, dos 213 estudos encontrados nas três bases de dados, treze estudos foram selecionados para realizar a revisão sistemática. Do total de 226 voluntários dos quatorze estudos, somente treze eram mulheres, porém sem haver discriminação de gêneros no estudo de Lindsay et al (2017). Uma uniformidade na faixa etária, indo de 18 aos 30 anos de idade, com exceção em quatro estudos onde um estudo (Chiodo et al, 2011) tinha seus voluntários com idades acerca dos quatorze anos, outros dois estudos (Dimitriou et al, 2015; Lindsay et al, 2017) com idades acima dos 30 anos e o quarto estudo (Lindsay et al, 2015) que não fez menção à idade dos voluntários. Os voluntários de onze estudos eram atletas bem treinados de diferentes modalidades desportivas, onde o *rugby* foi o desporto de maior prevalência (Collins et al, 2019; Lindsay et al, 2015; McLellan et al, 2011; Shearer et al, 2015; Williams et al, 2018). Um estudo (VanBruggen et al, 2011) somente cita que os voluntários eram treinados, sem menção ao desporto praticado, enquanto em outros dois estudos (Hough et al, 2021; Cernych et al, 2019) tinham seus voluntários descritos como fisicamente ativos e saudáveis.

Os procedimentos de exercícios para gerar o stresse fisiológico variaram entre os estudos selecionados, onde, cinco utilizaram de testes físicos como de laboratório com

dinamômetro isocinético (Cernych et al, 2019) e ciclo ergômetros (Hough et al, 2021; Robey et al, 2013; VanBruggen et al, 2011) e testes de terreno com *sprints* (Russell et al, 2017; Williams et al, 2018). Três estudos usaram sessões de treino como agente stressor, onde um (Sparkes et al, 2020) analisou a influência da prescrição do treino e um outro (Chiodo et al, 2011) um protocolo de exercícios de alta intensidade com ciclos compostos de *countermovement jump* (CMJ) seguido de *sprint* de 20 metros e mais um *countermovement jump*, além de um (Lindsay et al, 2017) com competição simulada como treino de preparação para uma prova de Mixed Martial Arts (MMA). Competições oficiais também foram usadas como agente de stresse fisiológico, como partidas de *rugby* (Lindsay et al, 2015; McLellan et al, 2011; Shearer et al, 2015), competições de Taekwondo (Chiodo et al, 2011) e a Maratona de Londres 2008 e Maratona do Oeste de Londres (Dimitriou et al, 2015).

A saliva pode ser recolhida sem treino médico, sendo não invasiva ou stressante, através de dois métodos: por *passive droll*, com tubo de plástico esterilizado (Hough et al, 2021; Cernych et al, 2019; Lindsay et al, 2017; Lindsay et al, 2015; McLellan et al, 2011; Russell et al, 2017; Shearer et al, 2015; Sparkes et al, 2020; VanBruggen et al, 2011), ou por meio de cotonete, este último a promover minimização do risco de sangramento da gengiva (Papacosta & Nassis, 2011), conforme três dos treze estudos (Chiodo et al, 2011; Dimitriou et al, 2015; Robey et al, 2013). Contudo, aqueles que fizeram uso da *passive droll* não tinham o tempo de recolha congruente com dois estudos a fazer a recolha em um minuto (Lindsay et al, 2017; Lindsay et al, 2015), três estudos com dois minutos (Hough et al, 2021; Collins et al, 2019; Russell et al, 2017; Williams et al, 2018), um estudo com cinco minutos (Rahimi et al, 2010) e quatro estudos (Collins et al, 2019; McLellan et al, 2011; Shearer et al, 2015; Sparkes et al, 2020) que não identificaram tempo de recolha da saliva. Três estudos não fizeram uso de tempo de recolha, mas os voluntários precisavam produzir pelo menos 1mL (Casanova et al, 2015; Delves et al, 2011) ou 0,5mL (VanBruggen et al, 2011) de saliva.

O cortisol sofre impacto direto em consequência de exercícios intensos e de stresse psicológico e, com recuperação insuficiente, pode causar imunodepressão (Anderson et al, 2016; Gleeson, Bishop & Walsh, 2013; Papacosta et al, 2011) e tem sido relatada correlação significativa entre suas concentrações sorológicas e salivares (McLellan et al, 2011; O'Connor & Corrigan, 1987), motivo pela qual treze (Hough et al, 2021; Cernych et al, 2019; Chiodo et al, 2011; Collins et al, 2019; Dimitriou et al, 2015; Lindsay et al, 2017; Lindsay et al, 2015; McLellan et al, 2011; Russell et al, 2017; Shearer

et al, 2015; Sparkes et al, 2020; VanBruggen et al, 2011; Williams et al, 2018) dos quatorze estudos terem usado esse hormônio do stresse. O cortisol aumenta significativamente ( $p = 0,002$ ) comparado ao pré-jogo em atletas de *rugby* e se normaliza após 17 horas (Lindsay et al, 2015), bem como em jovens adultos jogadores de *rugby* após 12 horas com um efeito de tempo significativo ( $F = 4,9; p = 0,01$ ), mas a permanecer significativamente mais elevado após 36 e 60 horas, comparado ao início do estudo (Shearer et al, 2015). Ao se medir extensivamente (24h e 30min Pré e 30min, 24, 48, 72, 96 e 120h após exercício) o cortisol em jovens jogadores de *rugby*, aumentos significativos foram encontrados após 30 minutos ( $p < 0,001$ ) e após 24 horas ( $p < 0,001$ ) e significativamente menor após 96 horas ( $p = 0,042$ ) em comparação com 24 horas antes do exercício (McLellan, 2011), e também mostrando o impacto psicológico da ansiedade com concentrações significativamente maiores com 30 minutos antes do exercício em relação as 24 horas que o antecederam ( $p = 0,043$ ). Quando analisado o cortisol entre os momentos e os sexos (Chiodo et al, 2011), os efeitos principais foram entre os sexos ( $F = 8,74; p = 0,01$ ) e as amostras no tempo ( $F = 0,45; p < 0,001$ ) com menores concentrações nas mulheres, apesar que, para ambos os sexos, o cortisol se apresentou concentrações significativamente maiores aos 30 minutos de recuperação, mas com concentrações menores aos 90 minutos pós exercício. Também comparando os momentos com a aplicação de exercício intenso em cicloergômetro por 30 minutos, o cortisol apresentou aumentos significativos imediatamente após o exercício ( $p = 0,01$ ), porém retornando à níveis similares aos que antecederam o exercício ( $p = 0,79$ ) (Hough et al, 2021). Ao comparar duas ordens diferentes de prescrição de treino (Sparkes et al, 2020), encontrou-se efeito significativa no tempo ( $F = 11.665; p < 0,001$ ) mas não uma interação ( $F = 0,814; p = 0,494$ ), com resultados semelhantes ao longo do tempo, exceto uma diferença significativa, para ambas as ordens de treino, com duas horas após exercício, mas quando comparadas à diferentes intensidades do exercício (40%, 60% e 80% do  $VO_{2max}$ ) (VanBruggen et al, 2011), somente foi encontrada diferença significativa para a alta intensidade do pré para o pós exercício (105,3%;  $p = 0,005$ ) e do pré para o pós 30 minutos (170,6%;  $p = 0,007$ ), onde se encontrou uma correlação significativa entre as concentrações salivares e sanguínea de cortisol ( $r = 0,728; p = 0,001$ ). Em estudo (Cernych et al, 2019) que utilizou a hipertermia de corpo inteiro ou “sauna” (WBH – *whole-body hyperthermia*) como meio de recuperação, o cortisol não se alterou até duas horas após o exercício, porém, se apresentou em menores concentrações no grupo controlo (recuperação passiva). Quando se comparou a ECP com grupo controlo (CG)

que usou o mesmo equipamento sem que o mesmo inflasse os manguitos, o CG apresentou maiores concentrações de cortisol após o exercício comparado com pré e pós 24 horas ( $p < 0,001$ , para ambos), com a ECP a ter concentrações maiores somente após o exercício em comparação a 24 horas após ( $p < 0,001$ ), sem que houvesse diferença significativa entre pré e imediatamente após. Ao avaliar atletas na Maratona de Londres (Dimitriou et al, 2015), com metade dos voluntários a usar um *blend* de sumo de cereja e a outra metade um preparado placebo, não foram encontrados efeitos dos tratamentos ou interação entre eles, com somente efeito significativa em relação ao tempo para ambos os grupos ao comparar as concentrações de 24 horas que antecederam a corrida com as de imediatamente após ( $F = 26.291$ ;  $p < 0,001$ ) e suas normalizações após 24 horas. No treino de simulação da prova de MMA (Lindsay et al, 2017), ao comparar a imersão em água fria (CWI) com recuperação passiva, o cortisol aumentou significativamente de antes do treino para imediatamente após ( $p < 0,05$ ) e após uma hora de recuperação ( $p < 0,01$ ), mantendo-se elevado até após duas horas ( $p = 0,06$ ) e há se normalizar após 24 horas. Quando comparadas as modalidades de recuperação, as duas se apresentaram similares em todos os momentos, há exceção com após duas horas do treino simulado com a recuperação passiva a apresentar concentrações significativamente maiores ( $p < 0,005$ ). Ainda há utilizar crioterapia, a crioterapia de corpo inteiro (WBC – whole-body cryotherapy) foi usada como meio de recuperação, mas sem que houvesse diferença em relação a recuperação passiva ( $F = 0,253$ ;  $p = 0,859$ ), apenas a variar em seu efeito temporal ( $F = 13.998$ ;  $p < 0,001$ ) com diferença significativa com duas horas após o exercício ( $p = 0,003$ ) e a se normalizar após 24 horas (Russell et al, 2017). De mesma forma, o uso da oclusão vascular (VOc), como meio de recuperação, não se destacou ao ser comparado ao uso “falso” do mesmo equipamento, onde não houve insuflação suficiente do manguito para que houvesse a oclusão vascular ( $F = 7.806$ ;  $p < 0,001$ ).

Outro marcador utilizado pelos estudos desta revisão é a testosterona, que tem em suas variações efeito direto sobre a composição corporal e nas modificações músculo esqueléticas, para aprimorar a força muscular, no anabolismo e catabolismo proteico, entre outros (Herbst & Bhasin, 2004). A correlação entre a testosterona salivar e a sanguínea não diferem individualmente em repouso ou após exercício de resistência, porém são observadas diferença em relação aos sexos e às idades (Gati & De Palo, 2011). Em uma análise do efeito da testosterona durante o tempo (Shearer et al, 2015), diferenças significativas foram encontradas ( $F = 3,34$ ;  $p = 0,03$ ) com ênfase nas comparações de 12 horas (MD = 57,34;  $p < 0,05$ ) e 36 horas (MD = 41,31;  $p < 0,05$ ) após exercício com as

concentrações em repouso, e sua normalização após 60 horas (MD = 18,86). Com análise similar do efeito tempo sobre a testosterona ( $F = 70.914$ ;  $p < 0,001$ ), Hough et al (2021) encontrou aumento significativo em suas concentrações imediatamente após o exercício ( $p = 0,001$ ), que mantiveram elevadas após 30 minutos ( $p < 0,001$ ). Quando aplicada dois protocolos de ordens distintas de treino (Sparkes et al, 2020), uma (SSD-RES) que utilizou o jogo curto (SSD – *small-sided game*) seguido de treino de resistência (RES) e outra (RES-SSD) com a mesma ordem de forma inversa, ambas apresentaram efeito significativo no tempo para testosterona ( $F = 5,471$ ;  $p = 0,003$ ), com exceção de duas horas após o exercício para o protocolo SSD-RES ( $p = 0,001$ ), e uma interação significativa entre os protocolos ( $F = 5,196$ ;  $p = 0,004$ ), mas com uma maior elevação da concentração de testosterona ( $p = 0,01$ ;  $d = 0,73$ ) imediatamente após o exercício no protocolo RES-SSD. Nos três estudos com aplicação de método de recuperação, ECP (Collins et al, 2019), WBC (Russell et al, 2017) e VOc (Williams et al, 2018), em todos houve comparação com recuperação passiva ou com similar com recuperação placebo. Nos três foram encontrados efeitos temporais significativos (ECP:  $F = 15,02$ ;  $p < 0,001$  / WBC:  $F = 6,275$ ;  $p = 0,001$  / VOc:  $F = 20,127$ ;  $p < 0,001$ ), porém, ao compará-los a recuperação passiva, ECP não encontrou diferença significativa entre as recuperações ( $p > 0,05$ ), assim como a VOc ( $p = 0,226$ ), mas com a WBC a apresentar maiores concentrações com 2 horas e 24 horas após o exercício ( $p = 0,002$ ).

O rácio Testosterona-Cortisol (T:C), a comparar SSD-RES e RES-SSD (Sparkes et al, 2020), apresentou efeito no tempo ( $F = 15,333$ ;  $p < 0,001$ ), mas sem que houvesse interação entre os métodos ( $F = 0,877$ ;  $p = 0,462$ ) e somente a apresentar diferença ( $p = 0,001$ ) duas horas após o exercício com níveis maiores para SSD-RES. Com a aplicação das recuperações, ECP (Collins et al, 2019) apresentou interação significativa ( $F = 4,54$ ;  $p < 0,05$ ) e maiores níveis 24 horas após o exercício, comparados aos imediatamente após para ambas as recuperações (ECP:  $p < 0,05$ ;  $d = 3,09$  / Passiva:  $p < 0,05$ ;  $d = 0,31$ ). Entretanto, tais interações ou diferenças significativas entre os grupos foram encontradas para VOc (Williams et al, 2018) ( $F = 0,299$ ;  $p = 0,759$ ; entre VOc e passiva:  $p = 0,421$ ) e para WBC (Russell et al, 2017), com somente diferenças para o efeito sobre o tempo (VOc:  $F = 19,200$ ;  $p < 0,001$  / WBC:  $F = 8,66$ ;  $p < 0,001$ ).

A alfa amilase, foi analisada em adolescentes, sem que houvesse diferenças entre os sexos, mas apresentou diferença significativa no tempo com relação ao valor de pico alcançado ao término da competição de Taekwondo, com sua normalização após o período de recuperação de 30 minutos (Chiodo et al, 2011). Da mesma maneira, com 21

juvêns do sexo masculino, respostas significativas durante o tempo foram encontradas quando comparadas as concentrações de antes do exercício e de após 24 horas com as concentrações de imediatamente após, mas sem qualquer significância quando as concentrações foram ajustadas pela taxa de secreção salivar. Entretanto, diferenças significativas foram encontradas ao se observar os efeitos por grupo (ECP e recuperação passiva), sendo ajustada ou não pela taxa de secreção salivar (Collins et al, 2019).

A imunoglobulina A (IgA), foi outro marcador salivar usado por ser um dos anticorpos de proteção do organismo com função de proteger e destruir agentes invasores e que apresenta diminuição em seus níveis de concentração após exercício exaustivo ou sessões de treino de alta intensidade (Guyton & Hall, 1997; O'Connor & Corrigan, 1987), mas a depender da modalidade desportiva, intensidade do exercício, sua duração e da continuidade da prática (Gleeson & Pyne, 2000; Klentrou et al, 2002; Rahimi et al, 2010). Dos estudos que compararam os métodos de recuperação, o estudo (Dimitriou et al, 2015) que comparou o *blend* de sumo de cereja com placebo não foi encontradas efeitos da interação ou do tratamento para IgA ( $p > 0,05$ ), mas apresentou efeito temporal ( $F = 7,560$ ;  $p < 0,001$ ) para ambas as condições com diminuição significantes das concentrações de IgA imediatamente após o exercício e normalização de seus níveis com 24 horas após o exercício. Em contraste, o estudo que utilizou a ECP como recuperação (Collins et al, 2019) dados significantes ( $F = 4,85$ ;  $p < 0,05$ ) foram encontrados para os efeitos de interação e maiores concentrações de IgA no pós exercício comparado com suas concentrações em repouso e após 24 horas ( $p < 0,05$ ;  $d < 1,26$ , para ambos os momentos), enquanto o grupo controle não apresentou diferenças. Em outro estudo (Lindsay et al, 2015), com atletas seniores de *rugby*, não foram encontradas mudanças significativas ( $409 \pm 223$  para  $414 \pm 255 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ ) entre os momentos para IgA e para taxa de secreção de IgA.

Um único estudo (Dimitriou et al, 2015) fez uso da imunoglobulina G (IgG), imunoglobulina em maior quantidade no sangue e menores quantidades na saliva, para comparação entre o *blend* de sumo de cereja e placebo como métodos de recuperação em maratonistas mas sem haver diferenças entre as condições. A melatonina, também mencionada em um único estudo (Robey et al, 2013), foi usada para analisar o efeito da intensidade do exercício, seguido, ou não, da aplicação de CWI como recuperação, contudo não foram encontradas efeito das condições ( $p = 0,96$ ), porém, a melatonina teve aumento de suas concentrações ao longo do tempo para todas as condições ( $p < 0,001$ ), sendo a melatonina o hormônio principal do ciclo *sleep-wake* e facilitador para o início



do ciclo, onde o sono tem grande impacto sobre a recuperação, saúde humana e performance física e cognitiva (Cheikh et al, 2018; Farjallah et al, 2018; Knufinke et al, 2019; Robey et al, 2013; Simpson, Gibbs & Matheson, 2017).

#### 4.2.4 Conclusão

Pesquisas na área desportiva têm estudado hormônios e marcadores imunológicos, e suas respostas às competições, adaptações agudas e crônicas ao treino, e o uso da saliva para acessar esses marcadores salivares estão bem descritos com boa correlação quando comparados as amostras de soro sanguíneo, mas sem que sejam invasivas e stressantes. A variação dos métodos de recolha de saliva não afeta os marcadores salivares, independentemente da taxa de fluxo salivar, como o cortisol e a testosterona (McLellan, 2011; Papacosta & Nassis, 2011; O'Connor & Corrigan, 1987).

As respostas do cortisol aos métodos de recuperação aplicados não apresentaram impactos significativos, mesmo com a normalização das concentrações de cortisol duas horas após o exercício quando utilizada a CWI e a WBC. Para a testosterona nenhum efeito foi observado quando da aplicação da ECP e da OCc como recuperação, porém, a WBC apresentou concentrações significativamente mais altas de testosterona em 2h e 24h após o exercício. A IgA submetida às respostas dos métodos de recuperação, somente com uso da ECP parece ter havido resposta significativa na normalização de suas concentrações. O rácio T/C, a alfa-amilase, a IgG e a melatonina não foram afetadas pelos métodos de recuperação encontrados nesta revisão, apenas mostrando aparente efeito de tempo significativo.

A diversidade de métodos de recuperação, metodologias, e tipos de exercício (stress físico), intensidade, duração provavelmente influenciaram nas respostas dos marcadores salivares, assim como o stress psicológico nas competições. Isso mostra a necessidade por um maior número de estudos, com mais voluntários, comparações com diferentes métodos de recuperação e de menor custo, e uma metodologia congruente de confiabilidade e semelhante a sessões de treino e competição, mesmo que, para voluntários fisicamente ativos e não atletas, para uso diário para manutenção da saúde e diminuição dos riscos de *overtraining*, sintomas adversos e doenças do trato respiratório superior, além de se evitar o afastamento prolongado da prática de exercícios físicos.

#### 4.2.5 Referências

- Anderson, T., Haake, S., Lane, A.R., Hackney, A.C. (2016) Changes in resting salivary testosterone, cortisol and interleukin-6 as biomarkers of overtraining. *Baltic J Sport Health Sci.* 1(100): 2-7.
- Casanova, N., Palmeira-de-Oliveira, A., Reis, V.M., Serra, N.C., et al. (2015) Testosterone and Cortisol responses in competition: a systematic review. *Motricidade.* 11(4): 151-162.
- Cernych, M.; Baranauskiene, N.; Vitkauskiene, A.; Satas, A.; Brazaitis, M. (2019) Accelerated muscle contractility and decrease muscle steadiness following sauna recovery do not induce greater neuro muscular fatigability during sustained submaximal contractions. *Human Mov Sci.* 63: 10-19.
- Cheikh, M.; Hammouda, O.; Gaamouri, N.; Driss, T.; Chamari, K.; Cheikh, R. B.; Dogui, M.; Souissi, N. (2018) Melatonin ingestion after exhaustive late-evening exercises improves sleep quality and quantity, and short-term performances in teenage athletes. *Chronobiology Int.* 35(9):1281-1293.
- Chiodo, S.; Tessitore, A.; Cortis, C.; Cibelli, G.; Lupo, C.; Ammendolia, A.; De Rosas, M.; Capranica, L. (2011) Stress-related hormonal and psychological changes to official youth Taekwondo competitions. *Scand J Med Sci Sports.* 21(1): 111-119.
- Collins, R.; McGrath, D.; Horner, K.; Eusebi, S.; Ditroilo, M. (2019) Effect of external counterpulsation on exercise recovery in team sport athletes. *Int J Sports Med.* 40(8): 511-518.
- Crowley, M. A. & Matt, K. S. (1996) Hormonal regulation of skeletal muscle hypertrophy in rats: the testosterone to cortisol ratio. *Eur J Appl Physiol.* 73(1): 66-72.

- Delves, P. J.; Martin, S. J.; Burton, D. R. and Roitt, I. M. *Roitt's essential Immunology*. 12th edition. Rio de Janeiro, Guanabara-Koogan, 2013.
- Dimitriou, L.; Hill, J. A.; Jehnali, A.; Dunbar, J.; Brouner, J.; McHugh, M. P.; Howatson, G. (2015) influence of monmorency cherry juice blend on indices of exercise-induced stress and upper respiratory tract symptoms following marathon running – a pilot investigation. *J Int Society Sports Nutr.* 12(22).
- Farjallah, M.A.; Hammouda, O.; Zouch, M.; Ghatassi, K.; Graja, A.; Driss, T.; Chamari, K.; Souissi, N. (2018) Effect of melatonin ingestion on physical performance, metabolic responses, and recovery after as intermittent training session. *Physiol Int*, 105(4): 358-370.
- Gatti, R. & De Palo, E. F. (2011) An update: salivary hormones and physical exercise. *Scan J Med Sci Sports.* 21(2): 157-169.
- Gleeson, M.; Bishop, N. & Walsh, N. (2013) *Exercise Immunology*. New York (NY), Routledge – Taylor & Francis Group.
- Gleeson, M. & Pyne, D.B. (2000) Exercise effects on mucosal immunity. *Immunol and Cell Biol.* 78(5): 536-544.
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. *Textbook of Medical Physiology*. 13th edition. Philadelphia, PA: Elsevier, 2016.
- Hagstrom, A.D. & Shorter, K.A. (2018) Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the contact codes of football: a systematic review and meta-analysis of pre and post-match differences. *Eur J Sport Sci.* 18(9): 1234-1244.
- Hayes, L.D., Grace, F.M., Baker, J.S. & Sculthorpe, N. (2015) Exercise-induced responses in salivary testosterone, cortisol, and their ratios in men: a meta-analysis. *Sports Med.* 45(5): 713-726.

- Herbst, K. L. & Bhasin, S. (2004) Testosterone action on skeletal muscle. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 7(3): 271-277.
- Hough, J., Leal, D., Scott, G., Taylor, L., et al. (2021) Reliability of salivary cortisol and testosterone to a high-intensity cycling protocol to highlight overtraining. *J Sports Sci.* 39(18): 2080-2086.
- Klentrou, P., Cieslak, T., Neil Mac, M., Vintiner, M., et al. (2002) Effect of moderate exercise on salivary immunoglobulin A and infection risk in human. *Eur J Appl Physiol.* 87(2): 153-158.
- Knufinke, M.; Fittkau-koch, L.; Most, E. I. S.; Kompier, M. A. J.; Nieuwenhuys, A. (2019) Restricting short-wavelength light in the evening to improve sleep in recreational athletes – a pilot study. *Eur J Sport Sci.* 19(6): 728-735.
- Lindsay, A.; Carr, S.; Cross, S.; Petersen, C.; Giese, S. P. (2017) The physiological response to cold water immersion following a mixed martial arts training session. *Appl Physiol Nutr Metab.* 42(5): 529-536.
- Lindsay, A.; Lewis, J.; Scarrot, C.; Draper, N.; Giese, S. P. (2015) Changes in acute biochemical markers of inflammatory and structural stress in rugby union. *J Sports Sci.* 33(9): 882-891.
- McLellan, C.; Lovell, D. I. & Gass, G. C. (2011) Markers of postmatch fatigue in professional rugby league players. *J Strength Cond Res.* 25(4): 1030-1039.
- O'Connor, P.J. & Corrigan, D.L. (1987) Influence of short-term cycling on salivary cortisol levels. *Med Sci Sports Exerc.* 19(3): 224-228.
- Papacosta, E. & Nassis, G.P. (2011) Saliva as a tool to monitoring steroid, peptide and immune markers in sport and exercise science. *J Sci Med Sport.* 14: 424-434.
- Peake, J.M., Neubauer, O., Walsh, N.P., Simpson, R.J. (2017) Recovery of immune system after exercise. *J Appl Physiol.* 122(5): 1077-1087.

- Rahimi, R., Ghaderi, M., Mirzaei, B., Ghaeni, S., et al. (2010) Effects of very short rest periods on immunoglobulin A and cortisol responses to resistance in men. *J Hum Sport Exerc.*5(2): 146-157.
- Robey, E.; Dawson, B.; Halson, S.; Gregson, W.; King, S.; Goodman, C.; Eastwood, P. (2013) Effect of evening postexercise cold water immersion on subsequent sleep. *Med Sci Sports Exerc.* 45(7): 1394-1402.
- Russell, M.; Birch, J.; Love, T.; Cook, C. J.; Bracken, R. M. Taylor, T.; Swift, E.; Cockburn, E.; Finn, C.; Cunningham, D.; Wilson, L.; Kilduff, L. (2017) The effects of a single whole-body cryotherapy exposure on physiological performance, and perceptual responses of professional academy soccer players after repeated sprint exercise. *J Strength Cond Res.* 31(2): 415-421.
- Shearer, D. A.; Kilduff, L. P.; Finn, C.; Jones, R. M.; Bracken, R. M.; Mellalieu, S. D.; Owen, N.; Crewther, B. T.; Cook, C. J. (2015) Measuring recovery in elite rugby players: the brief assessment of mood, endocrine changes, and power. *Res Quaterly Exerc Sport.* 86(4): 379-386.
- Simpson, N. S.; Gibbs, E. L. & Matheson, G. O. (2017) Optimizing sleep to maximize performance: implications and recommendations for elite athletes. *Scan J Med Sci Sports.* 27: 266-274.
- Sparkes, W.; Turner, A. N.; Weston, M.; Russel, M.; Johnston, M. J.; Kilduff, L. P. (2020) The effect of training order on neuromuscular, endocrine and mood response to small-sided games and resistance training sessions over a 24-h period. *J Sci Med Sports.* 23(9): 866-871.
- Thomas, N.E., Leyshon, A., Hughes, M.G., Jasper, M.A., et al. (2010) Concentrations of salivar testosterone, cortisol, and immunoglobulin A after supra-maximal exercise in female adolescents. *J Sports Sci.* 28(12): 1361-1368.
- Trochimiak, T. & Hübner-Wozniak, E. (2012) Effect of exercise on the level of immunoglobulin A in saliva. *Biol Sport.* 29(4): 255-261.

- Uchida, M. L.; Bacurau, R. F. P.; Navarro, F.; Pontes Jr, F. L.; Tessuti, V. D.; Moreau, R. L.; Rosa, L. F. B. P. C.; Aoki, M. S. (2004) Alteration of testosterone: cortisol ratio induced by resistance training in women. *Bras J Sport Med.* 10(3): 169-172.
- VanBruggen, M. D.; Hackney, A. C.; McMurray, R. G.; Ondrak, K. S. (2011) The relationship between serum and salivary cortisol levels in response to different intensities of exercise. *Int J Sports Physiol Perform.* 6(3): 396-407.
- Vervoorn, C.; Quist, A. M.; Vermulst, L. J. M.; Erich, W. B. M.; Vries, W. R.; Thijssen, J. H. H. (1991) The behaviour of the plasma free testosterone/cortisol ratio during a season of elite rowing training. *Int J Sports Med.* 12(3): 257-263.
- Walsh, N.P., Gleeson, M., Shephard, R.J., Gleeson, M. et al. (2011) position statement: part one: immune function and exercise. *EIR.* 17: 6-63.
- Williams, C. & Ratel, C. (2009) *Human Muscle Fatigue.* New York (NY), Routledge – Taylor & Francis Group.
- Williams, N.; Russell, M.; Cook, C. J. & Kilduff, L. P. (2018) The effect of lower limb occlusion on recovery following sprint exercise in academy rugby players. *J Sci Med Sport.* 21(10): 1095-1099.

ESTUDO	POPULAÇÃO	OBJETIVO	INTERVENÇÃO	COMPARAÇÃO / MÉTODOS DE RECUPERAÇÃO	MARCADORES SALIVARES E ANÁLISES	RESULTADOS
Cernych 2019	16M healthy and active (24 ± 4y)	Evaluate the residual effects of hyperthermia after 2h recovery	120sec ankle plantar flexion (MVC in isokinetic dynamometer)	Compared Control (Passive) and Whole-body hyperthermia (WBH – 80-90°C; 30% humidity; 15min + 3x10min with 15min rest between sets)	Cortisol (C)  Before and 2h Post recovery	Control: Significant lower at Post recovery ( $p<0,05$ )  WBH: No significant change
Chiodo 2011	Taekwondo black belt athletes 10 M (14 ± 0y) 6 F (13 ± 1y)	Investigate possible stress-related	Youth Taekwondo Competition	Between moments and gender. (No recovery methods described)	Cortisol (C) $\alpha$ Amylase (AA)  Morning (9 a.m.), before (15min) and Post match and recovery phase (30 and 90min)	C: $F=8,74$ ; $p=0,01$ ; $ES=0,37$ (gender); $F=0,45$ ; $p<0,0001$ (sampling). <i>Post-hoc</i> : Female: differences between peak and other values ( $p$ range 0,005 to 0,0001 and $ES$ range 0,48 to 0,67). Male: differences between peak and before and post-match and 90min ( $p$ range 0,01 to $<0,0001$ and $ES$ range 0,53 to 0,82) and between 90min and morning ( $p=0,003$ ; $ES=0,49$ ) and post-match ( $p=0,01$ ; $ES=0,56$ )  AA: No difference for gender. Main effect $F=7,33$ ; $p<0,0001$ (Peak value $277,8\pm 45,2$ U/ml). <i>Post hoc</i> differences ranged 0,007 to $<0,0001$

Collins 2019	21M Club level athletes (rugby, soccer, Gaelic games, basketball and hockey) (21,6 ± 3,4y)	Effects of External Counter pulsation (ECP) applied as recovery method	High-intensity exercise (HIE): 1 cycle = CMJ + 20-metre go and 20-metre back + CMJ. 30s interval between cycles. Maximum possible cycles until exhaustion or interruption criteria.	Compared ECP and rest (CG - passive using ECP without cuff inflation)	Cortisol (C) α Amylase (AA) Testosterone (T) Immunoglobulin A (IgA) T:C ratio  Pre, post and 24h	C: Sig interaction effects F=4,07; <i>p</i> <0,05. CG: greater at post compared to pre and 24h (both <i>p</i> <0,001, d=1,85 and 1,71 respectively). ECP: post greater than 24h ( <i>p</i> <0,0001; d=1,19)  AA: Main effect for time F=10,05; <i>p</i> <0,001. Greater at post compared to pre and 24h (both <i>p</i> <0,01, d=0,29 and 0,33 respectively). No main effect time when adjusted for secretion rate. Main effects groups (Raw and secretion rate) F=6,52; <i>p</i> <0,05 and F=5,68; <i>p</i> <0,05, respectively.  T: Main effect for time F=15,02; <i>p</i> <0,001. Greater at post compared to pre and 24h (both <i>p</i> <0,001, d=1,44 and 0,62 respectively).  IgA: Sig interaction effects F=4,85; <i>p</i> <0,05. CG: no changes. ECP: greater at post compared to pre and 24h (both <i>p</i> <0,05, d=1,26 and 0,86 respectively).  T:C ratio: Sig interaction effects F=4,54; <i>p</i> <0,05. CG: lower at post compared to pre and 24h (both <i>p</i> <0,05, d=0,79 and 0,31 respectively). ECP: post lower than 24h ( <i>p</i> <0,05; d=3,09)
-----------------	---	--	---	---	--	---



Dimitriou 2015	20 Marathon runners CJ: 7M 3F (37 ± 13y)  PL: 6M 4F (38 ± 5y)	Recovery effects of cherry juice blend intake and placebo	18 athletes in 2008 London Marathon and 2 athletes in West London 2 weeks later with same conditions	Compared Cherry juice blend (CJ) and placebo (PL)	Cortisol (C) Immunoglobulin A (IgA) Immunoglobulin G (IgG)  Day before, Post, 24 and 48h	C: Sig time effect post compared to the day before (F=26,291, $p<0,001$ , $\eta_p^2=0,594$ ) and returned to baseline at 24h. No treatment or interaction effects  IgA: No time or interactions effects to IgA concentration. Time effect to output (F=7,560; $p<0,001$ ; $\eta_p^2=0,296$ ) and decrease at post-race in both groups. No treatment or interaction effects ( $p>0,05$ )  IgG: no time, treatment, or interaction effects
Hough 2021	23M healthy and active (21 ± 3y)	Reliability of the responses of salivary cortisol and testosterone to repeated bouts across several days	3 trials (separated by 7d). Each one with 30min in cycle ergometer alternating 1min at 55% Wmax (maximum work rate) and 4min at 70% Wmax	Between moments (No recovery methods described)	Cortisol (C) Testosterone (T)	C: Sig time effect (F=13.949; $p<0,001$ ). Sig increases Pre to Post ( $p=0,01$ ) and returning to baseline Post 30min ( $p=0,79$ ). Delta cortisol were similar over the 3 trials (F=0,680; $p=0,518$ ) and found a reliability in the responses to the exercise (ICC=0,89) T: Sig time effect (F=70.914; $p<0,001$ ). Sig increases Pre to Post ( $p=0,001$ ) and Post 30min ( $p<0,001$ ). Delta testosterone were similar over the 3 trials (F=2,123; $p=0,144$ )
Lindsay 2015	11M senior division rugby players	Identify the changes in inflammation following a rugby game and to be used to manage player recovery.	Elite amateur rugby game	Between moments. (No recovery methods described)	Cortisol (C) Immunoglobulin A (IgA)  Pre-game (24h), immediately post and 17, 25, 38, 62 and 86h post-game	C: Sig increase at post-game ( $p=0,002$ ; $\eta^2=0,583$ ) from Pre (15,2±7,2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ ) to Post (60,5±24,6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ ). Returned to baseline with 17h.  IgA: No change (409±223 to 414±255 $\mu\text{g.ml}^{-1}$ )  Secretion rate: No change (419±383 to 394±330 $\mu\text{g.min}^{-1}$ )

Lindsay 2017	15 semi-professionals MMA athletes (28,3±5,7y)	Effect of Cold-Water Immersion (CWI) in physiological stress parameters	MMA contest-preparation training session	Compared CWI (10°C whole body) and Passive recovery-CG (seated)	Cortisol (C) 7 days prior, Pre, immediately post and 1, 2 and 24h post	General: Sig increase 7days prior to Pre ( $p<0,05$ ; $d=1,18$ ) and Pre to Post ( $p<0,05$ ; $d=1,23$ ) and to 1h ( $p<0,01$ ; $d=1,44$ ) (Peak). Maintaining elevated at 2h ( $p=0,06$ ; $d=0,76$ ) and returned to normality at 24h.  Recovery comparison: CG greater at 2h ( $p<0,05$ ; $d=0,68$ ); Similar in the rest of moments.
McLellan 2011	17M elite rugby players (19 ± 1,3y)	Examine responses of rugby league match play	Rugby League match play (and training week continuity) PS: maintenance of daily activities and recovery practice.	Between moments. (No recovery methods described)	Cortisol (C) 24h Pre, 30min Pre, 30min Post and 24, 48, 72, 96 and 120h Post	C: Sig higher 30min Pre compared to 24h Pre ( $p=0,043$ ). Sig increases 30min Post ( $p<0,001$ ) and 24h Post ( $p<0,001$ ) to 24h Pre. Sig lower 96h Post to 24h Pre ( $p=0,042$ ).
Robey 2013	11M cyclists and triathletes (26 ± 4,4y)	Effects of high-intensity evening exercise, followed by CWI or not, influenced subsequent sleep	Intensive cycling: 10min warm up + 15min at 75% peak power + 5min break + 15mn maximal time trial (	Compared (1) just exercise, (2) control-no exercise or CWI (1 and 2-15min seated) and (3) exercise + CWI recovery (seated 15min with 14°C immersed to the midsternal level	Melatonin (Mel) Pre, 1h, 2,5 and 10h Post	Main effect for time: $p<0,001$ ; Main effect for condition: $p=0,96$ ; Main effect for time X condition: $p=0,84$ All conditions increase from baseline (~4,6pM) to 1h (~23,5 pM) and 2,5h Post (~40 pM), and still elevated 10h Post (~23 pM).
Russell 2017	14M professional academy soccer players from an English Premier League club (18 ± 2y)	Effects of single whole-body cryotherapy (WBC)	Repeated sprints: 15 X 30m timed (60sec interval)	Compared WBC (whole body cryotherapy) and Passive recovery-PR (seated)	Cortisol (C) Testosterone (T) Testosterone/Cortisol ratio (T:C) Pre, Post and 2h and 24h Post	C: Not differ in trial (Trial X Treatment - $F=0,253$ ; $p=0,859$ ; $\eta^2=0,019$ ) and differ in time of sample ( $F=13,998$ ; $p<0,001$ ; $\eta^2=0,518$ ) Post was similar to Pre ( $p=0,052$ ) and sig decrease at 2h ( $p=0,003$ ) and disappear at 24h.  T: Influenced by trial (Trial X Treatment - $F=6,231$ ; $p=0,001$ ; $\eta^2=0,326$ ) and time of sample ( $F=6,275$ ; $p=0,001$ ; $\eta^2=0,326$ ). Similar between trial at Pre and Post. WBC greater at

						2h (32,5±32,3 pg.ml <sup>-1</sup> ) and 24h (50,4±48,9 pg.ml <sup>-1</sup> ) (both $p=0,002$ )  T:C: Not differ by trial (Trial X Treatment - $F=0,696$ ; $p=0,560$ ; $\eta^2=0,051$ ) but differ in time of sample ( $F=8,66$ ; $p=0,001$ ; $\eta^2=0,518$ ). <i>Post hoc</i> unable to differences to Pre values.
Shearer 2015	12M elite rugby players (24,91 ± 4,35y)	BAM as quick measure of assessing recovery status compared with physiological recovery markers	Rugby domestic league match	Between moments. (No recovery methods described)	Cortisol (C) Testosterone (T)  Pre (36h before), 12, 36 and 60h Post	Sig time effect C: $F=4,9$ ; $p=0,01$ ; $\eta^2=0,31$  T: $F=3,34$ ; $p=0,03$ ; $\eta^2=0,23$  Compared from baseline (Mean diff; 95% CI) C: 12h (-0,15; -0,221/-0,079); 36h (-0,21; -0,364/-0,069) and 60h (-0,11 -0,254/0,018)  T: 12h (57,34; 16,803/97,884), 36h (41,31; 3,864/78,763) and 60h (18,86; -26,268/64,003)
Sparkes 2020	14M semi-professional soccer players (22,1 ± 3,1y)	Effects of training order responses a double training day	2 orders training: (1) SSG+RES and (2) RES+SSG.	Compared the responses of two orders of training in “recovery” and over 24h.	Cortisol (C) Testosterone (T) Testosterone/Cortisol ratio (T:C)  Pre, Post and 2 and 24h Post	C: Sig time effect ( $F=11,665$ ; $p<0,001$ ); No sig interaction ( $F=0,814$ ; $p=0,494$ ). RES+SSG concentration was greater at 2h to Pre ( $p=0,001$ ).  T: Sig time effect ( $F=5,471$ ; $p=0,003$ ); Sig interaction ( $F=5,196$ ; $p=0,004$ ). Concentration differs between protocols at Pre to Post ( $p=0,010$ ) and SSG+RES was greater at 2h to Pre ( $p=0,001$ ).  T:C: Sig time effect ( $F=15,333$ ; $p<0,001$ ); No sig interaction ( $F=0,877$ ; $p=0,462$ ). SSG+RES was greater at 2h ( $p=0,001$ ).

VanBruggen 2011	12M trained (22 ± 5y)	Salivary cortisol responses as effect of different exercise intensity	30 min exercise bouts at 40% (low), 60% (moderate) and 80% (high) of VO <sub>2</sub> max	Compared the responses to different exercise intensities and compared serum and salivary.	Cortisol (C)  Pre, Post and 30min Post	No sig differences in low and mod intensities. In high, sig increase from Pre to Post ( $p=0,005$ ) and 30min ( $p=0,007$ ).  Serum vs. Salivary: significant correlation ( $R_c=0,728$ ; $p=0,001$ )
Williams 2018	24M academy rugby players (21,8 ± 3y)	Effects of vascular occlusion on recovery	6 X 50m sprints	Compared vascular occlusion (2 X 3min with 3min interval) and shame (cuff at 15 mmHg) recovery	Cortisol (C) Testosterone (T) Testosterone/Cortisol ratio (T:C)  Pre, Post, 2h and 24h Post	C: Decrease ( $F=32,651$ ; $p<0,001$ ) and declined over time ( $F=7,806$ ; $p<0,001$ ) but didn't affect recovery ( $F=0,640$ ; $p=0,531$ ). No diff between conditions ( $p=0,679$ ).  T: Increase ( $F=20,127$ ; $p<0,001$ ) but didn't affect recovery ( $F=2,159$ ; $p=0,114$ ). No diff between conditions ( $p=0,226$ ).  T:C: Increase ( $F=19,200$ ; $p<0,001$ ) but didn't affect recovery ( $F=0,299$ ; $p=0,759$ ). No diff between conditions ( $p=0,421$ ).

**Quadro 2:** Resumo das análises dos estudos elegíveis da revisão sistemática (Estudo 2)

### **4.3 ESTUDO 3: Comparação entre a Recuperação Ativa e o uso da Compressão Pneumática Intermitente como meio de Recuperação após Teste de Força Fatigante e na Performance: um estudo piloto**

**Resumo:** A recuperação é um elemento importante nos treinamentos e competições e diferentes métodos, tradicionais e novos, vem sendo usados. Este estudo teve como objetivo estudar a Compressão Pneumática Intermitente (IPC) como método de recuperação, comparando-a com o método tradicional e amplamente utilizado de recuperação ativa (ATV), realizado em um ergômetro a 70rpm. Ambas as recuperações foram realizadas em dois dias separados após exercício de agachamento até a fadiga com 4 estudantes universitários treinados. Cada exercício de fadiga foi realizado com 3 séries de agachamentos (*Half Back Squat*), separados por um minuto, com 50% de 1RM até a exaustão. A frequência cardíaca média apresentou uma diminuição significativa em ambos os métodos após 20min de recuperação (ATV:0,021; IPC:<0.001) e para cada período de diferenças de 5min foram encontradas diferenças apenas no último período (0.003). A pós 20min, a remoção de lactato mostrou diferença significativa (ATV:0,001; IPC:0,033) e aumento no percentual removido de lactato (ATV:0.005; IPC:0,005) com destaque na diferença da IPC do 10° ao 15° minuto na remoção de lactato (<0.001) e aumento do percentual de remoção de lactato (0,001). As medidas do *Squat Jump* (SJ) não diferem para ambos os métodos, mas diferem no *Countermovement Jump* (CMJ) para IPC após 1h. O IPC mostrou resultados benéficos na recuperação após o exercício de fadiga, semelhante aos alcançados pela recuperação ativa, auxiliando para restaurar a homeostase corporal, melhorar o desempenho, aliviar os níveis de fadiga.

**Palavras-Chave:** Compressão Pneumática Intermitente; Recuperação; Fadiga; Força

**Keywords:** Intermittent Pneumatic Compression; Recovery; Fatigue; Strength.

### 4.3.1 Introdução

No planeamento da carga de treino de atletas, profissionais ou amadores, em todos os níveis, a recuperação é um importante elemento na manutenção e otimização das capacidades físicas.

A fadiga vem sendo conceituada por diversos autores como a perda ou falha para gerar determinada força muscular em determinada intensidade de exercício ou atividade motora por um determinado período de tempo. (Fitts & Holloszy, 1978; Edwards, 1981; Vollestad, 1997; Bigland-Ritchie, Furbush & Woods, 1986; Enoka & Stuart, 1992; Allen & Westerblad, 2001; Lorist, Kernell & Meijman, 2002; William & Ratel, 2009). Diversos métodos de recuperação como a recuperação ativa (Menziés et al, 2010), imersão em água fria e terapia de contraste de temperaturas (Higgins, Greene & Baker, 2017; Argus et al, 2017; Hobenauer et al, 2015), alongamento (Rubini, Costa & Gomes, 2007), massagem (Nunes et al, 2016; Poppendieck et al, 2016; Zainuddin et al, 2005; Monedero & Donne, 2000) e compressão pneumática intermitente (Heapy et al, 2018; Northey et al, 2016; Martin et al, 2015; Cochrane et al, 2013), com aplicações entre e após sessões de treino e competições, vem sendo usadas e investigadas, com objetivo de se aliviar os efeitos da fadiga, diminuindo assim a possibilidade de *overreaching* *overtraining*, lesões musculares e endorses articulares, e visando a melhora da performance na sessão seguinte, reestabelecendo as condições corporais, determinando a homeostase e melhor compensação física (Meeusen et al, 2013; Hauswirth & Mujica, 2013; Pastre et al, 2008; Barnett, 2006).

O treino de força se tornou uma das formas de exercício físico mais usadas e conhecidas para o condicionamento físico e para melhoria da saúde, geralmente utilizando de exercícios resistidos com pesos livres ou equipamentos com pesos (Fleck & Kraemer, 1999), em que a recuperação é um importante elemento na diminuição e mitigação dos efeitos da fadiga (Northey et al, 2016).

A compressão pneumática intermitente (IPC) tem sido usada há longo tempo, de forma eficiente, no tratamento e profilaxia de diversas doenças como na trombose venosa profunda e no linfedema (Zhang et al, 2018; Tran & Argáez, 2017). Entretanto, apesar do recente aumento de seu uso como método de recuperação após os exercícios,

existem poucos estudos com relação ao uso dessa metodologia como recuperação e em comparação a outros métodos, e que ainda apresentam pouca eficácia e eficiência da IPC (Hoffman et al, 2016; Martin et al, 2015). A IPC, inflando de forma sequencial suas câmaras, visa auxiliar no aumento da circulação e melhora do retorno venoso, aliviar quadro algico, desconforto e inchaço e normalização da fadiga e níveis de stresse físico (Draper et al, 2020; Hoffman et al, 2016). O decréscimo da frequência cardíaca durante a recuperação parece não sofrer impacto da IPC quando comparada a recuperação passiva (Overmayer & Driller, 2017; Martin et al, 2015). Com objetivo de diminuir as concentrações de lactato após testes de esforço em cicloergômetro, Overmayer & Driller (2017) utilizaram a IPC por 30 minutos e observou diminuições significativas ao longo do tempo para as concentrações de lactato, porém, sem que houvesse diferença quando comparada com recuperação passiva. Por outro lado, com mesmo objetivo, Martin et al (2015) não encontraram diferenças significativas ao longo do tempo ou ao comparar com recuperação placebo com uso do mesmo equipamento com pressões reduzidas. Para as respostas de força muscular através de saltos verticais, a IPC com uso por 45 minutos, após teste de força exaustivo através de séries de agachamentos, não demonstrou impacto significativo (Northey et al, 2016), assim como após 24, 48 e 72 horas do teste de exaustão em dinamômetro (Cochrane et al, 2013).

Este estudo piloto teve como objetivo principal comparar a recuperação ativa, método amplamente difundido e utilizado, com a recuperação com uso das “botas de compressão” (IPC), cujo o uso já se apresenta difundido e comercializado no desporto, mas com poucos estudos sobre sua eficácia no pós exercício e na recuperação desportiva.

#### **4.3.2 Metodologia**

Este é um estudo exploratório cruzado para avaliar os efeitos da Recuperação Ativa (ATV) e da IPC, onde todos os voluntários foram submetidos a ambos os métodos de recuperação. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra (CE/FCDEF-UC/00572020). Foram medidas as concentrações de lactato (e remoção percentual de lactato), FC e variáveis de saltos verticais (SJ – salto de agachamento; CMJ – salto de

contramovimento). Os voluntários compareceram a FCDEF-UC por três vezes, sendo uma sessão de familiarização e duas sessões experimentais, separadas por pelo menos 1 semana. Os voluntários realizaram um Teste de Esforço Máximo para Indução de Fadiga (TF) com avaliação das variáveis antes, imediatamente após e 1 hora após o exercício. Após as avaliações pós TF, os voluntários foram submetidos a um dos dois métodos de recuperação (ATV ou IPC). Todos os experimentos foram realizados na mesma hora do dia, reduzindo a influência do ciclo circadiano. Os voluntários foram instruídos a não realizar nenhum tipo de exercício nas 24 horas anteriores ao TF, bem como a não consumir álcool nas últimas 48 horas e cafeína nas 6 horas anteriores. Eles também foram instruídos a manter sua dieta diária normal na semana anterior aos experimentos.

#### **4.3.2.1 Amostra**

Os voluntários eram quatro estudantes universitários do sexo masculino, fisicamente ativos e saudáveis. Tinham uma rotina, há um mínimo de um ano, de ao menos três treinos físicos semanais. Após serem informados dos procedimentos a serem submetidos e dos riscos associados ao estudo, aceitaram suas participações através de termo de consentimento devidamente assinado. Todos os voluntários eram atletas federados em diferentes desportos (basquete, rugby, jiu-jitsu brasileiro e canoagem). A idade média (média  $\pm$  DP), estatura, massa corporal e percentual de gordura eram, respectivamente, de 22 anos  $\pm$  1,83, 183cm  $\pm$  0,14, 82,48kg  $\pm$  15,38 and 12,46%  $\pm$  3,55.

#### **4.3.2.2 Procedimentos Metodológicos**

A primeira sessão, a de familiarização, foi constituída de um aquecimento padronizado, familiarização com o exercício de *Half Back Squat* no *Smith Machine*, mesmo que havendo conhecimento do uso prévio, realização do teste de repetição máxima (1RM) para cada voluntário e familiarização com os métodos de recuperação ativa (ACT) e com uso da compressão pneumática intermitente (IPC) e com os testes de



impulsão vertical. O aquecimento se constituiu de cinco minutos em cicloergômetro (Monark 828E, Vansbro, Sweden) entre 70 e 75 rpm.

O teste de esforço máximo para indução da fadiga (TF) consistiu em três séries de agachamentos (*Half Back Squat*) com carga de 50% do teste de 1RM, previamente determinada (ACSM, 2018). Durante os movimentos de agachamento, a barra era apoiada sobre a musculatura do trapézio, junto a linha dos ombros. Com as pernas estendidas e calcanhares alinhados sob a barra, o agachamento era realizado até 90° de flexão dos joelhos e retornando a posição de extensão de joelhos. O exercício tinha sua interrupção quando voluntário não completava o movimento ou permanecia de forma prolongada na posição de ortostase. Cada série foi realizada até a exaustão, com o número de repetições sendo apontados, e a se realizar intervalo de um minuto entre as séries.

Após as avaliações pós exercício (durante os primeiros 5 minutos), os voluntários foram submetidos a um dos métodos de recuperação por um período de 20 minutos (Heapy et al, 2018; Hoffman et al, 2016). Durante a recuperação com IPC, os voluntários permaneceram na posição sentada com os membros inferiores estendidos com uso das “botas de compressão” (Normatec 2.0®, *Hyperice*, EUA). Seguindo as orientações do fabricante, as 4 câmaras era infladas por bomba automática programável, individualmente, de distal para proximal, com cada compartimento sendo inflado por um período de 30 segundo para realizar a compressão, com pressão de 80 mmHg, e retornar ao estado inicial pelo mesmo período de 30 segundos. A recuperação ACT, apresentada em diversos estudos para melhora da remoção do lactato quando comparada à recuperação passiva (Menzies et al, 2010; Monedero & Donne, 2000), foi realizada no mesmo cicloergometro do aquecimento, com voluntários a pedalar entre 70 e 75 rpm com uma carga imposta de 1Kg. As condições de recuperação se iniciaram a partir do quinto minuto após o TF, tempo necessário para realizar os saltos verticais e preparar e ativar os métodos de recuperação.

As medições de performance foram feitas através de saltos verticais onde os voluntários realizaram 3 *squat jumps* (SJ) e 3 *countermovement jumps* (CMJ), com intervalo de 30 segundos entre cada salto. Os saltos foram realizados antes e imediatamente após o TF e uma hora após o término do TF. O SJ foi realizado com os joelhos a 90° de flexão, mantidos por três segundos antes de saltar para a altura máxima, sem que houvesse movimento dos braços. O CMJ foi realizado da mesma forma que o SJ, mas se iniciou com a extensão total dos joelhos e com movimentação dos membros

superiores. As medições foram feitas utilizando o OptoJump Next (Microgate<sup>®</sup>, Bolzano, Itália), um equipamento composto de duas barras, distanciadas um metro da outra, com sensores ópticos e interface com computador para aquisição das variáveis.

A concentração do lactato sanguíneo foi medida através de amostra de sangue capilar de ponta de dedo. A recolha foi feita em repouso e durante a aplicação das recuperações (5, 10, 15, 20 e 25 minutos após o TF) (Baldari et al, 2007;2005). Após limpeza com lenço umidecido em álcool e secagem e gaze, foi feita uma picada com lanceta Unistik<sup>®</sup> Extra 2 (Owen Mumford, Woodstok, UK), e a amostra foi recolhida com uso de Microvette CB300 (Sarstedt<sup>®</sup>, Nümbrecht, Germany) e a concentração de lactato determinada com uso do *Miniphotometer Plus* LP20<sup>®</sup> (Dr Lange, Bavaria, Alemanha).

A frequência cardíaca foi monitorada durante o TF e os períodos de recuperação usando um Polar V800 (Polar<sup>®</sup>, Kempele, Finlândia). Foram apontadas as FC em repouso, a FC máxima atingida ao término do TF e a cada 5 minutos durante as recuperações.

#### **4.3.2.3 Análise Estatística**

Foi verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk, e a estatística descritiva apresentada por média e desvio padrão. O teste *t student* pareado foi usado para determinar a diferença, para cada variável (FC, Lac, percentual de remoção de lactato, SJ e CMJ), entre cada momento, assim como entre a primeira medição após o TF e a última ao fim da aplicação dos métodos de recuperação. Foram aceitas diferenças estatisticamente significantes quando  $p < 0,05$ . As análises estatísticas foram realizadas usando o programa SPSS (versão 27, IBM-SPSS Inc., Chicago, IL, USA)

### 4.3.3 Resultados e Discussão

Os voluntários foram quatro estudantes universitários da Universidade de Coimbra, atletas federados em seus desportos (*rugby*, basquetebol, jiu-jitsu e canoagem) e, aparentemente, fisicamente saudáveis. Todos estavam a treinar por pelo menos três vezes por semana há mais de um ano. A idade média dos voluntários era de 22 anos ( $\pm 1,83$ ), com estaturas de 183 centímetros ( $\pm 0,14$ ), massa corporal de 82,48 quilogramas ( $\pm 15,38$ ) e percentual de gordura médio de 12,46% ( $\pm 3,55$ ). Ao se aplicar a fórmula do Índice de Massa Corporal (IMC), o IMC médio dos voluntários foi de 24,56 ( $\pm 3,52$ ), o que classifica o grupo como normais segunda a OMS (2004), conforme a Tabela 1, algo já esperado por estar a se falar de atletas universitários, apesar de limítrofe.

Quando da realização do teste de 1RM no exercício de *Back Squat*, a carga máxima média atingida foi de 133,25 quilogramas ( $\pm 44,93$ ), há estar a carga média de 50% a ser utilizada nos testes de indução de fadiga (TF) em 66,63 quilogramas ( $\pm 22,47$ ).

Os TF, realizados sempre no mesmo horário, a se diminuir a influência do ritmo circadiano, apresentou (Tabela 3) o número de repetições médias para cada um dos três *sets*, separados pelos dias de cada uma das condições de recuperação, e o tempo de execução, assim como a percepção de esforço (RPE) (Borg, 2000) e o LSMS (Vickers, 2001) (Tabela 4) e a frequência cardíaca e o lactato atingidos e a frequência cardíaca de reserva prevista (HRR) (ACSM, 2018) (tabela 5).

**Tabela 3:** Número de repetições, tempo de execução e frequência cardíaca (FC) a cada *set* dos TF. \*  $p=0,001$ ; \*\*  $p<0,001$ . Lac: lactato; seg: tempo em segundos; n: número de repetições; bl: baseline

	Recuperação Ativa			Recuperação com IPC		
	Repetições (n)	Tempo (seg)	Lac (mmol.L <sup>-1</sup> )	Repetições (n)	Tempo (seg)	Lac (mmol.L <sup>-1</sup> )
1º <i>set</i>	50,25 ± 28,15	129 ± 71	1,35 ± 0,16 (bl)	46 ± 10,42	102 ± 21	2,31 ± 0,2 (bl)
2º <i>set</i>	24 ± 4,97	77 ± 29	-----	25,25 ± 12,79	65 ± 35	-----
3º <i>set</i>	21 ± 5,23	64 ± 25	10,14 ± 1,58*	24 ± 10,42	58 ± 17	8,52 ± 0,45**

**Tabela 4:** Percepção de Esforço (RPE) e Escala de Dor Muscular (LSMS) a cada *set* do TF. (Médias ± DP)

	Recuperação Ativa		Recuperação com IPC	
	RPE	LSMS	RPE	LSMS
1º <i>set</i>	19,50 ± 1,00	5,75 ± 0,50	16,75 ± 3,95	5,25 ± 0,96
2º <i>set</i>	19,75 ± 0,50	5,75 ± 0,50	18,25 ± 2,36	5,25 ± 0,96
3º <i>set</i>	20 ± 0	6 ± 0	18,75 ± 2,50	5,75 ± 0,50

Ao se observar os resultados obtidos no TF, com a diminuição contínua do número de repetições e do tempo de execução dos agachamentos, a se basear nos conceitos de perda ou falha em gerar força muscular ou executar um atividade motora por certo período de tempo (Fitts & Holloszy, 1978; Edwards, 1981; Vollestad, 1997; Bigland-Ritchie, Furbush & Woods, 1986; Enoka & Stuart, 1992; Allen & Westerblad, 2001; Lorist, Kernell & Meijman, 2002; William & Ratel, 2009), parece ter se alcançado níveis de fadiga através do TF por meio dos exercícios de agachamento.

Fadiga essa que, através da percepção individual dos voluntários ao serem questionados ao término de cada um dos três *sets*, foi atingida ao reportarem esforço (RPE) e dor muscular (LSMS) nos últimos patamares de cada escala quando observadas as suas médias e, quando calculada a moda em cada um dos *sets* de cada dia de teste de recuperação, as mais assinaladas na Escala RPE foi a de 20 a apontar “Esforço Máximo” e para dor muscular foi a de 6, a sinalizar “Dor intensa que limita minha capacidade de movimento”.

Há de se observar o lactato medido após o TF e os testes de impulsão vertical que estavam a apresentar concentrações de 10,14 ( $\pm$  1,58) e 8,52 ( $\pm$  0,45) mmol para o dia da recuperação ativa e com as “botas de compressão”, respectivamente, o que demonstrou um aumento das concentrações sanguíneas de lactato estatisticamente significativo (ACT:  $p = 0,001$ ; IPC:  $p < 0,001$ ).

As frequências cardíacas máximas médias atingidas (Tabela 5) ao término de cada *set* demonstram níveis de alta intensidade ao serem realizados os TF, o que é ressaltado quando comparadas às previstas através da equação de predição da frequência cardíaca de reserva (Heart Rate Reserve - HRR) (ACSM, 2018) com intensidade de 85%, onde as frequências cardíacas médias, seja para àquelas atingidas no dia de aplicação da recuperação ativa (176 bpm) ou para as atingidas no dia da recuperação com as “botas de compressão” (182,5 bpm), atingiram níveis acima às previstas pela HRR (160,25 e 165,78, respectivamente), com diferenças significativa entre as frequências cardíacas alcançadas e as previstas (ACT:  $p = 0,001$ ; IPC:  $p < 0,001$ ), e sem diferença significativa entre as frequências cardíacas médias alcançadas para cada dia de intervenção com recuperação ( $p = 0,303$ ).

**Tabela 5:** Frequência cardíaca máxima atingida em cada *set* do TF e frequência cardíaca de reserva prevista em batimentos por minuto (bpm). \*  $p \leq 0,001$ . Rep: repouso; FCmax: frequência cardíaca máxima; HRR: frequência cardíaca de reserva prevista.

	Recuperação Ativa			Recuperação com IPC		
	FCmax (bpm)	HRR (bpm)	<i>p</i>	FCmax (bpm)	HRR (bpm)	<i>p</i>
<b>Rep</b>	78,50 ± 10,97			71 ± 3,16		
<b>1º set</b>	165,75 ± 10,50	-----	-----	172 ± 13,98	-----	-----
<b>2º set</b>	169,25 ± 9,32	-----	-----	178,50 ± 11,90	-----	-----
<b>3º set</b>	176 ± 11,34	160,25 ± 9,39	0,001	182,5 ± 10,66	165,78 ± 9,20	<0,001

Assim, pode ser aceito que, ao vislumbradas modificações empregadas à frequência cardíaca, às concentrações de lactato e as percepções dos atletas voluntários com relação aos TF, foram atingidos níveis de fadiga em que tais voluntários, conforme as conceituações previamente discorridas, não mais poderiam executar os movimentos de *Back Squat*, mesmo que em intensidade inferiores, ou poderia realizar de ação motora similar.

#### 4.3.3.1 Lactato e sua Cinética em Resposta às Recuperações

Apesar de se ter realizado exercício de força através do *Back Squat* ao invés de exercícios cíclicos, e com a imposição de se realizar o maior número de repetições possíveis, sem que houvesse intervalo superior a dois segundos entre as repetições, as concentrações de lactato apresentaram aumento estatisticamente significativo (ACT:  $p = 0,001$ ; IPC:  $p < 0,001$ ) (Tabela 3), a apontar, em ambos os grupos, para um acúmulo láctico no quinto minuto após serem submetidos ao TF em comparação com suas concentrações em repouso.

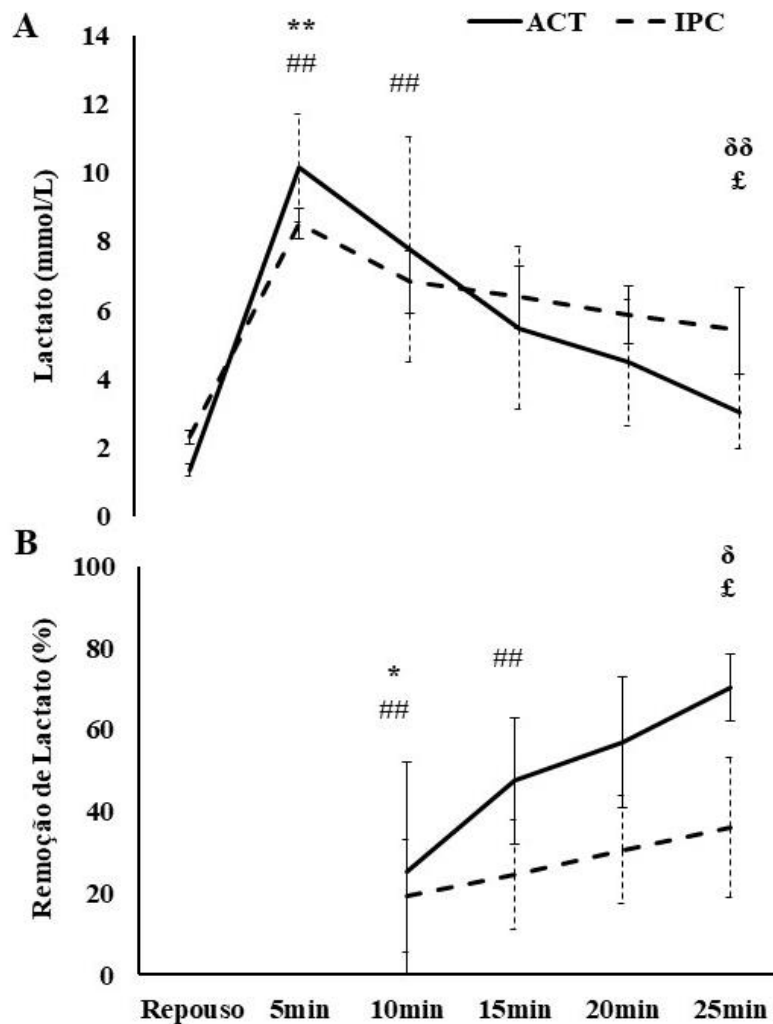
Com a aplicação das recuperações, se observou, com relação às concentrações de lactato (Tabela 6), uma diminuição significativa entre os intervalos de medição somente quando do uso da IPC do 10º para o 15º minuto ( $p < 0,001$ ), contudo quando comparadas as concentrações máximas atingidas ao quinto minuto após o findar do TF com as após a aplicação das condições, ambas as recuperações (ACT e IPC), se encontrou diferenças significativas na diminuição das concentrações de lactato mas com a ACT a chegara níveis mais baixos mesmo a alcançar níveis mais elevados após TF

(ACT: 3,037 mmol/L,  $p = 0,001$ ; IPC: 5,397 mmol/L,  $p = 0,033$ ) (Figura 16A). Em estudo a fazer comparação do IPC com o uso do mesmo equipamento mas sem haver o enchimento das câmaras da IPC (“passiva”) (Martin, 2015), após dois testes de Wingate (WAnT) consecutivos, separados por três minutos a pedalar em níveis mais baixos em 70rpm, a remoção de lactato somente apresentou diferenças significativa entre as metodologias, com as concentrações a se apresentarem mais baixas para o uso da IPC após 25 minutos de recuperação ( $-23,0 \pm 30,6\%$ ,  $p = 0,021$ ) e aos 35 minutos ( $-26,0 \pm 29,6\%$ ,  $p = 0,006$ ), a diferir de nosso estudo onde foram obtidas reduções das concentrações de lactato em um período de tempo menor, parecendo ser consequência das pressões estipuladas às câmaras de compressão da IPC onde, em nosso estudo se fez uso de 80 mmHg enquanto para o estudo em questão foi utilizado 70 mmHg, mesmo que se tenha feito uso da IPC por um tempo superior em 10 minutos. Em outro estudo em cicloergômetro (Overmayer & Driller, 2017) a pedalar ao máximo por 20 minutos e a recuperar com IPC ou a fazer recuperação passiva (sentados), não apresentaram diferença significativa entre as recuperações, o que vai ao encontro ao nosso estudo que, a utilizar as mesmas pressões de 80 mmHg para cada câmara da IPC, mas a aplicar por menos 10 minutos, mas com a remoção do lactato, ainda que sem haver diferenças com a recuperação passiva.

**Tabela 6:** Concentrações de lactato e percentuais de remoção a cada momento e entre o Pós Teste de Fadiga e ao término da aplicação dos métodos de recuperação (25min). \*  $p \leq 0,05$ ; #  $p \leq 0,001$

	Lactato (mmol/L)		Remoção Lactato (%)	
	Ativa	IPC	Ativa	IPC
<b>Rep-5 min</b>	1,345-10,142 (0,001)#	2,310-8,523 (<0,001)#	-----	-----
<b>5-10 min</b>	10,142-7,761 (0,114)	8,523-6,830 (0,081)	0,0-25,47 (0,011)*	0,0-19,37 (0,001)#
<b>10-15 min</b>	7,761-5,480 (0,066)	6,830-6,377 (<0,001)#	25,47-47,57 (0,078)	19,37-24,71 (0,001)#
<b>15-20 min</b>	5,480-4,467 (0,310)	6,377-5,867 (0,052)	47,57-56,91 (0,280)	24,71-30,66 (0,055)
<b>20-25 min</b>	4,467-3,037 (0,111)	5,867-5,397 (0,163)	56,91-70,44 (0,117)	30,66-36,07 (0,159)
<b>5-25 min</b>	10,142-3,037 (0,001)#	8,523-5,397 (0,033)*	0,0-70,44 (0,005)*	0,0-36,07 (0,005)*

Ao se olhar os resultados referentes aos percentuais de remoção do lactato, ambas as recuperações se apresentaram com sucesso a acelerar a remoção de lactato nos cinco primeiros minutos em que as condições eram aplicadas a apresentar diferenças significativas (ACT: 25,47%,  $p = 0,011$ ; IPC: 19,37%,  $p = 0,001$ ), assim como a IPC apresentou diminuições percentuais significativas do 10º para o 15º minuto (19,37% - 24,71%,  $p = 0,001$ ). Contudo, após os vinte minutos em que os voluntários foram submetidos às recuperações, seja a recuperação ativa ou a com uso das “botas de compressão”, as remoções alcançaram resultados significativos com a ACT a remover 70,44% ( $p = 0,005$ ) e a IPC com 36,07% ( $p = 0,005$ ) do lactato inicialmente atingido após o TF (Figura 16B). Como a carga imposta aos voluntários, em nosso estudo, foi a mesma, pode ter influenciado na remoção de lactato, pois a carga imposta, quanto mais próxima ao limiar de lactato, parece aumentar os percentuais de remoção de lactato (Menzies, 2010)



**Figura 16:** **A)** Gráfico das curvas de concentração de lactato sanguíneo antes e ao longo do tempo nas recuperações. **B)** Gráfico dos percentuais de remoção de lactato sanguíneo antes e ao longo do tempo nas recuperações. ACT: \*  $p \leq 0,05$  e \*\*  $p \leq 0,001$  entre os momentos e  $\delta$   $p \leq 0,05$  e  $\delta \delta$   $p \leq 0,001$  entre o Pós TF e pós recuperação. IPC: ##  $p \leq 0,001$  entre os momentos e £  $p \leq 0,05$  entre o Pós TF e pós recuperação.

#### 4.3.3.2 A Frequência Cardíaca em Resposta às Recuperações

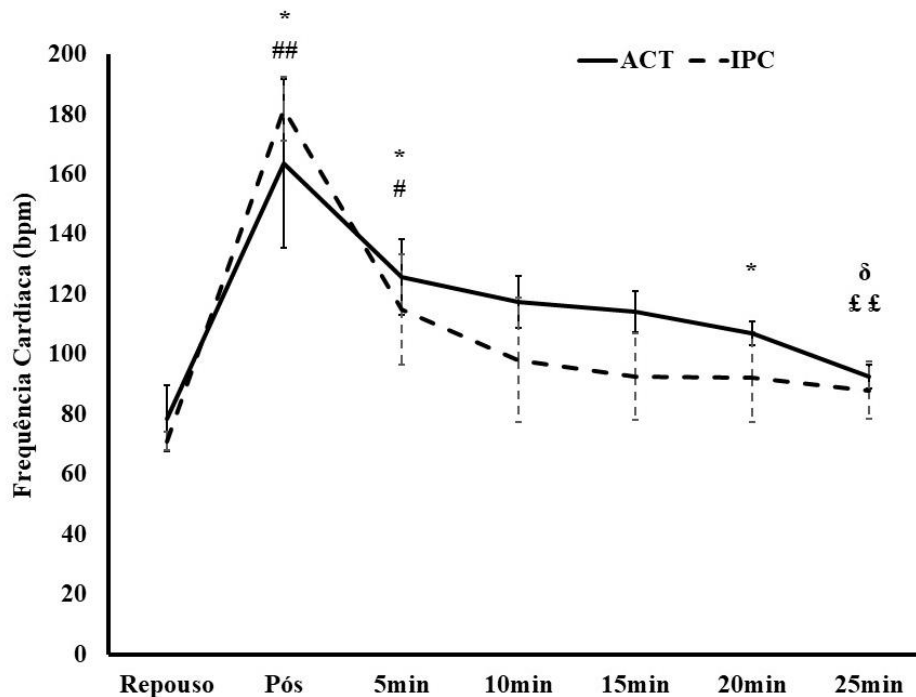
A frequência cardíaca (Tabela 7), como de se esperar, se apresentou com elevação significativa para ambos os grupos de recuperação (ACT:  $p = 0,002$ ; IPC:  $p < 0,001$ ) após o TF em comparação às suas medições em repouso antes de se iniciarem os protocolos de avaliação. Ambas as recuperações apresentaram diminuição da frequência cardíaca com objetivo de normalização próximo aos níveis de repouso,



porém a recuperação ativa apresentou diminuição significativa na frequência cardíaca no quinto ( $p = 0,037$ ) e 25° ( $p = 0,003$ ) minutos após o TF, enquanto a recuperação com uso da IPC apresentou diferença significativa ao quinto minuto de recuperação ( $p = 0,004$ ). Ao 25° minuto após o TF, com os 20 minutos de recuperação, a frequência cardíaca já se apresentava em níveis próximos à normalidade e com diferenças significativas, em ambas as recuperações, quando comparadas às atingidas imediatamente após o findar do TF (ACT:  $p = 0,021$ ; IPC:  $p < 0,001$ ), mas com a IPC com frequência cardíaca com batimentos mais brandos em relação à recuperação ativa (ACT:  $92,5 \pm 3,87$ ; IPC:  $88 \pm 9,56$ ) (Figura 17). No estudo de Martin *et al* (2015), a frequência cardíaca medida durante as recuperações com uso da IPC e a usar a IPC sem que houvesse as compressões, não apresentou diferenças entre as medições com relação ao efeito das condições as quais os voluntários foram submetidos ou em relação ao tempo decorrido após o teste de esforço. A recuperação e estabilização da frequência cardíaca pode estar diretamente associada à carga imposta durante a recuperação ativa conforme descrito por Menzies *et al* (2010) onde, mesmo a haver a rápida diminuição no número de batimentos do coração, a diminuição da frequência cardíaca foi maior quanto maior foi a carga percentual em relação ao limiar de lactato.

**Tabela 7:** Frequência cardíaca alcançada a cada intervalo de momento do repouso (Rep) até o Pós Teste de Fadiga e ao término da aplicação dos métodos de recuperação (25min). \*  $p \leq 0,05$ ; #  $p \leq 0,001$ . ACT: recuperação ativa; IPC: recuperação com uso das “botas de compressão”.

	Frequência Cardíaca (bpm)	
	ACT	IPC
<b>Rep-Pós</b>	78,5-163,5 (0,002)*	71,0-181,75 (<0,001)#
<b>Pós-5 min</b>	163,5-125,75 (0,037)*	181,75-114,75 (0,004)*
<b>5-10 min</b>	125,75-117,25 (0,229)	114,75-98,0 (0,245)
<b>10-15 min</b>	117,25-114,25 (0,076)	98,0-92,5 (0,202)
<b>15-20 min</b>	114,25-107,00 (0,076)	92,5-92,25 (0,898)
<b>20-25 min</b>	107,00-92,5 (0,003)*	92,25-88,0 (0,220)
<b>Pós-25 min</b>	163,5-92,5 (0,021)*	181,75-88,0 (<0,001)#



**Figura 17:** Frequência cardíaca média ao longo do tempo. ACT: \*  $p \leq 0,05$  entre os momentos e  $\delta p \leq 0,05$  entre o Pós TF e pós recuperação. IPC: #  $p \leq 0,05$  e ##  $p \leq 0,001$  entre os momentos e ££  $p \leq 0,001$  entre o Pós TF e pós recuperação.

#### 4.3.3.3 Saltos Verticais e as Recuperações

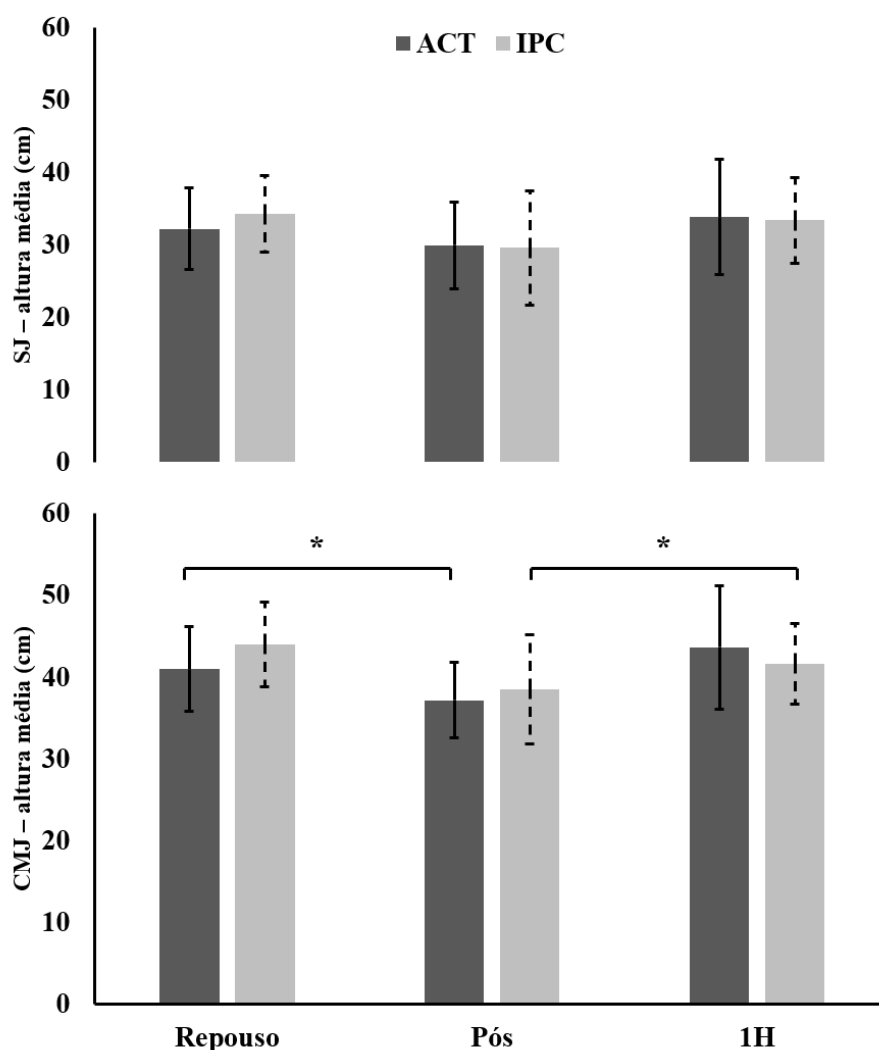
As avaliações realizadas com *squat jump* e *countermovement jump* (Tabela 8) com objetivo de se observar o impacto das duas metodologias para se abreviar o tempo de recuperação somente apresentaram diferença significativa com aumento da altura média alcançada para o *counter movement jump* ao se comparar as após a aplicação da recuperação com IPC (1H) com as obtidas após o TF (Pós:  $38,5 \pm 6,64$  cm e 1H:  $41,62 \pm 4,93$  cm;  $p = 0,043$ ). As Figuras 18A e 18B demonstram os resultados dos dois testes de impulsão vertical onde ainda se observa uma outra diferença significativa na comparação das alturas médias alcançadas no *counter movement jump* do grupo de recuperação ativa de antes e após o TF, onde houve uma diminuição significativa (Pós:  $40,92 \pm 5,18$  cm e 1H:  $37,15 \pm 4,61$  cm;  $p = 0,049$ ). Mesmo sem haver diferenças estatísticas significativas, pode se observar as já esperadas respostas neuromusculares em ambos os testes de impulsão vertical onde há uma diminuição das alturas alcançadas após a realização do TF em comparação àquelas obtidas previamente ao teste de esforço, assim como uma

resposta neuromuscular positiva nas avaliações realizadas uma hora após o término do TF e com a aplicação das metodologias de recuperação. Tais diminuições nas alturas dos testes de impulsão vertical eram esperadas de forma significativa como no estudo de Mackey (2020) em que os saltos de CMJ a cada *set* do teste de esforço, assim como o imediatamente após, a apresentar significativamente inferior aos realizados previamente. Contudo, apesar das análises após 5 e 10 minutos mostrarem similaridades com os achados de antes do teste de esforço, há diminuição significativa nas alturas no 15° e 20° minuto ( $p = 0,001$  e  $p = 0,02$ , consecutivamente)

**Tabela 8:** Alturas médias atingidas no *Squat Jump* (SJ) e *Counter Movement Jump* (CMJ)

	ACT			IPC		
	Repouso	Pós	1H	Repouso	Pós	1H
<b>SJ</b> (cm)	32,20±5,60	29,93±5,95	33,83±7,92	34,25±5,24	29,58±7,87	33,35±5,87
<b>CMJ</b> (cm)	40,93±5,18	37,15±4,61	43,63±7,53	44,00±5,17	38,50±6,64	41,63±4,93

No estudo de Northey et al (2016) ao comparar a aplicação da IPC por 45 minutos com a recuperação passiva e com uso de oclusão vascular por 12 minutos seguido de 33 minutos em repouso, não apresentou quaisquer diferenças significativas para o SJ e CMJ entre as condições de recuperação mas com diminuição significativa das alturas médias ao longo do tempo de avaliação (SJ e CMJ:  $p < 0,001$ ), mesmo que a demonstrar diferença significativa dos saltos de 24 horas após o teste de esforço em comparação aos de imediatamente após, ainda apresentavam médias inferiores aos realizados previamente. Após 15 horas do teste de esforço e com uso de perneiras de compressão, em estudo com 30 atletas de basquetebol masculino, não apresentou impacto sobre as avaliações de salto vertical em comparação ao grupo controle a usar perneira sem compressão (Atkins et al, 2020).



**Figura 18:** **A)** *Squat Jump* dos dois métodos de recuperação; **B)** *Counter Movement Jump* dos dois métodos de recuperação

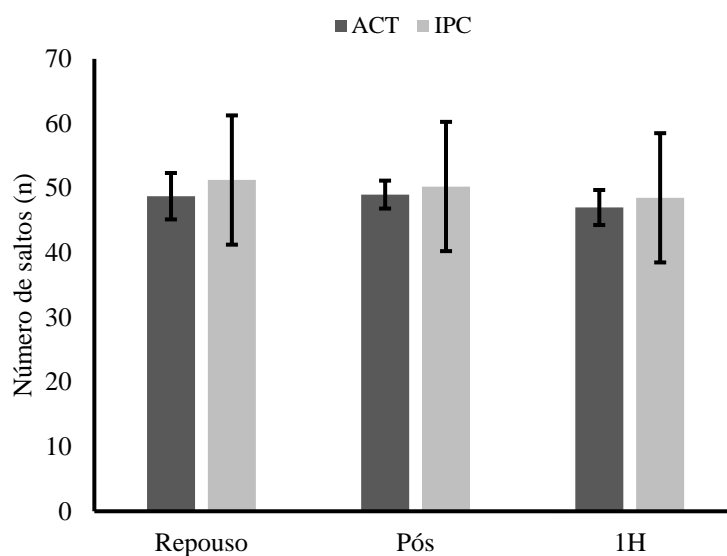
Ao realizarem os testes de resistência de saltos verticais consecutivos por 30 segundos (Tabela 9), com a ideia de se observar o impacto da fadiga neuromuscular e das recuperações propostas sobre esta, o número de saltos consecutivos atingidos (Figura 19), a média das alturas e a altura máxima (Figura 20) atingidos não demonstraram diferença estatística significativa, à exceção para as alturas máximas atingidas no grupo do dia da aplicação da IPC entre as medições antes e após o TF (Repouso:  $24,67 \pm 1,39$ ; Pós TF:  $21,40 \pm 2,66$ ;  $p = 0,018$ ). Ainda assim, ainda que mínima, há que se observar na maioria dos casos uma diminuição na altura média e máxima atingidas, em ambas as recuperações, após o TF e uma similaridade dos resultados obtidos após uma hora do TF, com a aplicação das recuperações. Com relação aos tempos médios e máximos dos “voos”

durante a execução dos testes de 30 segundos, apesar de se esperar diferenças com relação aos saltos realizados imediatamente após o findar do TF, não houver quaisquer alterações estatisticamente significativas.

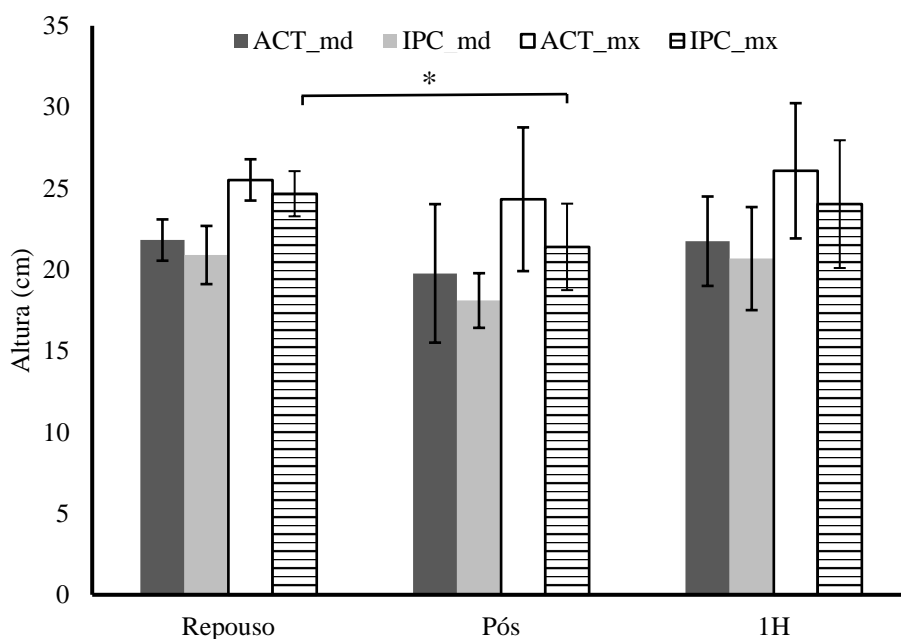
Com aplicação de uma condição de recuperação curta de cinco minutos, com colete de resfriamento, entre os três *sets* de 30 saltos verticais em um período de 150 segundos, Hurr (2021) avaliou as alturas médias alcançadas nas execuções em que se observa, seja para o grupo com uso de resfriamento ou para o grupo controle, uma diminuição linear e significativa ao longo do tempo entre os *sets* ( $p < 0,05$ ).

**Tabela 9:** Teste de Saltos Verticais Consecutivos por 30 segundos nos métodos de recuperação. Número de saltos, altura média e máxima e tempo de voo médio e máximo. **A)** Média  $\pm$  DP em cada momento **B)** Resultados do Test *t* student entre os momentos (\*  $p < 0,05$ ).

A		ACT			IPC		
		Repouso	Pós	1H	Repouso	Pós	1H
<b>Saltos (n)</b>		48,75 $\pm$ 3,59	49,00 $\pm$ 2,16	47,00 $\pm$ 2,71	51,25 $\pm$ 3,86	50,25 $\pm$ 1,89	48,50 $\pm$ 1,29
<b>ALTURA (cm)</b>	<b>Média</b>	21,82 $\pm$ 1,27	19,77 $\pm$ 4,26	21,75 $\pm$ 2,75	20,90 $\pm$ 1,79	18,10 $\pm$ 1,68	20,68 $\pm$ 3,17
	<b>Máxima</b>	25,52 $\pm$ 1,27	24,33 $\pm$ 4,42	26,08 $\pm$ 4,16	24,67 $\pm$ 1,39	21,40 $\pm$ 2,66	24,03 $\pm$ 3,93
<b>VOO (seg)</b>	<b>Médio</b>	0,416 $\pm$ 0,01	0,392 $\pm$ 0,05	0,419 $\pm$ 0,03	0,404 $\pm$ 0,006	0,383 $\pm$ 0,02	0,409 $\pm$ 0,03
	<b>Máximo</b>	0,458 $\pm$ 0,01	0,442 $\pm$ 0,05	0,460 $\pm$ 0,04	0,450 $\pm$ 0,02	0,423 $\pm$ 0,03	0,442 $\pm$ 0,03
B		ACT			IPC		
		Rep-Pós	Pós-1H	Rep-1H	Rep-Pós	Pós-1H	Rep-1H
<b>Saltos (n)</b>		0,867	0,201	0,102	0,423	0,133	0,241
<b>ALTURA (cm)</b>	<b>Média</b>	0,310	0,335	0,964	0,124	0,149	0,871
	<b>Máxima</b>	0,589	0,350	0,807	0,018*	0,191	0,691
<b>VOO (seg)</b>	<b>Médio</b>	0,441	0,336	0,509	0,270	0,158	0,948
	<b>Máximo</b>	0,599	0,341	0,707	0,062	0,095	0,585



**Figura 19:** Número de saltos realizados no teste de 30 segundos de CJ (*Continuous Jump*) em centímetros (cm)



**Figura 20:** Alturas médias e máximas atingidas nos saltos realizados no teste de 30 segundos de CJ (*Continuous Jump*) em centímetros (cm). ACT: grupo da recuperação ativa; IPC: grupo da recuperação com IPC; md: alturas médias; mx: alturas máximas.

#### 4.3.4 Conclusão

O uso da IPC na recuperação mostra resultados positivos na frequência cardíaca e na remoção de lactato, com resultados similares aos encontrados com a recuperação ativa, assim como no aprimoramento da performance visto no CMJ de 1-hora após o TF. Entretanto, por ser um estudo piloto, sua eficácia, comparada a métodos de recuperação tradicionais e usados ao longo dos anos, necessita de fiabilidade e replicabilidade. Permanece a necessidade de estudos a comparar IPC com diferentes métodos de recuperação, assim como a busca por um protocolo, metodologia, mais apropriado para o uso das “botas de compressão” e suas diferentes aplicabilidades para cada desporto ou exercício físico.

#### 4.3.5 Referências

- ACSM – American College Sports Medicine. (2010) ACSM’s health-related physical fitness manual. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health.
- Allen, D.G. & Westerblad, H. (2001) Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *The Journal of Physiology* [Online] 536 (3), 657-665. Available from: [10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00657.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00657.x)
- Argus, C.K., Broatch, J.R., Petersen, A.C., Polman, R., Bishop, D.J. & Halson, S. (2017) Cold-water immersion and contrast water therapy: no improvement of short-term recovery after resistance training. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(7), 886-892.
- Baldari, C., Di Luigi, L., Silva, S.G., Gallotta, M., Emerenziani, G.P., Pesce, C., & Guidetti, L. (2007) Relationship between optimal lactate removal power output and Olympic triathlon performance. *J Strength Conditioning Res*, 21(4), 1160-1165.

- Baldari, C., Videira, M., Madeira, F., Sergio, J., & Guidetti, L. (2005) Blood lactate removal during recovery at various intensities below the individual anaerobic threshold in triathletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(4), 460-466.
- Barnett, A. (2006) Using Recovery Modalities Between Training Sessions in Elite Athletes. Does it Help? *Sports Med*, 36(9), 781-796.
- Bigland-Ritchie, B., Furbush, F. & Woods, J.J. (1986) Fatigue of intermittent submaximal voluntary contractions: central and peripheral factors. *J Appl Physiol* [Online] 61 (2) , 421-429. Available from: doi: 10.1152/jappl.1986.61.2.421
- Cochrane, D. J., Booker, H. R., Mundel, T., & Barnes, M. J. (2013) Does Intermittent Pneumatic Leg Compression Enhance Muscle Recovery after Strenuous Eccentric Exercise? *Int J Sports Med*, 34, 969-974. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1337944>
- Draper, S.N., Kullman, E.L., Sparks, K.E., Little, K. & Thoman, J. (2020) Effects of intermittent pneumatic compression on delayed onset muscle soreness (DOMS) in long distance runners. *Int J Exerc Sci*, 13(2), 75-86.
- Edwards, R.H.T. (1981) *Human Muscle Fatigue: physiological mechanisms*. London (GBR), Pitman Medical, p.1-18.
- Enoka, R.M. & Stuart, D.G. (1992) Neurobiology of Muscle Fatigue. *J Appl Physiol* [Online] 72 (5), 1631-1648. Available from: doi: 10.1152/jappl.1992.72.5.1631
- Fitts, R.H. & Holloszy, J.O. (1978) Effects of fatigue and recovery on contractile properties of frog muscle. *Journal of Applied Physiology*. [Online] 45 (6),899-902. Available from: doi: 10.1152/jappl.1978.45.6.899



- Fleck, S. J. & Kraemer, W. J. (1999) Designing resistance training programs. Porto Alegre, Brasil: Artmed.
- Hauswirth, C. & Mujika, I. (2013) Recovery for performance in sports. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Heapy, A.M., Hoffman, M.D., Verhagen, H.H., Thompson, S.W., Dhamija, P., Sandford, F.J. & Cooper, M.C. (2018). A randomized controlled trial of manual therapy and pneumatic compression for recovery from prolonged running – an extended study. *Res Sports Med*, 26(3), 354-364.
- Higgins, T.R., Greene, D.A. & Baker, M.K. (2017) Effects of cold water immersion and contrast water therapy for recovery from team sport: a systematic review and meta-analysis. *J Strength Conditioning Res*, 31(5), 1443-1460.
- Hobenauer, E., Taeymans, J., Baeyens, J.P., Clarys, P. & Clijsen, R. (2015) The effects of post-exercise cryotherapy on recovery characteristics: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 10(9),
- Hoffman, M.D., Badowski, N., Chin, J. & Stuempfle, K.J. (2016) A randomized controlled trial of massage and pneumatic compression for ultramarathon recovery. *J Orthop Sports Phys Ther*, 46(5), 320-326.
- Lorist, M.M., Kernell, D. & Meijman, T.F. (2002) Zijde wind I. Motor fatigue and cognitive task performance in humans. *The Journal of Physiology*. [Online] 545 (1), 313-319. Available from: doi: 10.1113/jphysiol.2002.027938
- Martin, J.S., Friedenreich, Z.D., Borges, A.R. & Roberts, M.D. (2015) Acute effects of peristaltic pneumatic compression on repeated anaerobic exercise performance and blood lactate clearance. *Journal of Strength Conditioning Research*. [Online] 29 (10), 2900-2906. Available from: doi: 10.1519/JSC.0000000000000928

- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J. & Urhausen, A. (2013) Prevention, Diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sport Science. *Med Sci Sports Exerc*, 45(1), 186-205. <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>
- Menzies, P., Menzies, C., McIntyre, L., Paterson, P., Wilson, J. & Kemi, O.J. (2010) Blood lactate clearance during active recovery after an running bout depends on the intensity of the active recovery. *J Sports Sci*, 28(9), 975-982.
- Monedero, J. & Donne, B. (2000) Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int J Sports Med*, 21(8), 593-597.
- Northey, J. M., Rattray, B., Argus, C. K., Etxebarria, N., & Driller, M. W. (2016) Vascular Occlusion and Sequential Compression for Recovery After Resistance Exercise. *J Strength Cond Res*, 30(2), 533-539. doi: 10.1519/JSC.0000000000001080
- Nunes, G.S., Bender, P.U., Menezes, F.S., Yamashitafuji, I., Vargas, V.Z. & Wageck, B. (2016) Massage therapy decreases pain and perceived fatigue after long-distance ironman triathlon: a randomised trial. *J Physiotherapy*, 62(2), 83-89.
- Overmeyer, R. G., & Driller, M. W. (2017) Pneumatic Compression Fails to Improve Performance Recovery in Trained Cyclists. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(4), 490-495. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0207>
- Pastre, C. M., Bastos, F. M., Netto Júnior, J., Vanderlei, L. C. M., & Hoshi, R. A. (2009) Post-Exercise Recovery Methods: a systematic review. *Bra J Sports Med*, 15(2), 138-144.

- Poppendieck, W., Wegmann, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M. & Meyer, T. (2016) Massage and performance recovery: a meta-analytical review. *Sports Med*, 46(2), 183-204.
- Rubini, E. C., Costa, A.L.L. & Gomes, P.S.C. (2007) The effects of stretching on strength performance. *Sports Med*, 37(3), 213-224.
- Tran, K. & Argáez, C. (2017) Intermittent pneumatic compression devices for the management of lymphedema: a review of clinical effectiveness and guidelines. Ottawa (ON): CADTH
- Vollestad, N.K. (1997) Measurement of human muscle fatigue. *J Neuroscience methods* [Online] 74 (2), 219-227. Available from: doi: 10.1016/S0165-0270(97)02251-6
- Williams, C. & Ratel, C. (2009) *Human Muscle Fatigue*. New York (NY), Routledge – Taylor & Francis Group.
- Zhang, D., Li, F., Li, X. & Du, G. (2018) Effect of intermittent pneumatic compression on preventing deep vein thrombosis among stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Worldviews Evid Based Nurs*, 15(3), 189-196.
- Zainuddin, Z., Newton, M., Sacco, P. & Nosaka, K. (2005) Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. *J Athletic Training*, 40(3), 174-180.

#### **4.4 ESTUDO 4: O Impacto de Dois Métodos de Recuperação sobre o Cortisol, Testosterona e Alfa-Amilase após Teste de Exercício Fatigante: um estudo piloto**

**Resumo:** Marcadores salivares para respostas imunes e de stress ao exercício fatigante podem levar a uma degradação e afastamento da prática regular de exercícios físicos e treinos. Este estudo piloto teve o objetivo de se observar os impactos de uma recuperação com uso das “botas de compressão” (IPC) e comparar à recuperação ativa (ACT). Quatro estudantes universitários fisicamente ativos, foram submetidos a dois testes de fadiga (TF) com exercício de agachamento, separados por um mínimo de uma semana. Em cada dias, após o teste de fadiga, foram aplicadas as duas metodologias de recuperação (IPC e ACT). Recolhas de salivas foram feitas em repouso, imediatamente após o TF e após uma hora e 24 horas, para análise de Testosterona, Cortisol e Alfa Amilase. Diferenças significativas para testosterona após 24 horas foram encontradas para ambas as recuperações comparadas as após o TF, mas só a IPC apresentou diferenças passada uma hora do TF. Para o cortisol, só se encontrou diferença significativa após 24 horas na ACT. Nenhum impacto foi observado sobre o rácio testosterona-cortisol e para a alfa amilase. A IPC parece ser um equipamento viável a se aplicar como meio de recuperação, contudo necessita de mais estudos para se observar seus impactos e aperfeiçoar sua aplicabilidade.

**Palavras-Chave:** Recuperação; Recuperação Ativa; Compressão Pneumática Intermitente; Biomarcadores salivares; Fadiga.

**Keywords:** Recovery; Active recovery; Intermittent pneumatic compression; salivary biomarkers; fatigue.

#### 4.4.1 Introdução

Exercícios de alta intensidade durante as sessões de treinos e competições levam à fadiga muscular, limitando a performance e promovendo maiores possibilidades de *overtraining*, lesões, risco de infecção do trato respiratório superior (URTI) e mudanças imunológicas, inflamatórias e hormonais (Farjallah et al, 2018; Hagstrom & Shorter, 2018; Williams & Ratel, 2009), e com a persistência de treinos intensos e de elevados níveis de stresse, sem que haja uma recuperação suficiente, vital no desporto e na prática de exercícios, uma redução nas funções celulares podem levar a uma degradação crônica no sistema imune (Collins et al, 2019; Peake et al, 2017; Walsh et al, 2011).

Limitações de tempo e de recursos financeiros e de equipamento dificultam a implantação de uma metodologia individual mais eficaz para a recuperação, mesmo havendo um grande número de métodos de recuperação, respostas ainda permanecem conflitantes (Walsh et al, 2011). Amplamente utilizada na reabilitação e no tratamento de doenças que carecem do aumento do aporte sanguíneo, assim como de um melhor retorno venoso, a Compressão Pneumática Intermitente (IPC) tem sido usada na recuperação de atletas, mesmo com um número deficitário de estudos e poucas evidências sobre o impacto como método de recuperação (Martin et al, 2015; Cochrane et al, 2013).

A testosterona e o cortisol, assim como o rácio entre eles, são considerados biomarcadores salivares de stresse relacionado ao exercício e ao equilíbrio entre catabolismo e anabolismo, assim como a alfa-amilase, a depender do tipo, duração e intensidade do exercício, pode indicar a imunodepressão (Lopes et al, 2020; Peñailillo et al, 2015). Estes biomarcadores vêm sendo recolhidos e analisados através de amostras de saliva por terem boa correlação com amostras sanguíneas, facto que torna tal uso mais atrativo por não ser um método invasivo e ser de fácil aplicação, podendo ser realizado de forma frequente e rápida, sem haver necessidade de punção venosa. Além disso, com exercícios de alta intensidade, há o stresse psicofisiológico que irá ativar o Sistema Nervoso Autônomo (SNA) levando a uma maior secreção de alfa-amilase na saliva, tornando-a um indicador de stresse (Honceriu et al, 2021; Hayes et al, 2015; Casanova et al, 2015; Granger et al, 2007).

A testosterona tem impacto direto sobre a composição corporal devido ao anabolismo e catabolismo das proteínas, auxilia no desenvolvimento da força muscular, como um poderoso hormônio anabólico androgênico (O’Leary & Hackney, 2014; Herbst & Bashijn 2004). Principal hormônio no processo catabólico, o cortisol tem suas concentrações aumentadas significativamente após os exercícios e essas se mantêm elevadas após 24 horas (Shearer 2015; Lindsay 2015; McLellan, 2011), e pode causar imunossupressão por uma recuperação inadequada (Anderson 2016; Gleeson, Bishop & Walsh 2013). A alfa-amilase tem sido apontada como biomarcador não invasivo para o stresse do exercício, assim como uma alternativa potencial marcador de ativação dos receptores de via adrenérgica no Sistema Simpático Adrenomodulatório (Honceriu, 2021; Chiodo, 2011; Koibuchi & Suzuki, 2014; Granger et al, 2007).

O objetivo deste estudo foi analisar os marcadores salivares (Testosterona, Cortisol e Alfa-Amilase) em um exercício extenuante até a fadiga e comparar suas respostas à IPC e a recuperação ativa. Poucos estudo utilizam exercícios de resistência muscular até a fadiga, além dos isocinéticos, e analisaram suas respostas à recuperação com uso da IPC.

#### **4.4.2 Metodologia**

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra (FCDEFUC) (CE/FCDEFUC/00572020) e de acordo com a Declaração de Helsinki, com voluntários a receber informações escritas e orais sobre o desenho do estudo, procedimentos de avaliação e medição, riscos e benefícios conexos à participação no estudo.

##### **4.4.2.1 Amostra**

Os voluntários foram quatro estudantes universitários, do sexo masculino, que também eram atletas federados, com pelo menos a prática de exercício físico três

vezes na semana há mais de um ano. Não faziam uso de qualquer medicação e não tinham histórico de doenças cardiovasculares ou endócrinas ou imunológicas, ou qualquer tipo de lesão nos 6 meses anteriores ao estudo. Foram instruídos a não realizar exercício físico nas 24 horas antes dos testes, a não consumir cafeína e álcool e a manter suas dietas diárias dentro da normalidade.

#### 4.4.2.2 Procedimentos Metodológicos

O estudo foi realizado na FCDEF-UC e os voluntários estiveram presentes em 3 sessões distintas, separadas por um mínimo de 7 dias e máximo de 14 dias. Na primeira sessão os voluntários receberam as informações e instruções em relação ao estudo, assinaram o termo de consentimento e foram levados a familiarização com os equipamentos e procedimentos a serem realizados nas sessões subsequentes. Após, realizaram um aquecimento de 5 minutos em cicloergometro (Monark 828E<sup>®</sup>, Vansbro, Suécia), a pedalar entre 70 e 75 repetições por minuto (rpm) e foram submetidos ao teste de uma repetição máxima (1RM) para o exercício de *Half Back Squat* no equipamento *Smith Machine*. Nas outras duas sessões, após o aquecimentos de 5 minutos no cicloergometro, foram submetidos a um exercício até a exaustão, seguido por uma dos dois métodos de recuperação por 20 minutos. Todas as sessões foram realizadas no período entre as 14 horas e as 17 horas para que minimizasse o impacto do ritmo circadiano na variação das concentrações dos biomarcadores (Honceriu et al, 2021).

Para se atingir a fadiga, foi aplicado um exercício de exaustão, o Teste de Esforço Máximo praa Indução da Fadiga (TF). Este se constituiu de 3 séries de agachamentos (*Half Back Squat*) com uma carga de 50% da atingida no teste de 1RM da primeira sessão. Os agachamentos se iniciaram com a barra transversa do *Smith Machine* deveria estaar apoiada sobre a porção média (“horizontal”) do músculo trapézio dos voluntários, joelhos estendidos e calcanhares alinhados sob a barra. O movimento de agachamento se realizava até a posição de 90° de flexão dos joelhos e retornavam para a posição inicial. Cada série de agachamentos foi realizada até a exaustão, havendo um único minuto de intervalo entre as séries. Baseando-se nos conceitos (William & Ratel, 2009; Vollestad, 1997; Enoka & Stuart, 1992; Fitts & Holloszy, 1978) de que a fadiga

muscular ocorre na perda ou falha na manutenção da força muscular em um exercício ou atividade motora ao longo de um período de tempo, supôs-se que após três séries de agachamentos, onde em cada série houve a interrupção por exaustão, os voluntários atingiram a fadiga muscular, onde os testes foram interrompidos para que não houvesse risco de lesão e para proteção da integridade física dos voluntários.

Após 5 minutos do término do TF, os voluntários foram submetidos, de forma aleatória, a um dos dois métodos de recuperação por um período de 20 minutos. A recuperação ativa (ACT) foi realizada no mesmo cicloergometro do aquecimento, com ajustes personalizados dos assentos, a pedalar entre 70 e 75 rpm com uma carga imposta de 1kg. A recuperação com uso da Compressão Pneumática Intermitente (IPC) foi aplicada com voluntários sentados confortavelmente com as pernas estendidas usando as “botas de compressão” (Normatec 2.0<sup>®</sup>, Hyperice, USA) que eram infladas automaticamente por bomba programável a realizar compressão por 30 segundos em cada uma de suas quatro câmaras, de distal para proximal, com uma pressão de 80 mmHg, e retornando ao estado inicial pelo mesmo período de 30 segundos.

As amostras de saliva foram recolhidas de forma passiva por 4 vezes (repouso, imediatamente após o TF e 1 hora e 24 horas após o TF). Após a solicitação de não se forçar as gengivas para evitar seu sangramento e inutilização da amostra, os voluntários foram sentados para salivar por um período de 2 minutos, na maior quantidade possível, em um tubo de polipropileno de 30mL (Sarstedt<sup>®</sup>, Nümbrecht, Alemanha). As amostras de saliva foram centrifugadas (3000 rpm X 10 min) e armazenadas a 20°C negativos em tubos Eppendorfs (Eppendorf Research 3110<sup>®</sup>, Hamburgo, Alemanha). Após descongelamento, as amostras de saliva foram analisadas em duplicada para Cortisol (C), Testosterona (T) e alfa-amilase (AA) com kits de imunoensaio enzimático (Salimetrics<sup>®</sup>, Carlsbad, CA, EUA), de acordo com as instruções do fabricante. O rácio testosterona-cortisol (T:C) foi calculado.



#### 4.4.2.3 Análise Estatística

A estatística descritiva é apresentada em média e desvio padrão. Os dados foram recolhidos e apontados em Microsoft Excel (Microsoft Corporation, EUA). A análise estatística foi realizada por meio do *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS versão 27, IBM-SPSS Inc., Chicago, IL, EUA) com significância estatística estabelecida em  $p \leq 0,05$ . O teste de Shapiro-Wilk foi realizado para determinar a distribuição dos dados. Um teste *t student* pareado foi usado para comparar as concentrações dos biomarcadores entre os momentos de recolha de saliva para cada grupo de recuperação, e o teste *t student* para amostras independentes foi usado para comparar as concentrações médias entre as duas recuperações em cada momento de recolha de saliva.

#### 4.4.3 Resultados e Discussão

Os resultados das avaliações das recolhas salivares são descritos nas Tabelas 10 (Médias  $\pm$  DP), 11 (comparações entre os momentos de avaliação de cada recuperação) e 12 (comparações entre as recuperações em cada momento de avaliação).

Destacado como primeiro hormônio anabólico na proteção músculo esquelético através da síntese proteica (Russell et al, 2017; Herbst & Bhasin, 2004), os níveis de testosterona, observados durante o tempo para cada recuperação (Figura 21A), aumentam significativamente de imediato após exercício exaustivo de força para ambos os grupos de recuperação (ATV:  $p = 0,041$ ; IPC:  $p = 0,004$ ), mas apenas a recuperação com uso da IPC estava a mostrar diminuição significativa para as concentrações de testosterona após uma hora do TF ( $p = 0,015$ ) e com níveis próximos aos medidos antes do TF em repouso (diferença média = 2,19;  $p = 0,863$ ), enquanto ACT se manteve elevada com leve diminuição ( $p = 0,652$ ). No entanto, ambas as recuperações demonstraram uma diminuição significativa após 24 horas (ATV:  $p = 0,034$ ; IPC:  $p = 0,013$ ), com a percentagem na ACT mais próxima das concentrações basais (-12,31%) em comparação com IPC (-35,9%). Nas comparações entre as recuperações aplicadas, a testosterona não

demonstrou diferença estatística significativa. Ao comparar a recuperação a usar *External Counterpulsation* com a recuperação passiva (Collins et al, 2019), resultados similares foram encontrados com efeito significativo sobre o tempo em ambas as recuperações para os níveis de testosterona no pós exercício exaustivo em relação ao repouso e após 24 horas, assim como na comparação da recuperação com oclusão vascular (VOC) com controlo, onde o manguito não era inflado o suficiente para que houvesse a oclusão vascular, as concentrações de testosterona aumentaram após o teste com exercício físico exaustivo, mas sem efeito pelas condições de recuperação (Williams et al, 2018). No entanto, ao comparar a crioterapia de corpo inteiro (WBC) com a recuperação passiva (Russell et al, 2017), a testosterona foi influenciada pela recuperação proposta, não após o exercício, mas somente após 2 horas e 24 horas, onde a crioterapia induziu maior resposta da testosterona salivar ( $p = 0,002$  para ambos os momentos), ainda em concentrações superiores à *baseline*, mas com um exercício não fatigante.

O cortisol (Figura 21B) uma única diferença significativa entre as recuperações imediatamente após o TF ( $p = 0,037$ ), apresentou aumento após o TF, significativo somente para ACT ( $p = 0,036$ ) e que assim se manteve até uma hora pós TF. Mesmo a haver grande diminuição dos níveis de cortisol na IPC, mas sem ser significativa ( $p = 0,061$ ), somente a ACT obteve diminuição significativa das recolhas após TF para as de 24 horas ( $p = 0,019$ ), enquanto ambas as recuperações não apresentaram diferenças significativas entre as medições Pré e após 24 horas, apesar de se observar níveis inferiores de cortisol após 24 horas (ACT:  $p = 0,277$ ; IPC:  $p = 0,222$ ). Resultados semelhantes foram encontrados ao comparar ECP à recuperação passiva com diferenças significativas entre pós 24 horas e imediatamente após teste de esforço para ambos os grupos (Collins et al, 2019). Quando se comparou o uso de “sumo de cereja” com placebo para recuperação (Dimitriou et al, 2015), os níveis de cortisol apresentaram-se semelhantes aos valores basais com 24 horas após o esforço, sem que houvesse diferença entre os grupos. O mesmo retorno, após 24 horas, aos níveis de cortisol previamente medidos foi observado quando se comparou a imersão em água fria (CWI) (Lindsay et al, 2017) e a crioterapia de corpo inteiro (WBC) (Russell et al, 2017) com a recuperação passiva, sem diferenças entre as recuperações. Contudo, a recuperação passiva estava a apresentar níveis de cortisol maiores após duas horas quando comparada com a CWI ( $p < 0,05$ ). No entanto para a WBC não se encontraram diferenças entre os grupos, havendo mesmo diminuição significativa ( $p = 0,003$ ) para ambos os grupos. Num estudo

que usou hipertermia de corpo inteiro (“sauna”) (Cernych et al, 2019), o grupo controle mostrou níveis de cortisol significativamente menores ( $p < 0,05$ ) enquanto no grupo que recuperou na “sauna” estes valores não se alteraram de forma significativa após duas horas.

**Tabela 10:** Média  $\pm$  DP dos marcadores salivares em cada recuperação. T=testosterona; C=cortisol; T/C=rácio testosterona-cortisol; AA=alfa amilase. ACT= grupo da recuperação ativa; IPC= grupo da recuperação com IPC

		T (pg.mL <sup>-1</sup> )	C (pg.mL <sup>-1</sup> )	T/C (AU)	AA (U.mL <sup>-1</sup> )
ACT	Rep	138,25 $\pm$ 39,06	90,38 $\pm$ 37,35	1,71 $\pm$ 0,71	113,24 $\pm$ 53,07
	Pós	193,96 $\pm$ 29,16	190,47 $\pm$ 44,52	1,09 $\pm$ 0,42	151,54 $\pm$ 85,39
	1H	187,86 $\pm$ 12,17	225,45 $\pm$ 103,24	0,97 $\pm$ 0,43	101,51 $\pm$ 85,39
	24H	121,23 $\pm$ 13,56	107,88 $\pm$ 43,73	1,25 $\pm$ 0,44	96,19 $\pm$ 42,90
IPC	Rep	215,91 $\pm$ 72,88	253,46 $\pm$ 115,80	0,95 $\pm$ 0,31	107,26 $\pm$ 76,91
	Pós	272,38 $\pm$ 73,82	256,46 $\pm$ 57,45	1,07 $\pm$ 0,16	193,85 $\pm$ 69,26
	1H	213,72 $\pm$ 50,73	257,87 $\pm$ 178,78	1,09 $\pm$ 0,51	151,21 $\pm$ 76,67
	24H	138,40 $\pm$ 27,55	139,15 $\pm$ 35,49	1,06 $\pm$ 0,39	125,46 $\pm$ 108,75

**Tabela 11:** Valores de significância ( $p$ ) para o Teste *t student* pareado para a diferença das médias entre os momentos de recolha de saliva. T=testosterona; C=cortisol; T/C=rácio testosterona-cortisol; AA=alfa amilase. ACT= grupo da recuperação ativa; IPC= grupo da recuperação com IPC; ACT: \*  $p \leq 0,05$ , \*\* $p \leq 0,001$ ; IPC: #  $p \leq 0,05$ , ##  $p \leq 0,001$

	Recuperação	Rep-Pós	Pós-1H	1H-24H	Rep-1H	Rep-24H	Pós-24H
T (pg.mL <sup>-1</sup> )	ACT	0,041*	0,652	0,005**	0,370	0,489	0,034*
	IPC	0,004##	0,015#	0,015#	0,863	0,061	0,013#
C (pg.mL <sup>-1</sup> )	ACT	0,036*	0,494	0,119	0,111	0,277	0,019*
	IPC	0,954	0,985	0,337	0,932	0,222	0,061
T/C (AU)	ACT	0,165	0,251	0,347	0,143	0,128	0,444
	IPC	0,409	0,907	0,925	0,247	0,733	0,955
AA (U.mL <sup>-1</sup> )	ACT	0,533	0,154	0,587	0,770	0,600	0,191
	IPC	0,094	0,455	0,621	0,112	0,798	0,475

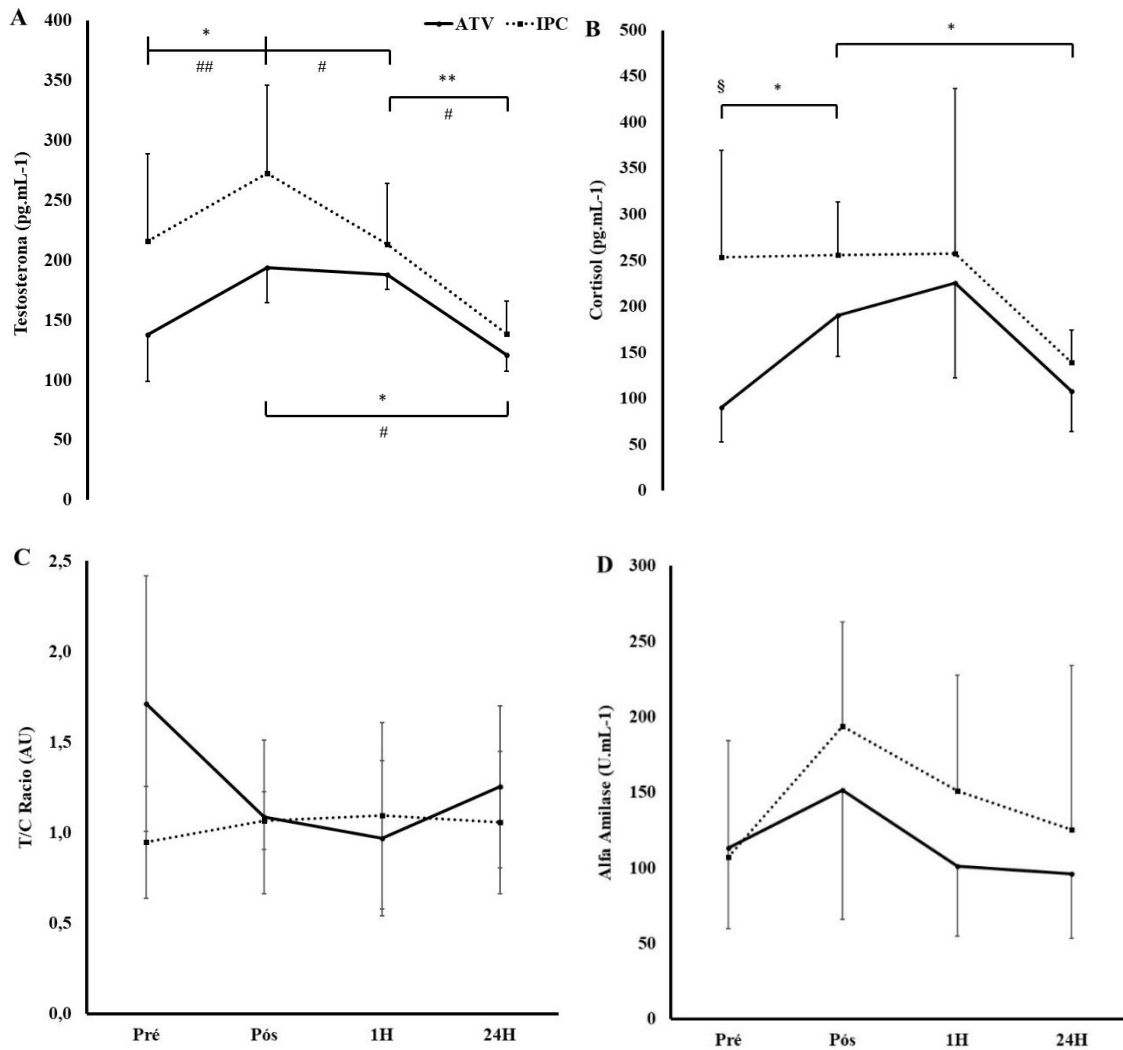
**Tabela 12:** Valores de significância ( $p$ ) para o Teste *t student* independente para a diferença das médias das recuperações os dois grupos em cada momento de recolha de saliva. T=testosterona; C=cortisol; T/C=rácio testosterona-cortisol; AA=alfa amilase. \*  $p \leq 0,05$

	Rep	Pós	1H	24H
T (pg.mL <sup>-1</sup> )	0,109	0,096	0,360	0,306
C (pg.mL <sup>-1</sup> )	0,037*	0,121	0,764	0,309
T/C (AU)	0,094	0,930	0,722	0,532
AA (U.mL <sup>-1</sup> )	0,902	0,471	0,310	0,634

Enquanto em nosso estudo o rácio da testosterona com cortisol (T/C) não encontrou nenhuma diferença ao longo do tempo e entre as recuperações aplicadas (Figura 21C), o uso da EPC (Collins et al, 2019) apresentou valores significativamente menores no pós exercício em comparação com pós 24 horas ( $p < 0,05$ ), bem como com o grupo controlo. O uso da crioterapia sobre os leucócitos não afetou a interação experimental ( $F = 0,696$ ;  $p = 0,560$ ) para T/C, mas apresentou efeito temporal ( $F = 8,66$ ;  $p = 0,001$ ) (Russell et al, 2017), mas a VOC, mesmo com o aumento do T/C, não afetou a recuperação ( $F = 0,299$ ;  $p = 0,759$ ) ou encontrou diferenças em relação à recuperação em que usou o mesmo equipamento mas sem que houvesse a oclusão vascular ( $p = 0,421$ ) (Williams et al, 2018).

Para a alfa-amilase, mesmo sem as diferenças estatisticamente significativas, se observa o aumento de seus níveis, para ambos os grupos das recuperações, nas medições imediatamente após o TC, apresentando diminuição após uma hora, mas com seus níveis na ACT abaixo daqueles medidos antes de se iniciar o TF e continuar a diminuir após 24 horas, enquanto a IPC apresentou a mesma diminuição contínua mas a permanecer, em ambos os momentos de pós 1 hora e 24 horas, com níveis acima daqueles de Pré TF (Figura 21D). Pôde-se observar que ambas as recuperações não afetaram a secreção de alfa amilase, a se supor que poderia haver modificações a se aproximar de uma normalização em seus níveis de secreção. Mesmo com uma diminuição interessante após 1 e 24 horas para ambas as condições, nenhuma diferença significativa foi encontrada. O mesmo aconteceu quando um estudo comparou a ECP com a recuperação passiva (Collins et al, 2019), onde os níveis de alfa amilase estavam significativamente elevados, para ambos os tipos de recuperação, após exercício de alta intensidade comparado com os momentos que antecederam o exercício (Rep) e as 24 horas após ( $p < 0,01$ ), e sem diferenças entre as recuperações. Os resultados demonstraram, assim como de forma consistente em outros estudos (Collins et al, 2019; McKune et al, 2014; Koibuchi & Suzuki, 2014; Chiodo et al, 2011), o aumento dos níveis de alfa-amilase durante e imediatamente após exercício, prova ou competição desportiva, no entanto o tempo despendido para retornar à *baseline* é ainda tema de discussão e há divergências com a normalização a apontar para 30 minutos (Chiodo et al, 2011; Gallina et al, 2011), 150 minutos (Walsh et al, 1999), três (McKune et al, 2014) e cinco horas (Roberts et al, 2019) e um outro com 24 horas, mas sem que fossem mensurados os níveis de alfa amilase salivar antes do exercício (Collins et al, 2019). Porém, num estudo em que a atividade da

alfa-amilase mostrou tendência para aumentar, quando esta era comparada com a medida previamente, essa atividade enzimática permanecia elevada após três horas, sem que houvesse um retorno à *baseline* (Costa et al, 2012). O estudo de Rosa et al (2013) mostrou que níveis de alfa amilase pré e pós exercício não diferiram ao submeter voluntários a exercício agudo moderado, mas mostraram aumentos significativos após 12 e 24 horas.



**Figura 21:** Marcadores salivares ao longo do tempo para cada recuperação. Testosterona (A), Cortisol (B), Rácio T/C (C) e Alfa Amilase (D). Teste *t student* pareado: ACT: \*  $p < 0,05$  e \*\*  $p < 0,01$ ; IPC: #  $p < 0,05$  e ##  $p < 0,01$  IPC. Teste *t student* independente entre os grupos: §  $p < 0,05$

#### 4.4.4 Conclusão

No geral, com relação a este estudo, IPC se apresenta como uma potencial ferramenta com efeitos benéficos sobre os marcadores salivares, atenuando níveis de testosterona e alfa amilase com uma hora após o exercício e apresentando níveis basais após 24 horas em todos os marcadores salivares aqui estudados (Testosterona, Cortisol e Alfa Amilase). O uso da IPC após um exercício fatigante mostrou resultados quando comparados a recuperação ativa.

O impacto do exercício físico na performance e alto rendimento no stresse bioquímico, hormonal, metabólico e em marcadores imunológicos já é bem estudado e descrito. Contudo, o impacto das diferentes metodologias de recuperação após exercício fatigante, como o uso da IPC com tal objetivo, além da necessidade de mais investigações sobre as respostas às recuperações, ainda não está claro o tempo a se despende para a normalização dos biomarcadores.

#### 4.4.5 Referências

- Anderson, T., Haake, S., Lane, A.R., Hackney, A.C. (2016) Changes in resting salivary testosterone, cortisol and interleukin-6 as biomarkers of overtraining. *Baltic J Sport Health Sci.* 2(101). Available from: doi: 10.33607/bjshs.v2i101.49
- Casanova, N., Palmeira-de-Oliveira, A., Reis, V.M., Serra, N.C., et al (2015) Testosterone and cortisol responses in competition: a systematic review. *Motricidade.* 11(4): 151-162. Available from: doi: 10.6063/motricidade.6328
- Cochrane, D. J., Booker, H. R., Mundel, T., & Barnes, M. J. (2013) Does Intermittent Pneumatic Leg Compression Enhance Muscle Recovery after Strenuous Eccentric Exercise? *Int J Sports Med*, 34, 969-974. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1337944>

- Collins, R., McGrath, D., horner, K., Eusebi, S., et al. (2019) Effect of external counterpulsation on exercise recovery in team sport athletes. *Int J Sports Med.* 40(8): 511-518. Available from: doi: 10.1055/a-0923-9144
- Costa, R.J.S.; Fortes, M.B.; Richardson, K.; Bilzon, J.L.J. & Walsh, N.P. (2012) The effects of postexercise feeding on saliva antimicrobial proteins. *Int J Sport Nutr Exerc Metabol.* 22(3): 184-191. Available from: doi: 10.1123/ijsnem.22.3.184
- Dimitriou, L.; Hill, J. A.; Jehnali, A.; Dunbar, J.; Brouner, J.; McHugh, M. P.; Howatson, G. (2015) influence of monmorency cherry juice blend on indices of exercise-induced stress and upper respiratory tract symptoms following marathon running – a pilot investigation. *J Int Society Sports Nutr.* 12(22).
- Draper, S.N., Kullman, E.L., Sparks, K.E., Little, K. & Thoman, J. (2020) Effects of intermittent pneumatic compression on delayed onset muscle soreness (DOMS) in long distance runners. *Int J Exerc Sci,* 13(2), 75-86.
- Enoka, R.M. & Stuart, D.G. (1992) Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol.* 72(5): 1631-1648. Availabe from: doi: 10.1152/jappl.1992.72.5.1631
- Farjallah, M.A.; Hammouda, O.; Zouch, M.; Ghatassi, K.; Graja, A.; Driss, T.; Chamari, K.; Souissi, N. (2018) Effect of melatonin ingestion on physical performance, metabolic responses, and recovery after as intermittent training session. *Physiol Int,* 105(4): 358-370.
- Fitts & Holloszy 1978 Fitts, R.H. & Holloszy, J.O. (1978) Effects of fatigue and recovery on contractile properties of frog muscle. *Journal of Applie Physiology.* [Online] 45 (6),899-902. Aвалиable from: doi: 10.1152/jappl.1978.45.6.899
- Gallina, S.; Di Mauro, M.; D'Amico, M.A.; D'Angelo, E.; Sablone, A.; Di Fonso, A.; Bascelli, A.; Izzicupo, P. & Di Baldassarre, A. (2011) Salivary chromogranin A, but not  $\alpha$ -amylase, correlates with cardiovascular parameters during high-

intensity exercise. *Clin Endocrinol.* 75: 747-752. Available from: doi:  
10.1111/j.1365-2265.2011.04143.x

Granger, D.A., Kivlighan, K.T., Sheikh, M., Gordis, E.B. & Stroud, L.R. (2007)  
Salivary  $\alpha$ -amylase in biobehavioral research: recent developments and  
applications. *Ann N Y Acad Sci.* 1098:122-144. Available from: doi:  
10.1196/annals.1384.008

Gleeson, M.; Bishop, N. & Walsh, N. (2013) *Exercise Immunology*. New York (NY),  
Routledge – Taylor & Francis Group.

Gleeson, M. & Pyne (2000) Exercise effects on mucosal immunity. *Immunol and Cell  
Biol.* 78(5): 536-544.

Hagstrom, A.D. & Shorter, K.A. (2018) Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the  
contact codes of football: a systematic review and meta-analysis of pre- and  
post-match differences. *Eur J Sport Sci.* 18(9): 1234-1244. Available from: doi:  
10.1080/17461391.2018.1480661

Hayes, L.D., Grace, F.M., Baker, J.S. & Sculthorpe, N. (2015) Exercise-induced  
responses in salivary testosterone, cortisol, and their ratios in men: a meta-  
analysis. *Sports Med.* 45(5): 713-726. Available from: doi: 10.1007/s40279-  
015-0306-y

Herbst, K. L. & Bhasin, S. (2004) Testosterone action on skeletal muscle. *Curr Opin  
Clin Nutr Metab Care.* 7(3): 271-277.

Honceriu, C., Curpan, A., Ciobica, A., Trus, C. & Timofte, D. (2021) Connections  
between different sports and ergogenic aids-focusing on salivary cortisol and  
amylase. *Medicina.* 57: 573. Available from: doi:  
<https://doi.org/10.3390/medicina57080753>



- Koibuchi, E. & Suzuki, Y. (2014) Exercise upregulates salivary amylase in humans (review). *Exp Ther Med* 7(4): 773-777 . Available from: doi: 10.3892/etm.2014.1497
- Lindsay, A.; Carr, S.; Cross, S.; Petersen, C.; Giese, S. P. (2017) The physiological response to cold water immersion following a mixed martial arts training session. *Appl Physiol Nutr Metab.* 42(5): 529-536.
- Lindsay, A.; Lewis, J.; Scarrot, C.; Draper, N.; Giese, S. P. (2015) Changes in acute biochemical markers of inflammatory and structural stress in rugby union. *J Sports Sci.* 33(9): 882-891.
- Lopes, R.F., Minuzzi, L.G., Figueiredo, A.J., Gonçalves, C., et al. (2020) Upper respiratory symptoms (URS) and salivary responses across a season in youth soccer players: a useful and non-invasive approach associated to URS susceptibility and occurrence in young athletes. *PLoS ONE.* 15(8). Available from: doi: 10.1371/journal.pone.0236669
- Martin, J.S., Friedenreich, Z.D., Borges, A.R. & Roberts, M.D. (2015) Acute effects of peristaltic pneumatic compression on repeated anaerobic exercise performance and blood lactate clearance. *J Strength Condit Res.* 29(10): 2900-2906. Available from: doi: 10.1519/JSC.0000000000000928
- McKune, A.J.; Bach, C.W.; Semple, S.J.; Dyer, B.J. (2014) Salivary cortisol and -amylase responses to repeated bouts of downhill running. *Am J Hum Biol.* 26(6): 850-855. Available from: doi: 10.1002/ajhb.22605.
- McLellan, C.; Lovell, D. I. & Gass, G. C. (2011) Markers of postmatch fatigue in professional rugby league players. *J Strength Cond Res.* 25(4): 1030-1039.
- O'Leary, C.B. & Hackney, A.C. (2014) Acute and chronic effects of resistance exercise on the testosterone and cortisol responses in obese males: a systematic review. *Physiol Res.* 63(6): 693-704. Available from: doi: 10.33549/physiolres.932627

- Papacosta, E. & Gleeson, M. (2013) Effects of intensified training and taper on immune function. *Bras J Phys Ed Sports*. 27(1), 159-176. Available from: doi: 10.1590/s1807-55092013005000001
- Papacosta, E., Nassis, G.P. & Gleeson, M. (2015) Effects of acute postexercise chocolate milk consumption during intensive judo training on the recovery of salivary hormones, salivary SIgA, mood state, muscle soreness, and judo-related performance. *Appl Physiol Nutr Metab*. 40(11), 1116-1122. Available from: doi: 10.1139/apnm-2015-0243
- Peake, J.M., Neubauer, O., Walsh, N.P. & Simpson, R.J. (2017) Recovery of immune system after exercise. *J Appl Physiol*. 122(5): 1077-1087. Available from: doi: 10.1152/jappphysiol.00622.2016
- Peñailillo, L., Maya, L., Ninõ, G., Torres, H., et al. (2015) Salivary hormones and IgA in relation to physical performance in football. *J Sports Sci*. 33(20): 2080-2087. Available from: doi: 10.1080/02640414.2015.1064151
- Roberts, L.A.; Caia, J.; James, L.P.; Scott, T.J. & Kelly, V.G. (2019) Effects of external counterpulsation on postexercise recovery in elite rugby league players. *Int J Sports Physiol Perform*. 14(10): 1350-1356. Available from: doi: 10.1123/ijsp.2018-0682
- Rosa, L.; Teixeira, A.B.S.; Lira, F.S.; Tufik, S.; Mello, M.T. & Santos, R.V.T. (2013) Moderate acute exercise (70% VO<sub>2</sub> peak) induces TGF- $\beta$ ,  $\alpha$ -amylase and IgA in saliva during recovery. *Oral Diseases*. 20(2): 186-190. Available from: doi: 10.1111/odi.12088
- Russell, M.; Birch, J.; Love, T.; Cook, C. J.; Bracken, R. M. Taylor, T.; Swift, E.; Cockburn, E.; Finn, C.; Cunningham, D.; Wilson, L.; Kilduff, L. (2017) The effects of a single whole-body cryotherapy exposure on physiological performance, and perceptual responses of professional academy soccer players after repeated sprint exercise. *J Strength Cond Res*. 31(2): 415-421.

- Shearer, D. A.; Kilduff, L. P.; Finn, C.; Jones, R. M.; Bracken, R. M.; Mellalieu, S. D.; Owen, N.; Crewther, B. T.; Cook, C. J. (2015) Measuring recovery in elite rugby players: the brief assessment of mood, endocrine changes, and power. *Res Quaterly Exerc Sport.* 86(4): 379-386.
- Tran, K. & Argáez, C. (2017) Intermittent pneumatic compression devices for the management of lymphedema: a review of clinical effectiveness and guidelines. Ottawa (ON): CADTH
- Trochimiak, T. & Hübner-Wozniak, E. (2012) Effect of exercise on the level of immunoglobulin A in saliva. *Biol Sport.* 29(4): 255-261.
- Volestad, N.K. (1997) Measurement of human muscle fatigue. *J Neuroscience Methods.* 74(2): 219-227. Available from: doi: 10.1016/S0165-0270(97)02251-6
- a Walsh, N.P., Gleeson, M., Shephard, R.J., Gleeson, M., et al. (2011) Position statement. Part one: Immune function and exercise. *Exerc Immunol Rev.* 17: 6-63.
- b Walsh, N.P., Gleeson, M., Pyne, D.B., Nieman, D.C., et al. (2011) Position statement. Part two: Maintaining immune health. *Exerc Immunol Rev.* 17: 64-103.
- Walsh, N.P.; Blannin, A.K.; Clark, A.M.; Cook, L.; Robson, P.J. & Gleeson, M. (1999) The effects of high-intensity intermittent exercise on saliva IgA, total protein, and  $\alpha$ -amylase. *J Sports Sci.* 17 (2): 129-134. Available from: doi: 10.1080/026404199366226.
- Williams, C. & Ratel, C. (2009) human muscle fatigue. New York (NY), Routledge – Taylor & Francis Group.
- Williams, N.; Russell, M.; Cook, C. J. & Kilduff, L. P. (2018) The effect of lower limb occlusion on recovery following sprint exercise in academy rugby players. *J Sci Med Sport.* 21(10): 1095-1099

Zhang, D., Li, F., Li, X. & Du, G. (2018) Effect of intermittent pneumatic compression on preventing deep vein thrombosis among stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Worldviews Evid Based Nurs*, 15(3), 189-196

#### **4.5 ESTUDO 5: Comparação entre Recuperação Ativa, Compressão Pneumática Intermitente e Pistola Massajadora como Método de Recuperação após Teste de Força Fatigante**

**Resumo:** Minimizar os efeitos da fadiga e a melhora da performance são parte dos objetivos da recuperação muscular. O objetivo desse estudo foi comparar os efeitos agudos da recuperação ativa (ACT) com dois dispositivos de estimulação passiva (Botas de Compressão Pneumática Intermitente – IPC e Pistola massajadora de Percussão - GUN) em uma recuperação após exercício de força fatigante. Trinta voluntários foram submetidos, de forma aleatória, a todos os métodos de recuperação em três diferentes sessões, separadas por um mínimo de uma semana entre elas. Foram submetidos em cada sessão a um exercício de fadiga composto de exercícios de *Half Back Squat* com repetições até a exaustão em cada um dos 3 *sets*. Medições de lactato foram feitas antes do exercício de fadiga e, a começar do quinto minuto após início da recuperação, a cada cinco minutos até o vigésimo da aplicação dos métodos de recuperação. A performance muscular foi avaliada antes, imediatamente após e após uma hora do exercício, o que ocorreu 35 minutos após as recuperações. Os concentrações de lactato mostraram diminuição significativa ao longo do tempo após o décimo minuto em todas as recuperações ( $p < 0,01$ ) mas com uma remoção estatisticamente melhor com uso da ACT, com diferença significativa comparada aos demais métodos de recuperação no 10º, 15º e 20º minuto da sessão de recuperação. Na perspectiva neuromuscular, se observou um ganho significativo uma hora após o exercício de fadiga, a se aproximar das avaliações pré exercício em todas as recuperações, mas ainda significativamente inferior no *Countermovement Jump* – CMJ (ACT and GUN  $p < 0,05$ ; ICP  $p < 0,01$ ) e nas alturas médias ( $p < 0,01$ ) e número de saltos (GUN  $p < 0,05$ ) no teste de performance de saltos contínuos (*30-seconds continuous jumps*). ACT, IPC, and GUN parecem ser métodos efetivos de recuperação, com uma pequena vantagem aparente para a recuperação ativa.

**Palavras-Chave:** Recuperação; Recuperação Ativa; Compressão Pneumática Intermitente; Pistola massajadora por Percussão; Fadiga.

**Keywords:** Recovery; Active recovery; Intermittent pneumatic compression; Percussive massage gun; fatigue

### 4.5.1 Introdução

A fadiga neuromuscular é amplamente conceituada como a perda do ganho, ou da manutenção, de determinada força muscular em uma certa intensidade durante um tempo específico (Sands et al, 2015; William & Ratel, 2009; allen & Westerblad, 2001; Enoka & Stuart, 1992). Recuperação é uma parte importante do programa de treinos e competições de atletas para minimizar os efeitos da fadiga e otimizar a performance (Morthey et al, 2016; Hauswirth & Mujika, 2013; Barnett, 2006). Diverças técnicas tem sido usadas como estratégias de recuperação am atletas, profissionais e amadores. A somar ao objetivo de melhora da performance e preparação para a sessão de treino seguinte, há a preocupação quanto à saúde do atleta. Técnicas de recuperação passiva de estimulações como imersão em água fria, meias de compressão, estimulação elétrica neuromuscular, equipamentos de compressão pneumática intermitente (IPC) e pistolas massagem por percussão (massage gun – GUN) são aplicadas com objetivo de acelerar e otimizar a recuperação dos atletas. Entretanto, ainda há uma série de questões sobre suas eficácias para que haja tal investimento (Cullen, Casazza & Davis, 2021). IPC é historicamente usada para ajuda e manutenção ao retorno venoso e para prevenir trombose venosa profunda, limfedema e outras disordens vasculares, tem sido usada como uma massagem automática na recuperação após exercício (Overmeyer et al, 2017; Hoffman et al, 2016; Cochrane et al, 2013). A pistola massajadora (GUN) tem sido comumente utilizada por atletas de elite e amadores, e profissionais do desporto, gerando um aumento na indústria de terapeutas profissinais e aparelhos de massagem (Cheatham et al, 2021; Davis et al, 2020), é uma mistura de massagem com terapia por percussão, através de uma aparelho de tratamento manual de massagem por percussão, com objetivo de recuperação, performance e prevenção às lesões com diminuição da dor, aumento do fluxo sanguíneo, remoção do lactato, relaxamento muscular para diminuição de espasmos musculares e tratamento do tecido conectivo da fáscia (García-Sillero et al, 2021; David et al, 2020; Konrad et al, 2020). Ao se aceitar IPC e GUN como meios de recuperação por massagem, Poppendieck et al (2016) relatam que a massagem aparenta ser mais eficaz em períodos curtos de recuperação. A remoção de lactato ainda é muito discutida, mas é reconhecido que a alta concentração do lactato é associada a redução da função muscular e da performance (Menzies et al, 2010). A recuperação ativa (ACT) tem apresentado

acentuação na remoção do lactato e melhora na performance, com aumento o fluxo sanguíneo e a facilitar a remoção de metabólitos (Valenzuela et al, 2015). O presente estudo se desenhou para avaliar os efeitos agudos de dois aparelhos de massagem (IPC e GUN) na recuperação, e comparar à recuperação ativa, nas respostas fisiológicas e neuromuscular em exercício fatigante de agachamentos.

#### **4.5.2 Metodologia**

Este foi um estudo aleatório cruzado que avaliou três diferentes estratégias de recuperação: ativa (ACT), compressão pneumática intermitente (IPC) e pistola massajadora (GUN). Os voluntários participaram de um total de 4 visitas: uma sessão de familiarização com teste de uma repetição máxima (1RM) e três sessões de teste, cada uma composta pelo teste de fadiga (TF) e uma das estratégias de recuperação, escolhidas de forma aleatória. Todas as sessões de teste eram separadas por um mínimo de uma semana e um máximo de um mês entre elas. Após as avaliações iniciais e o aquecimento, era realizado o teste de fadiga através de agachamentos, seguido da uma das intervenções de recuperação. Todas as sessões foram realizadas no mesmo horário do dia para cada voluntário, com variação máxima de uma hora, para se minimizar a variação hormonal diurna. As sessões foram realizadas na Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

##### **4.5.2.1 Amostra**

A população de interesse era de estudantes universitários ( $n = 34$ ) do sexo masculino, aparentemente saudáveis, fisicamente ativo e bem treinados com histórico em desporto federado. Contudo, dos 34 voluntários, apenas 30 completaram todas quatro etapas do estudo. A amostra se caracterizava com (média  $\pm$  desvio padrão): idade,  $21,9 \pm 2,1$  anos; massa corporal,  $77,56 \pm 8,73$  Kg; altura,  $1,77 \pm 0,06$  m; Índice de Massa Corporal (IMC),  $24,56 \pm 2,43$  kg/m<sup>2</sup>; e percentual de gordura,  $11,49 \pm 3,27\%$ . Este estudo

foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra (CE/FCDEF-UC/00572020).

#### 4.5.2.2 Procedimentos Metodológicos

Na primeira sessão (Familiarização), todos os procedimentos do estudo, assim como seus benefícios e riscos, foram informados aos voluntários de forma verbal e por um termo de consentimento livre e esclarecido por escrito. Com a aceitação na participação no estudo, os equipamentos e procedimentos do estudo foram apresentados a cada voluntário, assim como seus funcionamentos, onde foram experimentados para o aprendizado do uso dos mesmos. Os voluntários foram instruídos e se apresentarem em cada uma das 4 sessões em repouso e hidratados, assim como evitar o consumo de cafeína e álcool, e prática de exercício extenuante nas 24 horas que antecedessem os testes. Também foram instruídos a manter seus hábitos de alimentação normais. A seguir, foi feito um aquecimento de cinco minutos, a pedalar em ciclo ergômetro (Monark 828E, Vansbro, Suécia) entre 70 e 75 rpm. Então, foi realizado um teste de força de uma repetição máxima (1RM) com exercício de agachamento no equipamento *Smith Machine*. Metade da carga atingida no teste de 1RM foi a utilizada nos testes de exercício fatigante (TF) nas sessões de 2 a 4.

Antes do TF, um aquecimento de 5 minutos, similar ao da sessão 1 de familiarização, foi feito em ciclo ergômetro. Com uma carga de 50% do teste de 1RM, o TF consistiu de 3 *sets* de agachamentos, até a exaustão em cada *set*, com um minutos de intervalo entre eles. *Half Back Squats* foi realizados a iniciar com a barra apoiada sobre os ombros e a musculatura do trapézio e com as pernas em extensão. Os movimentos de agachamento eram realizados, de forma contínua e ininterrupta, até 90° de flexão dos joelhos e retorno até a posição inicial. Os exercícios foram interrompidos quando do voluntário não completar o movimento, interrupção prolongada do exercício com pernas em extensão (voluntário a descansar) ou se alguma alteração fosse observada que colocasse a integridade e saúde do voluntário em risco. O número de repetições executadas e o tempo de performance de cada *set* foram apontados para que se



estabelecesse se a fadiga foi atingida, de acordo com sua conceituação (William & Ratel, 2009; Allen & Westerblad, 2001; Enoka & Stuart, 1992).

Após o TF, os voluntários foram submetidos a avaliações durante um período de 5 minutos. Então, de forma aleatória, foram submetidos a um dos três métodos de recuperação por 20 minutos (do 5º ao 25º minutos após TF). ACT foi realizada no mesmo ciclo ergômetro do aquecimento a 70-75 rpm, com carga de incremento de 1Kg. A ACT é amplamente usada com objetivo de remoção do lactato, volta a calma e repaço das condições normais dos atletas (Menzies et al, 2010; Monedero & Donne, 2000). A IPC foi feita a utilizar as botas de compressão Normatec 2.0® (*Hyperice*, MA, USA), conforme as instruções do fabricante para sessões de recuperação com pressões estipuladas em 80 mmHg (Heapy et al, 2018; Hoffman et al, 2016; Northey et al, 2016). As cinco câmaras eram infladas uma por uma de forma automática e sequencial de distal para proximal por uma unidade de controle. Na recuperação GUN, a pistola massajadora foi aplicada nas musculaturas de quadríceps e tríceps sural. Foi utilizada a *Massage Gun Deep Therapy*® (modelo RM-MP0651A, RelaxMedic, São Paulo, Brasil), conforme as intruções do fabricante, com frequência de 60 Hz e 3200 rpm. IPC e GUN são aparelhos dinâmicos mas quando aplicados com voluntários sentados confortavelmente com pernas estendidas, se caracterizam como recuperações passivas.

Foram realizados monitoramentos da frequência cardíaca (FC) durante os TF e as recuperações através do Polar V800® (Polas, Kempele, Finlândia). A FC foi apontada em repouso, a anteceder o TF, a frequência cardíaca máxima atingida (HRmax) após o término do TF e durante a recuperação a cada 5 minutos (Pré, Pós, 5', 10', 15', 20' e 25'). O lactato foi medido através da recolha de amostra gota de sangue capilar de dedo da mão através de capilar Ringcap® 10µ (Hirschmann®, Eberstady, Alemanha) e suas concentrações foram determinadas com uso do *Miniphotometer Plus LP20*® (Dr Lange, Bavaria, Alemanha). As concentrações de lactato foram medidas antes do TF em repouso, e durante a aplicação de um dos métodos de recuperação (5', 10', 15', 20' e 25'), iniciada 5 minutos após o TF (Baldari et al, 2007). Testes de impulsão vertical realizados antes, imediatamente após e após uma hora do TF. Foram usados para se avaliar as respostas musculares (*Squat Jump* – SJ, e *Countermovement Jump* – CMJ) e para avaliar a capacidade anaeróbia o teste de salatos contínuos (*Continuous Jumps 30-seconds Test* – 30CJ) (Cular et al, 2018; Dal Pupo et al, 2014). As medições foram feitas com uso do equipamento *OptoJump Next*® (Microgate, Bolzano, Itália), com suas barras com

sensores ópticos espaçadas um metro entre elas e uma interface com com computador portátil.

#### **4.5.2.3 Análise Estatística**

Para as variáveis contínuas, uma análise entre os grupos (recuperações) foi realizada com uma análise de variância através do Teste de Kruskal-Wallys. O Teste de Friedman foi usado para análise das variáveis ao longo do tempo em cada grupo, a comparar os momentos de Pré com Pós TF, assim como as medidas de Pré e de cada medição de tempo com a última medição no 20º minuto de recuperação. Com a presença de diferença significativa, um teste de post-hoc de comparações em pares foi realizado, usando Teste de Bonferroni ajustado. A significância estatística foi aceita quando  $p < 0,05$ .

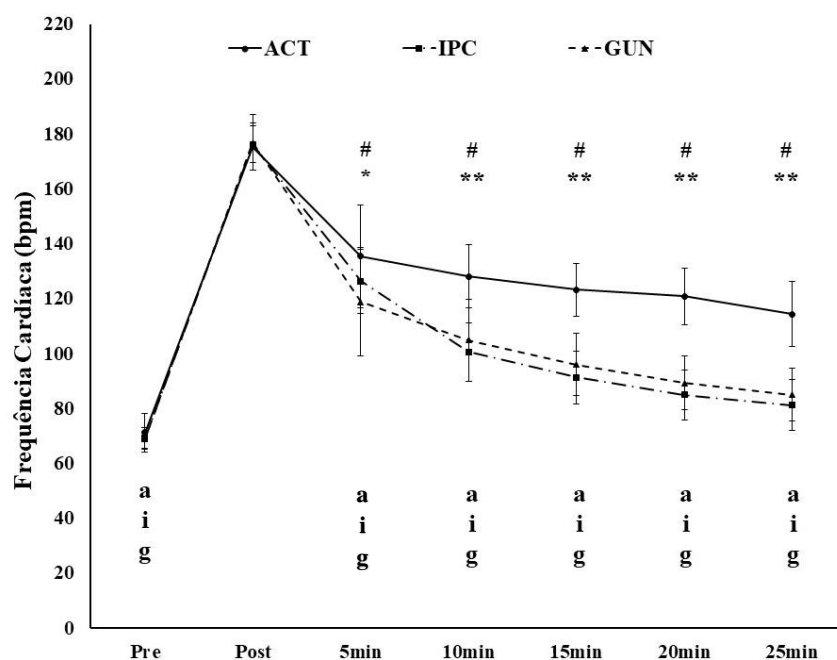
#### **4.5.3 Resultados**

A carga média atingida no teste de 1RM na sessão de familiarização foi de  $97,52 \pm 62,6$  kg. Com uma carga de 50% do teste de 1RM, de forma individual, o objetivo de provocar fadiga nos voluntários foi alcançado uma vez que uma diminuição significativa no número de repetições e no tempo de realização do primeiro *set* para os outros dois *sets* dos TFs em cada grupo de recuperação (Tabela 13).

**Tabela 13:** Número de repetições e tempo de execução dos agachamentos em cada *set* de cada grupo de recuperação (média  $\pm$  desvio padrão). Diferenças estatísticas entre cada *sets*.

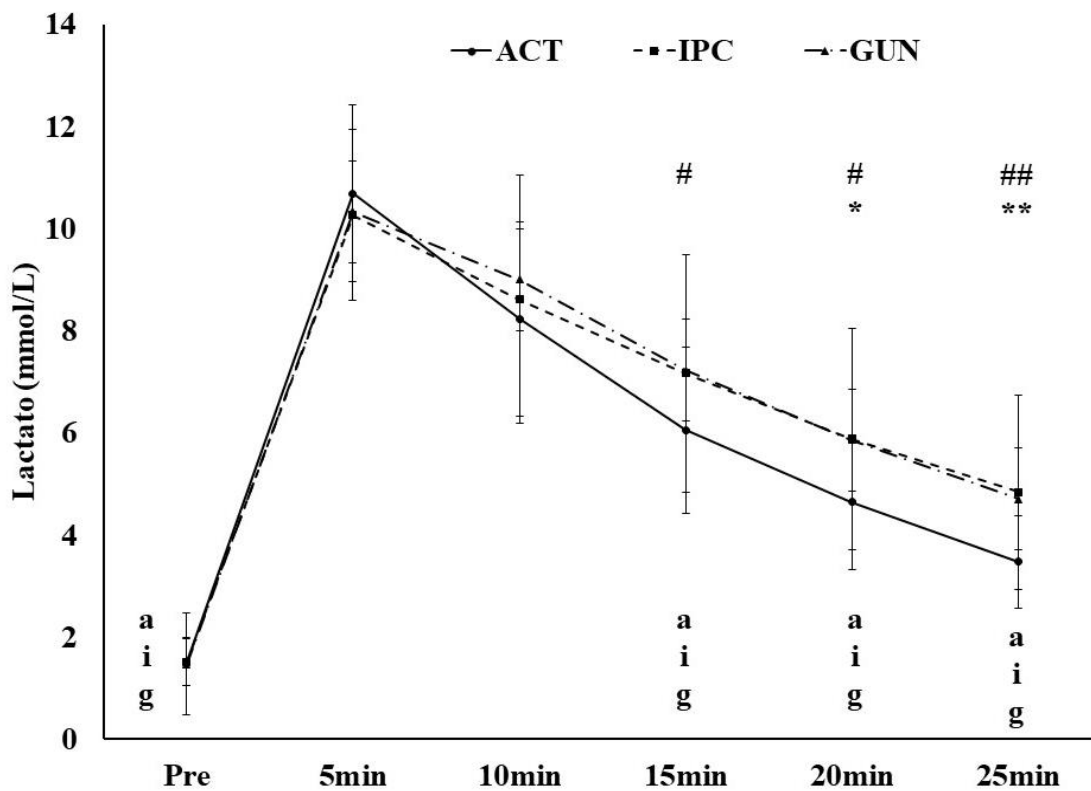
	Repetições (n)			Tempo (min:seg)		
	ACT	IPC	GUN	ACT	IPC	GUN
<b>Set1</b>	30,70 $\pm$	30,87 $\pm$	33,37 $\pm$	1:18 $\pm$	1:14 $\pm$	1:23 $\pm$
	14,16	9,63	9,70	0:38	0:22	0:18
<b>Set2</b>	18,50 $\pm$	19,43 $\pm$	21,03 $\pm$	0:49 $\pm$	0:49 $\pm$	0:54 $\pm$
	0,67	7,00	7,77	0:20	0:19	0:18
<b>Set3</b>	14,37 $\pm$	17,23 $\pm$	16,17 $\pm$	0:39 $\pm$	0:48 $\pm$	0:44 $\pm$
	4,50	6,88	6,49	0:15	0:20	0:12
<b>Set 1-2</b>	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>Set 2-3</b>	0,005	0,736	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
<b>Set 1-3</b>	< 0,001	< 0,001	0,009	0,049	< 0,001	0,170

Na análise entre os grupos (ACT, IPC e GUN) (Figura 22), as medições iniciais da FC entre os grupos, assim como as imediatamente após TF, não diferiram significativamente entre elas. Ao início da aplicação dos métodos de recuperação, 5 minutos após o término do TF e início das intervenções de recuperação, encontrou-se diferenças significativas na comparação por pares (*post-hoc*) entre ACT e as demais recuperações (GUN:  $p < 0,001$ ; IPC:  $p = 0,049$ ), com ACT apresentando menor redução. Nos demais momentos, ACT mostrou menores reduções para FC com diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) tanto para IPC quanto para GUN. Quando analisada ao longo do tempo para cada recuperação, houve uma redução significativa da FC entre os momentos ( $p < 0,001$ ) para a recuperação ACT. Comparações por pares mostraram diferenças significativas entre Pré e Pós, e entre Pós e 15, 20 e 25 minutos ( $p < 0,001$ ) em todas as recuperações. Também mostrou diferença significativa entre Pós e Pós 10 minutos (ACT = 0,006; IPC = 0,001; GUN = 0,005), mas do momento de imediatamente após o TF até o início das intervenções de recuperação não houve diferenças significativas. Ao término das recuperações, a FC manifestou uma aparente normalização (estatística) em comparação às medições em repouso (ACT = 0,180; IPC = 1,000; GUN = 0,885).



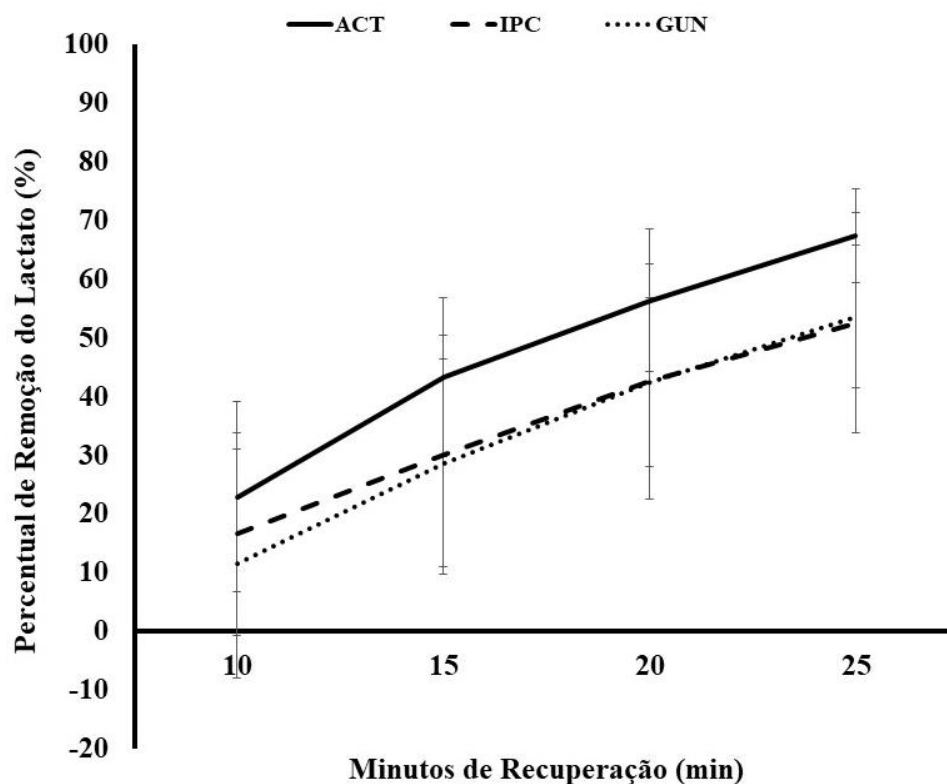
**Figura 22:** Comparação da Frequência Cardíaca entre as recuperações: ACT-IPC (\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ), ACT-GUN (#  $p < 0,01$ ); e Comparação por pares (*post-hoc*) para diferenças de efeito temporal - Pré, Pós TF e a cada 5-minutes durante as recuperações: ACT (a  $< 0,01$ ); IPC (i  $< 0,01$ ); GUN (g  $< 0,01$ )

Das análises das concentrações de lactato (Figura 23) em repouso até o décimo minuto após TF (5º minuto de recuperação), nenhuma diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) foi encontrada entre os grupos de recuperação. No 10º minuto de aplicação das recuperações, foi encontrada uma diferença significativa ( $p = 0,039$ ) entre ACT e GUN. Diferenças significativas foram encontradas no 15º e 20º minuto de recuperação ( $p = 0,006$ ;  $p < 0,001$ , respectivamente), com comparações em pares entre ACT e IPC e entre ACT e GUN em ambos os momentos. Ao se analisar as concentrações de lactato entre os momentos, todos os grupos de recuperação apresentaram um aumento significativo ( $p < 0,001$ ) já esperado após o TF e, em uma comparação por pares, uma diminuição significativa nas medições do 10º ao 20º minuto de recuperação comparados as medições ao 5º minuto pós TF (início das recuperações). Entretanto, ao comparar as concentrações de lactato ao término dos períodos de recuperação com as em repouso, não se encontraram diferenças estatisticamente significativas para todos os métodos de recuperação (ACT = 0,577; IPC = 0,408; GUN = 0,486), o que demonstra uma aparente recuperação total em relação às concentrações de lactato.



**Figure 23:** Comparação do lactato entre as recuperações e ao longo do tempo pré, pós TF e a cada 5-minutos durante as recuperações. Entre as recuperações: ACT-IPC (\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ), ACT-GUN (#  $p < 0,05$ , ##  $p < 0,01$ ); ao longo do tempo: a  $< 0,01$  (ACT); i  $< 0,01$  (IPC); g  $< 0,01$  (GUN)

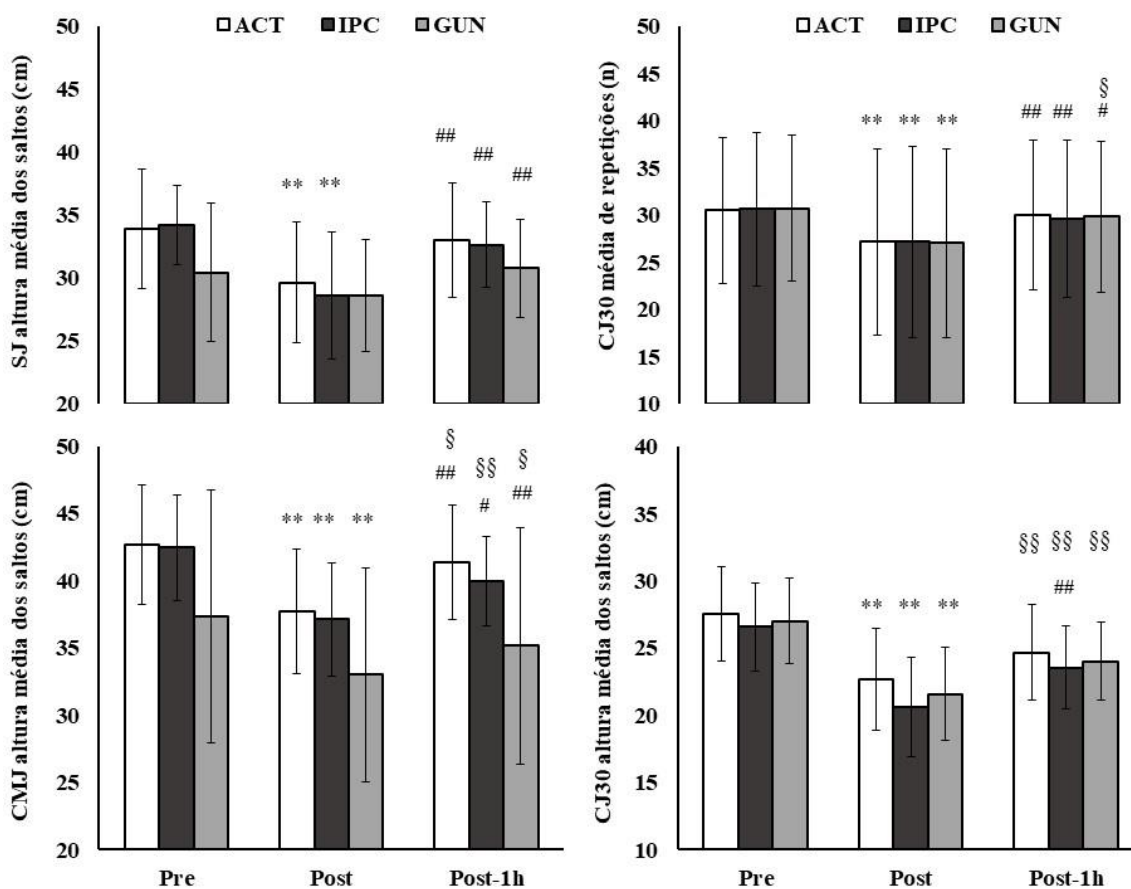
Se expressados em termos percentuais, observa-se (Figura 24) as similaridades entre IPC e GUN na remoção do lactato, assim como melhores respostas alcançadas pela ACT. Contudo, nenhuma das recuperações aqui utilizadas atingiu o objetivo de uma remoção completa do lactato após 20 minutos de recuperação.



**Figura 24:** Percentuais de remoção do lactato ao longo do período de recuperação

Em relação as avaliações através de testes de impulsão vertical (Figura 25), nas comparações entre os métodos de recuperação em cada momento de medição, não foram encontradas diferenças significativas no teste de *Squat Jump* (SJ) imediatamente após o TF e após 1-hora, mas com diferença ( $p = 0,007$ ) entre ACT e GUN e entre IPC e GUN. Diferenças significativas foram encontradas no teste de Countermovement Jump ao se comparar a recuperação GUN com ACT ( $p < 0,001$ ) e com a IPC ( $p < 0,001$ ), nas medições que antecederam o TF, e, nas medições realizadas 1- hora após o TF, foram encontradas entre ACT e GUN ( $p = 0,008$ ). No teste de saltos contínuos por 30 segundos para se avaliar a capacidade anaeróbia, ao se comparar os três métodos de recuperação em cada momento, nenhuma diferença significativa foi observada para as alturas médias alcançadas ou para o número de saltos realizados. Entretanto, ao se comprar os testes de saltos verticais entre os momentos de medição (Pré, Pós e 1H) em cada método de recuperação, SJ apresentou diferenças significativas, com significante diminuição na altura dos saltos entre Pré e Pós TF nas recuperações ACT e IPC ( $p < 0,001$ ). Ao se comparar as medições imediatamente após TF com as realizadas após 1-hora, todos os

grupos encontraram aumento significativa nas alturas atingidas no SJ. Ao se comparar as alturas atingidas no SJ antes do TF e após 1-hora, estas se apresentavam similares, o que se observa na inexistência de diferenças significativas em todas as recuperações. Foi confirmada a diminuição significativa nas alturas do CMJ das medidas de Pré para Pós TF em todas as três recuperações ( $p < 0,001$ ). Na comparação do CMJ entre o Pré TF e o Pós 1-hora, as recuperações se mostraram ineficazes para uma normalização da força muscular, e os saltos não atingiram as alturas esperadas (ACT = 0,029; IPC = 0,004; GUN = 0,035), apesar dos aumentos significativos (ACT = 0,002; IPC = 0,014; GUN < 0,001) em relação as alturas atingidas imediatamente após o TF em relação aos alcançados após 1-hora e com a aplicação das três intervenções. No teste 30CJ, tanto para o número de repetições quanto para as alturas médias dos saltos, foram encontradas diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) para todas as recuperações. Em uma comparação *post-hoc* por pares, diminuições significativas foram obtidas em ambas as variáveis entre os momentos anteriores ao TF e os imediatamente após, assim como para o número de saltos a comparar entre o imediatamente após e o após 1-hora do TF (ACT = 0,001; IPC = 0,001; GUN = 0,014). Porém, somente a recuperação com GUN se manteve as medidas do número de saltos estatisticamente menor ( $p < 0,05$ ) após 1-hora do TF em comparação a medida inicial, não se observando uma efetiva recuperação. Para as alturas médias atingidas nos saltos do 30CJ entre as medições feitas imediatamente após e após 1-hora do TF, todos os métodos de recuperação apresentaram aumentos mas somente IPC obteve significância estatística ( $p = 0,004$ ), mas ainda significativamente menores ao se comparar as alturas atingidas após 1-hora com as feitas antes do TF (ACT < 0,001; IPC = 0,004; GUN < 0,001).



**Figura 25:** Análises Pareadas (Bonferroni) dos testes de saltos verticais entre os momentos para cada recuperação. Pré-Pós: \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ ; Pós-Pós 1h: #  $p < 0,05$ , ##  $p < 0,01$ ; Pré-Pós 1h: §  $p < 0,05$ , §§  $p < 0,01$  ACT: Recuperação Ativa; IPC: Compressão Pneumática Intermitente; GUN: Pistola Massajadora. SJ: Squat Jump; CMJ: Countermovement Jump; CJ30: Saltos Contínuos – 30 segundos. Pre: Pré TF; Pós: imediatamente após TF; Pós-1h: 1-hora após TF.

#### 4.5.4 Discussão dos Resultados

Os voluntários deste estudo eram bem treinados, ainda sim, muitos desfechos relacionados ao treino resistido podem oferecer viés (Barnett, 2006).

Era esperado aumento significativo da FC imediatamente após o TF, assim como sua diminuição “controlada” ao longo do tempo de recuperação na ACT com a manutenção de um exercício físico de forma atenuada. Apesar da redução no número de batimentos observados na FC, nenhum dos grupos apresentou diminuição estatisticamente significativa de imediatamente após o TF e o início da aplicação das



recuperações, cinco minutos após o término do TF, inclusive devido a realização dos testes de impulsão vertical durante este “intervalo” de 5 minutos. Porém, observa-se uma diferença significativa entre ACT e as demais recuperações neste intervalo de tempo ( $p < 0,05$ ). Com o iniciar da recuperação, cada método de recuperação mostrou diminuições significativas no número de batimentos cardíacos a cada cinco minutos em relação aos atingidos imediatamente após o término do TF, mas, em todas as medições, diferenças significativas foram encontradas com números de batimentos cardíacos mais elevados para ACT comparada a IPC e GUN até o fim das aplicações das recuperações. A diminuição da FC no início da recuperação era esperado como uma resposta fisiológica, assim como as diminuições encontradas por Javorka et al (2002), com diminuição de 38% na FC de forma passiva em repouso, e por Menzies et al (2010) com diversos percentuais de carga usados em relação ao limiar de lactato. Em uma comparação entre IPC usada com as pressões indicadas para as câmaras e a mesma com suas pressões diminuídas (placebo), mesmo com a diminuição na FC, Martin et al (2015) não encontrou diferenças significativas durante os períodos de recuperação. Apesar do histórico da ACT como método de recuperação após o exercício e uma resposta cardiovascular mais segura na volta a calma, permanece inexistente uma diretriz quanto a intensidade a ser utilizada na ACT (Ortiz Jr et al, 2018).

Todos os métodos de recuperação encontraram melhora na remoção de lactato durante a recuperação após exercício fadigante. Houve o esperado aumento nas concentrações de lactato após o TF mas o pico das concentrações entre as recuperações foram similares (ACT:  $10,69 \pm 1,72$  mmol/L; IPC:  $10,27 \pm 1,67$  mmol/L; GUN:  $10,34 \pm 1,85$  mmol/L). Entretanto, reduções significativas só foram observadas a partir do décimo minuto de recuperação, com maiores reduções na ACT e estatisticamente significante comparada à GUN. Também no 15º e 20º minuto de recuperação, ACT apresentou reduções significativas nas concentrações de lactato quando comparada as demais recuperações. Mesmo ao longo do tempo da recuperação, ACT apresentou melhores resultados na atuação para remoção do lactato. Diversos estudos apresentaram diminuições significativas nas concentrações do lactato sanguíneo com uso da ACT como condição de recuperação (Akinici, 2020; Valenzuela, 2015; Menzies, 2010), principalmente quando comparada à recuperação passiva. A intensidade da ACT, conforme Menzies et al (2010), não precisa ser fixa para otimizar a remoção de lactato, mas precisar ser controlada em intensidade mais elevadas, de forma individual,

correspondentes ao limiar de lactato. Contudo, IPC tem se mostrado uma recuperação alternativa após exercícios exaustivos no objetivo de diminuir as concentrações de lactato e se apresenta maior eficiência em relação a recuperação passiva (Sharma et al, 2016; Martin et al, 2015<sup>1</sup>; Martin et al, 2015<sup>2</sup>), mas parece não atenuar o rápido aumento do lactato em um exercício subsequente (Marcello et al, 2019). GUN apresentou resultados interessantes no objetivo da diminuição das concentrações do lactato, sendo similar à IPC. Poucos estudos fizeram uso deste equipamento com objetivo de recuperação, e este pode vir a ser interessante, sendo alternativa de fácil portabilidade e de baixo custo financeiro. Apesar deste estudo não ter feito uso da recuperação passiva, uma comparação (Hanson et al, 2013) entre ACT, IPC e recuperação passiva reportou similaridades entre ACT e IPC, e resultados significativamente inferiores para recuperação passiva comparada a ambas modalidades de recuperação.

Em todos os testes de saltos verticais (SJ, CMJ e 30CJ – número de saltos e alturas médias), diminuições significantes ( $p < 0,001$ ) foram encontradas após o TF, comparadas às medidas antes do TF, com exceção para o SJ da recuperação GUN ( $p = 0,467$ ). Da mesma maneira, aumentos significativos se apresentaram em todas as medições após 1-hora do TF comparadas as feitas imediatamente após. Novamente, a única exceção foi no grupo de GUN nas alturas médias do teste de 30CJ. A diminuição no número de repetições e alturas médias do teste de 30CJ eram esperadas. Contudo, apesar dos aumentos alcançados após os períodos de recuperação, similaridades ( $p > 0,05$ ) entre as medições após 1-hora do TF comparadas às Pré TF foram encontradas nos três grupos de recuperação para o teste de SJ e entre ACT e IPC no teste de CMJ. Mesmo com aumento nos resultados atingidos no 30CJ após 1-hora do TF, nenhuma recuperação atingiu o objetivo de forma significativa, a igualar aos resultados obtidos nas avaliações que antecederam o TF. Resultados similares foram apresentados por Northey et al (2016) sem uma normalização ou ganho com uso da IPC como recuperação nos testes de SJ e CMJ após 1-hora do exercício de exaustão e sem haver diferenças quando comparada à recuperação passiva ou com uso de equipamento para oclusão vascular. A IPC também foi comparada após 24, 48 e 72 horas à uma recuperação “passiva” com uso das botas de compressão sem que houvesse insuflação de suas câmaras - placebo (Cochrane et al, 2013), não apresentando diferença significativa entre as condições. O teste de 30CJ é validado para a avaliação de performance anaeróbia, e ACT e IPC mostraram ganhos significativos no número de saltos nas avaliações após 1-hora do TF comparados aos

imediatamente após, e próximos aos atingidos antes do TF. Porém, o número de saltos ainda se mostraram inferiores para ambas as recuperações, ainda que estatisticamente similares. Por outro lado, GUN não mostrou melhora significativa para o número de repetições no 30CJ, mas pode se observar um aumento ao se comparar aos atingidos após a aplicação da recuperação com os de imediatamente após TF. Ademais, independente da recuperação no número de repetições dos saltos, nenhum dos métodos aplicados melhorou a altura média dos altos após 1-hora. O número de saltos podem ter se apresentado semelhantes aos realizados anteriormente ao TF, mas as alturas dos saltos foram menores, o que parece mostrar dificuldade na geração de força nos membros inferiores, com ênfase ao quadríceps, expondo uma fraqueza muscular e uma ainda provável presença de fadiga muscular. Com uso do exercício de supino e a comparar GUN com grupo controle passivo, García-Sillero et al (2021) não encontrou diferenças significativas entre os grupos e descreve que os resultados não se apresentaram suficientes para se aceitar GUN como metodologia efetiva para recuperação e na melhora da performance.

#### **4.5.5 Conclusão**

Nossos resultados proporcionaram vistas de que, com objetivo de recuperação, IPC e GUN parecem ser modalidades alternativas de recuperação, ao apresentar respostas interessantes na remoção do lactato após exercício fadigante, na resposta muscular com a melhora dos saltos (SJ e CMJ) e na performance anaeróbia (30CJ), aparentemente atenuando a presença da fadiga. ACT permanece um procedimento de recuperação atrativo e já estabelecido, sem que haja custo financeiro e a mostrar respostas positivas na remoção de lactato e recuperação muscular em um período de tempo abreviado (1-hora) após requisição muscular fadigante.

Pesquisas futuras com prescrição individual da carga da ACT, e comparações com os mesmos dispositivos (IPC e GUN) a usar diferentes dosagens de tempo e aplicação se fazem necessários para melhor compreensão das dúvidas ainda remanescentes e para otimizar as recuperações para melhora das performances e promover uma diminuição nas possibilidades de lesões e *overtraining*.

#### 4.5.6 Referências

- Akinci, B., Yazgan, Y.Z. & Altinoluk, T. (2020) The effectiveness of three different recovery methods on blood lactate, acute muscle performance, and delayed-onset muscle soreness: a randomized comparative study. *J Sports Med Physical Fit.* 60(3), 345-354. Available from: doi: 10.23736/S0022-4707.19.10142-9
- Allen, D.G. & Westerblad, H. (2001) Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *The Journal of Physiology.* 536 (3), 657-665. Available from: doi: 10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00657.x
- Baldari, C., Di Luigi, L., Silva, S.G., Gallotta, M., Emerenziani, G.P., Pesce, C., & Guidetti, L. (2007) Relationship between optimal lactate removal power output and Olympic triathlon performance. *J Strength Conditioning Res,* 21(4), 1160-1165. Available from: doi: 10.1519/r-21336.1
- Barnett, A. (2006) Using Recovery Modalities Between Training Sessions in Elite Athletes. Does it Help? *Sports Med,* 36(9), 781-796. Available from: doi: 10.2165/00007256-200636090-00005
- Cheatham, S.W., Baker, R.T., Behm, D.G., Stull, K. & Kolber, M.J. (2021) Mechanical percussion devices: a survey of practice patterns among healthcare professionals. *Int J Sports Phys Therapy.* 16(3), 766-777. Available from: doi: 10.26603/001c.23530.
- Cochrane, D. J., Booker, H. R., Mundel, T., & Barnes, M. J. (2013) Does Intermittent Pneumatic Leg Compression Enhance Muscle Recovery after Strenuous Eccentric Exercise? *Int J Sports Med,* 34, 969-974. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1337944>

- Cular, D., Ivancec, V., Zagatto, A.M., Milic, M., Beslija, T., Sellami, M. & Padulo, J. (2018) Validity and reliability of the 30-s continuous jump for anaerobic power and capacity assessment in combat sport. *Front Physiol.* 9, 543. Available from: doi: 10.3389/fphys.2018.00543
- Cullen, M.L.; Casazza, G.A. & Davis B.A. (2021) Passive recovery strategies after exercise: a narrative literature review of the current evidence. *Curr Sports Med Rep*, 20(7), 351-358.
- Dal Pupo, J., Gheller, R.G., Dias, J.A., Rodacki, A.L.F., Moro, A.R.P. & Santos, S.G. (2014) Reliability and validity of the 30-s continuous jump test for anaerobic fitness evaluation. *J Sci Med Sport.* 17(6), 650-655. Available from: doi: 10.1016/j.jsams.2013.09.007
- Davis, H.L., Alabed, S. & Chico, T.J.A. (2020) Effect of sport massage on performance and recovery: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 6:e000614. Available from: doi: 10.1136/bmjsem-2019-000614
- Draper, S.N., Kullman, E.L., Sparks, K.E., Little, K. & Thoman, J. (2020) Effects of intermittent pneumatic compression on delayed onset muscle soreness (DOMS) in long distance runners. *Int J Exerc Sci*, 13(2), 75-86.
- Enoka, R.M. & Stuart, D.G. (1992) Neurobiology of Muscle Fatigue. *J Appl Physiol* 72 (5), 1631-1648. Available from: doi: 10.1152/jappl.1992.72.5.1631
- García-Sillero, M., Jurado-Castro, J.M., Benítez-Porres J. & Vargas-Molina, S. (2021) Acute effects of a percussive massage treatment on a movement velocity during resistance training. *Int J Environ Res Public Health*, 18(15), 7726. Available from: doi: 10,3390/ijerph18157726

- Halson, S.L. (2014) Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med*, 44(Suppl 2), S139-S147. Available from: doi: 10.1007/s40279-014-0253-z
- Hanson, E., Stetter, K., Li, R. & Thomas, A. (2013) Na intermittent pneumatic device reduces blood lactate concentrations more effectively than passive recovery after Wingate testing. *J Athl Enhancement*. 2(3), Available from: doi: 10.4172/2324-9080.1000115
- Hauswirth, C. & Mujika, I. (2013) *Recovery for Performance in Sports*. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Heapy, A. M., Hoffman, M. D., Verhagen, H. H., Thompson, P. D. Dhamija, P., Sandford, F. J., & Cooper, M. C. (2018) A randomized controlled trial of manual therapy and pneumatic compression for recovery from prolonged running – an extended study. *Res Sports Med*, 26(3), 354-364. <https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1447469>
- Hoffman, M. D., Badowski, N., Chin, J., & Stuempfle, K. J. (2016) A Randomized Controlled Trial of Massage and Pneumatic Compression for Ultramarathon Recovery. *J Orthop Sports Physical Therapy*, 46(5), 320-326. doi:10.2519/jospt.2016.6455
- Javorka, M., Zila, I., Balharek, T. & Javorka, K. (2002) Heart rate recovery after exercise: relation to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res*. 35(8), 991-1000. Available from: doi: 10.1590/S0100-879X2002000800018
- Konrad, A., Glashüttner, C., Reiner, M.M., Bernsteiner, D. & Tilp, M. (2020) The acute effects of a percussive massage treatment with a hypervolt device on plantar flexor muscles' of motion and performance. *J Sports Sci Med*. 19(4), 690-694.

- Marcello, R.T., Fortini, L. & Greer, B.K. (2019) Intermittent pneumatic compression boot use elevates blood lactate during subsequent exercise. *Int J Exerc Sci.* 12(2), 385-392.
- Martin, J.S., Friedenreich, Z.D., Borges, A.R. & Roberts, M.D. (2015) Acute effects of peristaltic pneumatic compression on repeated anaerobic exercise performance and blood lactate clearance. *J Strength Conditioning Res.* 29 (10), 2900-2906. Available from: doi: 10.1519/JSC.0000000000000928
- Martin, J.S., Friedenreich, Z.D., Borges, A.R. & Roberts, M.D. (2015) Preconditioning with peristaltic external pneumatic compression does not acutely improve repeated Wingate performance nor does it alter blood lactate concentrations during passive recovery compared with sham. *Appl Physiol Nutr Metabol.* 40(11),1214-1217. Available from: doi: 10.1139/apnm-2015-0247
- Menzies P., Menzies C., McIntyre L., Paterson P., Wilson J. & Kemi O.J. (2010) Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery. *J Sports Sci.* 28(9), 975-982. Available from: doi: 10.1080/02640414.2010.481721
- Monedero, J. & Donne, B. (2000) Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int J Sports Med.* 21(8), 593-597. Available from: doi: 10.1055/s-2000-8488
- Northey, J. M., Rattray, B., Argus, C. K., Etzebarria, N., & Driller, M. W. (2016) Vascular Occlusion and Sequential Compression for Recovery After Resistance Exercise. *J Strength Cond Res,* 30(2), 533-539. doi: 10.1519/JSC.0000000000001080
- Overmeyer, R. G., & Driller, M. W. (2017) Pneumatic Compression Fails to Improve Performance Recovery in Trained Cyclists. *Int J Sports Physiol Perform,* 13(4), 490-495. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0207>

- Poppendieck, W., Wegmann, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M. & Meyer, T. (2016) Massage and performance recovery: a meta-analytical review. *Sports Med.* 46(2), 183-204. Available from: doi: 10.1007/s40279-015-0420-x
- Sands, W. A., McNeal, J. R., Murray, S. R., & Stone, M. H. (2015) Dynamic compression enhances pressure-to-pain threshold in elite athlete recovery: exploratory study. *J Strength Cond Res*, 29(5), 1263-1272. doi: 10.1519/JSC.0000000000000412
- Sharma, L., Hussain, M.E., Verma, S. & Ali, K. (2016) Effects of intermittent pneumatic compression vs. neuromuscular electrical stimulation on recovery following anaerobic exercise in male basketball players. *Int J Biomed Advance Res.* 7(10), 508-514. Available from: doi: 10.7439/ijbar
- Tran, K. & Argáez, C. (2017) Intermittent pneumatic compression devices for the management of lymphedema: a review of clinical effectiveness and guidelines. Ottawa (ON): CADTH
- Valenzuela, P.L., Villa, P. & Ferragut, C. (2015) Effect of two types of active recovery on fatigue and climbing performance. *J Sports Sci Med.* 14(4), 769-775.
- Williams, C. & Ratel, C. (2009) *Human Muscle Fatigue*. New York (NY), Routledge – Taylor & Francis Group.
- Zhang, D., Li, F., Li, X. & Du, G. (2018) Effect of intermittent pneumatic compression on preventing deep vein thrombosis among stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Worldviews Evid Based Nurs*, 15(3), 189-196



#### **4.6 ESTUDO 6: Impacto de Três Métodos de Recuperação sobre o Cortisol, Testosterona e Alfa Amilase após Teste de Exercício Fatigante**

**Resumo:** Testosterona, cortisol e alfa amilase são descritos como marcadores salivares de stresse físico e indicadores de imunodepressão. O objetivo do estudo foi analisar e comparar o impacto das botas de compressão e da pistola massajadora como método de recuperação, e compará-las com a recuperação ativa (ACT), sobre marcadores salivares após exercício físico fatigante. Os voluntários, estudantes universitários fisicamente ativos, foram submetidos a um teste de fadiga (TF) com exercício de força composto de 3 *sets* de *Half Back Squat*, com carga de 50% de 1RM, até a exaustão. Após, foram submetidos a um dos 3 métodos de recuperação. Foram feitas análises dos marcadores salivares recolhidos antes do TF, imediatamente após e passadas 1-horas e 24 horas. Não foram encontradas diferenças significativas para a testosterona e alfa amilase ao longo do tempo. O cortisol apresentou diferença significativa na recuperação ativa após 24 horas em relação às suas concentrações imediatamente após TF, aproximando-se dos níveis de normalidade em repouso. A recuperação ativa também apresentou um aumento importante, ainda que não significativo, para o rácio entre testosterona e cortisol, que parece indicar diminuição do processo de catabolismo e aumento da síntese proteica após ACT. Tanto IPC como GUN apresentaram resultados aparentemente positivos, mas ainda sim inconclusivos como métodos de recuperação. Quando comparados a ACT, esta ainda se apresenta levemente superior e por não haver muitas diferenças significativas, IPC e GUN parecem ter potencial como escolha alternativa com o objetivo de recuperação e restauração dos padrões dos marcadores salivares aqui analisados. Contudo, há necessidade de um maior número de estudos e averiguação o protocolo mais adequado a ser utilizado para a recuperação.

**Palavras-Chave:** Recuperação; Compressão Pneumática Intermitente; Pistolada Massageadora; Marcadores salivares

**Keywords:** Recovery; Intermittent Pneumatic Compression; Massage Gun; Salivary Markers

#### 4.6.1 Introdução

A recuperação é um componente importante no planeamento dos treinos, seja em atletas de alto rendimento ou amadores, para que haja manutenção e otimização da performance, além de se tentar evitar fadiga muscular, que de forma crônica pode ocasionar *overtraining*, lesões, riscos de infecções no trato respiratório superior com imunodepressão, acentuação do processo inflamatório e alterações hormonais indesejadas (Farjallah et al, 2018; Hagstrom & Shorter, 2018; Williams & Ratel, 2009). Sobrecargas dos períodos de treino e competições com exercícios em alta intensidade, volume e duração prolongada, sem que haja um equilíbrio com períodos de recuperação adequada, além de levar a uma diminuição da performance física, levam a uma deterioração das funções celulares que de forma crônica podem causar imunossupressão (Hough et al, 2021; Collins et al, 2019; Peake et al, 2017; Walsh et al, 2011).

A fadiga muscular é conceitualizada pela perda ou falha na manutenção da força muscular com determinada intensidade em uma atividade motora ou exercício por um determinado período de tempo (Williams & Ratel, 2009; Lorist, Kernell & Meijman, 2002; Allen & Westerblad, 2001; Vollestad, 1997; Enoka & Stuart, 1992; Bigland-Ritchie, Furbush & Woods, 1986). Os marcadores salivares como testosterona, cortisol e alfa amilase respondem a exercícios físicos de alta intensidade pelas suas susceptibilidades conexas ao stresse e ao equilíbrio anabólico/catabólico, assim como podem indicar estados de imunodepressão (Honceriu et al, 2021; Lopes et al, 2020; Peñailillo et al, 2015; Granger, 2007)

Diversas intervenções com objetivo de recuperação, por dispositivos físicos e por ingestão de substâncias, são aplicadas no objetivo de acelerar a recuperação dos efeitos da fadiga, restauração das condições físicas e aperfeiçoar performance física (Northey et al, 2016; Meeusen et al, 2013; Hausswirth & Mujica, 2013; Barnett, 2006). As chamadas “botas de compressão” (*Intermittent Pneumatic Compression* - IPC) vem sendo utilizadas recentemente por profissionais do desporto e atletas como meio de acelerar o processo de recuperação, contudo, existe um número limitado de estudos a utilizar a IPC com tal objetivo e/ou a comparar com outras metodologias de recuperação (Hoffman et al, 2016; Martin et al, 2015). A IPC tem sido usada de forma eficiente há algum tempo no objetivo profilático e de tratar doenças como trombose venosa profunda

e linfedema (Zhang et al, 2018; Tran & Argáez, 2017) promovendo melhoria na circulação sanguínea, retorno venoso, diminuição de desconforto e quadros álgicos e diminuição dos níveis de stresse físico (Draper et al, 2020; Hoffman et al, 2016). Recentemente, profissionais do desporto e atletas têm feito uso da “pistola massajadora” (*massage gun* – GUN) com objetivo de recuperação, relaxamento e liberação miofascial para restauração das condições físicas. Através de movimentos sequenciais de percussão, GUN objetiva prevenir lesões, reduzir quadro álgico, aumentar fluxo sanguíneo e relaxamento muscular (Cheatham et al, 2021; García-Sillero et al, 2021; Konrad et al, 2020; Davis et al, 2020).

O objetivo deste estudo foi analisar e comparar o impacto de 3 métodos de recuperação sobre marcadores salivares (testosterona, cortisol e alfa amilase) após exercício de força fatigante de membros inferiores.

#### **4.6.2 Metodologia**

Este foi um estudo de intervenção em *crossover* que avaliou três métodos de recuperação (ACT, IPC e GUN), que aplicou tais intervenções de forma aleatória. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra (FCDEF-UC) (CE/FCDEF-UC/00572020) e de acordo com a Declaração de Helsinque receberam informações, por escrito e de forma verbal, do design do estudo, procedimentos de avaliação, riscos e benefícios de suas participações.

##### **4.6.2.1 Amostra**

A amostra foi de conveniência com quinze estudantes universitários do sexo masculino, federados e com pelo menos de prática contínua com frequência mínima de treino físico de 3 vezes por semana. A amostra se caracterizava por (média  $\pm$  desvio padrão): 22,13  $\pm$  2,7 anos de idade, massa corporal de 74,93  $\pm$  6,17 quilos, estatura de

1,77 ± 0,06 metro, índice de massa corporal de 24,03 ± 1,52 Kg/m<sup>2</sup> e com percentagem de gordura de 11,47% ± 3,77. Os voluntários não faziam uso qualquer tipo de medicação e não tinham histórico de desordens cardiorrespiratórias, endócrinas ou imunes, ou mesmo lesões musculoesqueléticas nos seis meses que antecederam os testes. Foram instruídos a não realizar exercícios físicos nas 24 horas anteriores e a não consumir cafeína e álcool, assim como a manter suas alimentações diárias de forma normal.

#### 4.6.2.2 Procedimentos Metodológicos

O estudo foi realizado na FCDEF-UC e composto de 4 sessões. Na primeira sessão, de familiarização, os voluntários receberam todas as informações do estudo e, após concordarem e assinarem o termo de consentimento, houve a familiarização com os equipamentos, de avaliação, de recuperação e o *Smith Machine*, a serem utilizados no estudo. Após, foram submetidos a um aquecimento em ciclo ergômetro por 5 minutos seguido da execução do Teste de uma Repetição Máxima (1RM) para o exercício de Agachamento Parcial no aparelho de *Smith Machine*. Para as sessões seguintes, após aquecimento de 5 minutos em ciclo ergômetro (Monark 828E<sup>®</sup>, Vansbro, Sweden) a 70 (± 5) rpm, os voluntários foram submetidos a um teste de exercício de fadiga (TF), seguido por um dos três métodos de recuperação, selecionados em ordem aleatória, por um período de 20 minutos. Todas as sessões foram realizadas no mesmo horário do dia de forma a se diminuir a influência do ritmo circadiano sobre a variação das concentrações dos biomarcadores (Honceriu et al, 2021).

Foi utilizado um exercício de agachamento adaptado (Northey et al, 2016) na intenção de se se induzir a fadiga. Três *sets* do exercício de *Half Back Squat* com o maior número de repetições possíveis e até a exaustão em cada *set*. A carga imposta no TF foi de 50% da alcançada no teste de 1RM previamente mensurado e o intervalo entre os *sets* foi de 1-minuto. Os agachamentos eram realizados até atingirem 90° de flexão de joelho e retornavam até a posição ortostática inicial. Com base no conceito de fadiga (William & Ratel, 2009; Vollestad, 1997), em que esta ocorre com a perda ou falha na continuidade do exercício, ou atividade motora, durante um período de tempo, se assumiu que após 3

*sets* de agachamentos, onde a interrupção se deu devido a exaustão dos voluntários, a fadiga muscular foi atingida.

Após o TF, os voluntários foram submetidos a um dos 3 métodos de recuperação. A recuperação ativa (ACT), foi realizada no mesmo ciclo ergômetro utilizado para o aquecimento, com ajuste da altura individualizada do selim, com duração de 20 minutos a pedalar entre 70 e 75 rpm, com carga imposta de 1 Kg. A recuperação IPC foi aplicada com uso do equipamento de botas de compressão *Normatec 2.0*<sup>®</sup> (*Hyperice*, Massachusetts, EUA), com duração de 20 minutos, inflando as câmaras, de forma sequencial de distal para proximal com pressões de 80 mmHg e, após inflado de forma totalitária, retornando o estado inicial após 30 segundos. A recuperação GUN fez uso do equipamento *Massage Gun Deep Therapy*<sup>®</sup> (model RM-MP0651A, RelaxMedic, São Paulo, Brasil) sobre os músculos do quadríceps e tríceps sural a seguir a direção de suas fibras musculares. GUN foi aplicada com frequência de 60 Hz e 3200 rpm, com duração de 20 minutos. Ambos os dispositivos foram aplicados a seguir as recomendações de seus fabricantes.

As amostras de saliva foram recolhidas de forma passiva em 4 momentos: antes (Pré) e imediatamente após (Pós) o TF e após uma hora (1H) e 24 horas (24H) do TF. Sentados, os voluntários, sem forçar as gengivas para que não houvesse sangramento gengival, salivaram durante 2 minutos na maior quantidade possível para dentro de um tubo de polipropileno de 30 mL (Sarstedt, Nümbrecht, Alemanha). As amostras de saliva foram centrifugadas (3000 rpm por 10 minutos) e armazenadas a 20 °C negativos em tubos eppendorfs (Eppendorf Research 3110<sup>®</sup>, Hamburg, Germany) até a realização das respectivas análises. Após o degelo, foram feitas análises das concentrações salivares de cortisol (sC), testosterona (sT) e alfa amilase (sAA) com kits de ensaio imuno enzimáticos (Salimetrics<sup>®</sup>, Carlsbad, CA, USA), de acordo com as instruções do fabricante. Também foi calculado o rácio Testosterona-Cortisol (T/C). As análises de biomarcadores salivares têm sido usadas devido a boa correlação das mesmas com amostras sanguíneas e por ser uma recolha mais fácil, simples e menos invasiva (Honceriu et al, 2021; Lopes et al, 2020; Peñailillo et al, 2015; Hayes et al, 2015; Casanova et al, 2015; VanBruggen et al, 2011).

#### 4.6.2.3 Análise Estatística

A estatística descritiva é reportada através de médias e desvio padrão. Os dados foram apontados no Microsoft Excel® (Microsoft Corporation, EUA). A análise estatística foi feita através do *Statistical Package for the Social Sciences*® (SPSS 27, IBM SPSS Inc., Chicago, EUA). Foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk para determinar a distribuição dos dados. Os teste de análise de variância de Kruskal-Wallis foi usado para comparar as concentrações entre os métodos de recuperação em cada momento de recolha. Para analisar os dados ao longo do tempo em cada recuperação foi usado o teste de Friedman e, quando encontradas diferenças significativas, foram ajustadas por comparações por pares pelo teste de *post-hoc* de Bonferroni. Significância estatística foi aceita com  $p < 0,05$ .

#### 4.6.3 Resultados

Os 15 voluntários completaram todo os protocolos e procedimentos nas 4 sessões. Na tabela 14 são apresentados o número de repetições médias ( $\pm$  DP) executadas em cada *set*, assim como o tempo de execução e as diferenças estatísticas entre elas.

**Tabela 14:** Número de repetições e tempo de execução (médias e DP) dos agachamentos em cada set de cada recuperação. Diferenças estatísticas entre os *sets*.

	Repetições (n)			Tempo (min:seg)		
	ACT	IPC	GUN	ACT	IPC	GUN
<b>Set 1</b>	33,3 $\pm$ 18,1	31,3 $\pm$ 11,2	36,0 $\pm$ 10,9	1:23 $\pm$ 0:48	1:09 $\pm$ 0:26	1:26 $\pm$ 0:21
<b>Set 2</b>	19,1 $\pm$ 6,8	20,7 $\pm$ 8,7	22,6 $\pm$ 9,1	0:51 $\pm$ 0:26	0:49 $\pm$ 0:24	0:53 $\pm$ 0:21
<b>Set 3</b>	15,6 $\pm$ 5,0	16,6 $\pm$ 7,8	18,4 $\pm$ 7,6	0:43 $\pm$ 0:19	0:48 $\pm$ 0:19	0:46 $\pm$ 0:15
<b>X<sup>2</sup> (p)</b>	26,533 ( $<$ 0,001)	19,964 ( $<$ 0,001)	28,182 ( $<$ 0,001)	23,286 ( $<$ 0,001)	14,936 ( $<$ 0,001)	19,176 ( $<$ 0,001)
<b>Set 1-2</b>	0,006	0,002	0,004	0,004	0,001	0,004
<b>Set 2-3</b>	0,134	1,000	0,204	0,392	1,000	1,000
<b>Set 1-3</b>	$<$ 0,001	$<$ 0,001	$<$ 0,001	$<$ 0,001	0,018	$<$ 0,001

Observa-se que há uma diminuição em valores absolutos e com diferenças estatisticamente significativa do primeiro *set* para o segundo e para o terceiro. Essas diminuições, com base no conceito de fadiga, demonstram que os voluntários atingiram níveis de exaustão, caracterizando a fadiga.

Na tabela 15 são apresentados os resultados dos marcadores salivares para cada método de recuperação em cada momentos de recolha.

**Tabela 15:** Resultados dos marcadores salivares para cada método de recuperação em cada momento de recolha (médias e DP).

		ACT	IPC	GUN			ACT	IPC	GUN
<b>Testosterona</b> (pg.mL <sup>-1</sup> )	<b>Pré</b>	169,66 ±42,4	181,58 ±89,7	173,65 ±63,0	<b>Cortisol</b> (pg.mL <sup>-1</sup> )	<b>Pré</b>	126,87 ±78,7	131,46 ±86,8	186,2 ±119,0
	<b>Pós</b>	159,78 ±58,1	165,27 ±55,5	202,77 ±80,8		<b>Pós</b>	275,21 ±125,3	294,32 ±188,7	255,67 ±116,7
	<b>1H</b>	171,93 ±54,8	152,94 ±66,6	171,37 ±62,9		<b>1H</b>	208,25 ±101,9	221,07 ±131,6	190,4 ±77,5
	<b>24H</b>	158,90 ±62,5	142,85 ±48,6	146,97 ±49,5		<b>24H</b>	125,82 ±86,8	235,32 ±129,7	203,61 ±106,5
<b>Alfa Amilase</b> (U.mL <sup>-1</sup> )	<b>Pré</b>	62,45 ±50,4	63,94 ±43,9	58,87 ±40,6	<b>Rácio T/C</b> (AU)	<b>Pré</b>	1,72 ±0,86	2,02 ±1,68	1,21 ±0,72
	<b>Pós</b>	76,67 ±74,6	92,76 ±72,7	80,51 ±73,4		<b>Pós</b>	0,75 ±0,59	0,75 ±0,48	0,98 ±0,75
	<b>1H</b>	66,64 ±46,5	90,46 ±84,6	71,50 ±49,8		<b>1H</b>	1,06 ±0,78	1,24 ±1,88	1,07 ±0,66
	<b>24H</b>	94,60 ±47,5	82,87 ±65,1	71,18 ±54,5		<b>24H</b>	2,02 ±1,71	0,91 ±0,74	0,90 ±0,51

Ao se observar o cortisol ao longo do tempo nos 4 momentos de recolha (Figura 26A), nota-se o aumento de suas concentrações, para todos os grupos de recuperação, nas medições imediatamente após o TF, assim como diminuição das mesmas uma hora após o TF. Passadas 24 horas do TF, há ainda um decréscimo das concentrações do grupo ACT, enquanto as demais recuperações apresentam um aumento nas concentrações de cortisol. Com análise através do teste de Friedman (Tabela 16), só houve diferença significativa para o cortisol do grupo da recuperação ativa ( $p = 0,001$ ).

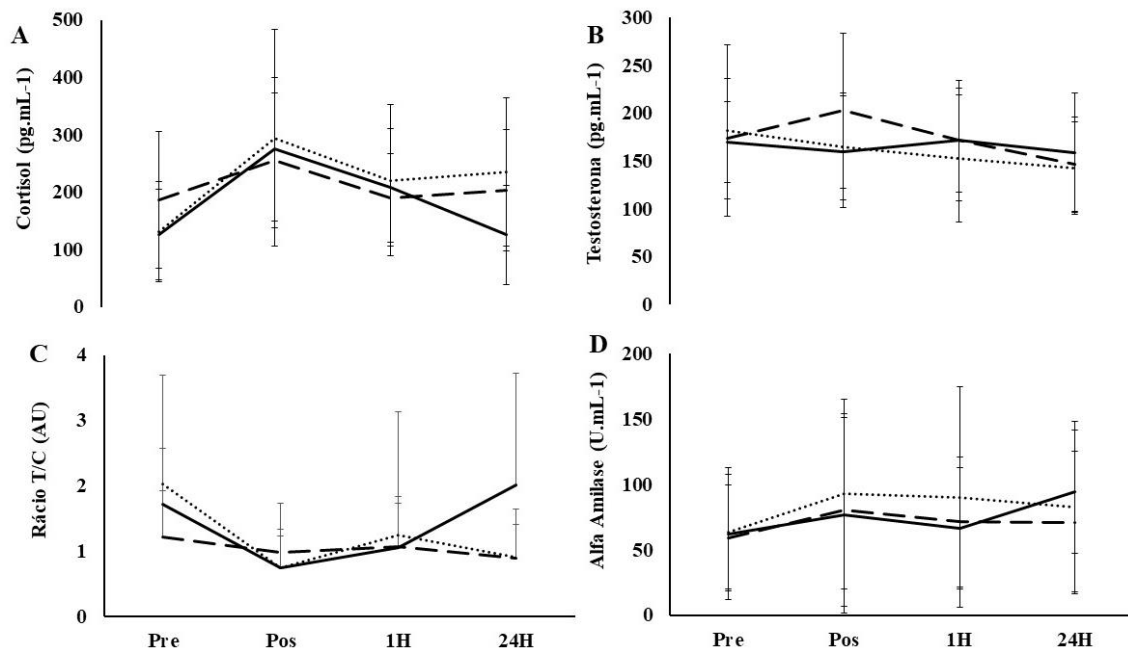
Contudo, quando ajustada a análise pelo teste de *post-hoc* de Bonferroni, as diferenças significativas apresentam-se do momento Pré TF para o imediatamente após ( $p = 0,004$ ) e do imediatamente após para o após 24H ( $p = 0,002$ ).

A testosterona (Figura 26B) após o TF, em comparação com sua *baseline*, apresentou diminuição das suas concentrações para ACT e IPC, enquanto houve aumento na recuperação GUN. Nas medições feitas 1h e 24H após TF, houve uma diminuição contínua das concentrações de testosterona para IPC e GUN, porém, ACT apresentou um aumento dessas concentrações após 1H e uma diminuição na medição de 24H. Quando analisada através do teste de Friedman (Tabela 16), a testosterona não apresentou diferenças significativas para nenhuma das recuperações ao longo do tempo (ACT:  $X^2(3) = 1,711$ ;  $p = 0,634$  / IPC:  $X^2(3) = 5,560$ ;  $p = 0,135$  / GUN:  $X^2(3) = 6,840$ ;  $p = 0,077$ ).

O T/C apresentou (Figura 26C), para todas as recuperações, diminuição imediatamente após TF quando comparado ao Pre, seguido de um aumento nas medições feitas em 1H. De forma contínua, as medições de 24H comparadas a 1H, apresentaram diminuições para IPC e GUN, enquanto houve aumento para ACT. As diferenças estatisticamente significativas (Tabela 16) apresentam-se somente para o grupo ACT ( $p = 0,029$ ). Quando ajustadas pelo teste de Bonferroni, houve diferença significativa somente entre os momentos Pré e Pós ( $p = 0,043$ ).

Na alfa amilase (Figura 26D), todas as recuperações apresentaram aumentos em suas concentrações imediatamente após TF, assim como diminuições, ainda que mínimas, na recolha 1H. Foram encontradas discrepâncias nas medições realizadas 24 horas após o TF. As concentrações de sAA aumentaram para ACT, enquanto as concentrações de IPC apresentaram retrações e as de GUN se mantiveram semelhantes à recolha anterior (1H). Mesmo assim, não foram encontradas diferenças significativas (Tabela 16) ao longo dos momentos de recolha para nenhuma das 3 recuperações.





**Figura 26:** Curva das análises dos marcadores salivares de cada grupo ao longo do tempo. Cortisol (A), Testosterona (B), Rácio Testosterona-Cortisol (C) e Alfa Amilase (D).

**Tabela 16:** Teste estatístico de Friedman entre os momentos de recolha para cada recuperação, com ajuste pelo teste de *post-hoc* de Bonferroni. sT: testosterona; sC: cortisol; T/C: rácio testosterona-cortisol; sAA: Alfa Amilase.

		<i>p</i>	Friedman	Pre-Pos	Pre-1H	Pre-24H	Pos-1H	Pos-24H	1H-24H
sT	ACT	0,634	1,711	---	---	---	---	---	---
	IPC	0,135	5,560	---	---	---	---	---	---
	GUN	0,077	6,840	---	---	---	---	---	---
sC	ACT	0,001	17,640	0,004	0,203	1,000	1,000	0,002	0,142
	IPC	0,140	5,480	---	---	---	---	---	---
	GUN	0,139	5,500	---	---	---	---	---	---
T/C	ACT	0,029	9,000	0,043	0,538	1,000	1,000	0,142	1,000
	IPC	0,118	5,880	---	---	---	---	---	---
	GUN	0,308	3,600	---	---	---	---	---	---
sAA)	ACT	0,109	6,060	---	---	---	---	---	---
	IPC	0,801	1,000	---	---	---	---	---	---
	GUN	0,764	1,154	---	---	---	---	---	---

Quando comparadas as recuperações entre si em cada um dos momentos de recolha (Tabela 17), com exceção das concentrações de cortisol nas avaliações de 24H,

não houve diferença significativa entre os 3 métodos de recuperação em cada um dos momentos de recolha. No caso do cortisol na avaliação de 24H, quando comparada por pares, a diferença estatisticamente significativa se aplicou somente entre as recuperações ACT e IPC ( $p = 0,043$ ) com concentrações menores para ACT (ACT:  $125,82 \pm 86,8$  pg.mL<sup>-1</sup>; IPC:  $235,32 \pm 129,7$  pg.mL<sup>-1</sup>).

**Tabela 17:** Teste estatístico de Kruskal-Wallis entre as recuperações em cada momento de recolha, com ajuste pelo teste de *post-hoc* de Bonferroni.

	Recolha	Kruskal-Wallis	<i>p</i>	Bonferroni		
				ACT-IPC	ACT-GUN	IPC-GUN
Cortisol	Pré	2,223	0,329	---	---	---
	Pós	0,253	0,881	---	---	---
	1H	0,101	0,951	---	---	---
	24H	6,846	0,033	0,043	0,132	1,000
Testosterona	Pré	0,094	0,954	---	---	---
	Pós	1,846	0,397	---	---	---
	1H	1,116	0,572	---	---	---
	24H	1,207	0,547	---	---	---
Rácio T/C	Pré	3,002	0,223	---	---	---
	Pós	2,387	0,303	---	---	---
	1H	0,606	0,739	---	---	---
	24H	5,491	0,064	---	---	---
Alfa Amilase	Pré	0,531	0,767	---	---	---
	Pós	1,068	0,586	---	---	---
	1H	0,195	0,907	---	---	---
	24H	2,330	0,312	---	---	---

#### 4.6.4 Discussão dos Resultados

IPC e GUN são dispositivos que vêm sendo utilizados recentemente com os mais variáveis objetivos, contudo, com objetivo de se acelerar e diminuir o tempo de recuperação após esforço físico, poucos estudos utilizaram exercícios de resistência muscular até a fadiga e investigaram as respostas de marcadores salivares ao implemento de recuperação física com estes dispositivos.

O estudo se limitou a uma amostra reduzida de 15 voluntários, sendo todos homens jovens praticantes de desporto, e a marcadores salivares relacionados ao stress físico.

O presente estudo não encontrou efeitos estatisticamente significativos de nenhum dos 3 métodos de recuperação sobre a secreção da alfa amilase, seja após 1H ou 24H após o TF. Foram observados aumentos nas concentrações de alfa amilase nas medições imediatamente após o TF para os 3 grupos, contudo, não foram estatisticamente significativas. Esperava-se um aumento significativo na secreção de sAA por ser um dos marcadores salivares relacionados ao stress e a indicar acentuação na atividade do SNA (Honceriu et al, 2021; Hayes et al, 2015; Casanova et al, 2015) Tais achados corroboram os encontrados por Costa et al (2012) e Rosa et al (2013) onde há um aumento na secreção de sAA mas sem haver aumento significativo comparado ao mensurados na *baseline*. Porém, outros estudos (Collins et al, 2019; McKune et al, 2014; Koibuchi & Suzuki, 2014; Chiodo et al, 2011) demonstram tal aumento significativo esperado em relação as concentrações de sAA. Quanto à normalização esperada pelo impacto dos métodos de recuperação, mesmo sem haver diferenças significativas das concentrações de sAA nos momentos pré e pós TF nas 3 recuperações, ACT apresentou-se controversa com concentrações absolutas aparentemente já normalizadas em 1H, mas acentuadas com 24H. IPC e GUN apresentaram diminuições contínuas para sAA, mas ainda sem atingirem valores de concentrações absolutas próximas às de repouso. O retorno das concentrações de sAA ao níveis observados em repouso e descrito em diversos estudos com diversos modelos de recuperação (Roberts et al, 2019; Collins et al, 2019; McKune et al, 2014; Gallina et al, 2011; Chiodo et al, 2011; Walsh et al, 1999), mas onde se observa uma discutível variação quanto ao tempo despendido para a “normalização” das concentrações de sAA, que variam desde 30 minutos até 24 horas após o exercício.

Mesmo sem haver diferenças significativas entre os métodos de recuperação e ao longo do tempo, a testosterona pareceu apresentar-se instável quando observados os níveis de concentrações absolutos. Enquanto para ACT e IPC há um diminuição das concentrações da sT imediatamente após TF, GUN apresenta um aumento na secreção desta. Ao ser observada após 1H em relação ao imediatamente após TF, há uma diminuição nos grupos de IPC e GUN e, em contrapartida, um aumento da sT para ACT. Somente após 24H as 3 recuperações apresentam decréscimo nas concentrações de sT, comparadas à 1H, mas com níveis absolutos menores que aos mensurados em repouso,

mesmo que sendo estatisticamente similares. Com os valores das concentrações de testosterona aumentadas imediatamente após exercício físico com descrito por alguns estudos (Collins et al, 2019; Russell et al, 2017; Shearer et al, 2015) mas sem haver alterações significativas em alguns outros (Sparkes et al, 2020; Russell et al, 2017), o uso da sT pode parecer controverso mas as alterações de suas concentrações vão depender da intensidade e duração do exercício (Lopes et al, 2020; Peñailillo et al, 2015) como no estudo de Hough et al (2021) que demonstra a confiabilidade da sT em protocolo de teste de alta intensidade no ciclismo para apontar o *overtraining*.

Por ser a principal hormona catabólica e relacionado ao stresse físico (Lindsay et al, 2015; McLellan et al, 2011), o cortisol confirmou a hipótese de seu aumento de concentrações nas mensurações imediatamente após o TF, como em estudos como os de Hough et al (2021), Lindsay et al (2015) e Dimitriou et al (2015), ainda que estatisticamente significativa só para o grupo ACT. As concentrações de sC mensuradas após 1H do TF apresentaram diminuição dos seus valores absolutos, comparadas às de imediatamente após TF, mas sem haver diferenças significativas. Isto demonstra que parece não haver impacto agudo de nenhuma das 3 recuperações sobre o sC. Porém, após 24H, há uma diminuição contínua dessas concentrações no grupo ACT que apresenta diferença significativa em relação ao sC de imediatamente após TF e concentrações similares às encontradas em repouso (Pré:  $126,87 \pm 78,7$  pg.mL<sup>-1</sup>; Pós:  $275,21 \pm 125,3$  pg.mL<sup>-1</sup>; 24H:  $125,82 \pm 86,8$  pg.mL<sup>-1</sup>). Um aumento significativo na concentrações de sC foram mensuradas em 20 corredores após a realização de uma prova de maratona, quando comparadas as concentrações mensuradas no dia anterior. Metade dos corredores, após a maratona e de forma aleatória, fez ingestão de um *blend* de cereja e os demais de uma substância placebo com objetivo de recuperação, contudo, apesar de haver após 24 horas um retorno aos níveis de repouso o sC, não se apresentaram diferenças entre os grupos de recuperação (Dimitriou et al, 2015). Em estudo a comparar recuperação com frio imersão (CWI) e de forma passiva (Lindsay et al, 2017), se observa o aumento do sC após sessão de treino de preparação de MMA (*Mixed Martial Arts*), mas quando submetidos à CWI há uma diminuição e volta aos níveis de repouso do sC após 2 horas, o que não ocorre quando submetidos a recuperação passiva. Contudo, ambas as recuperações apresentavam retorno aos níveis de “normalidade” de sC após 24 horas. As intensidades dos exercícios, assim como na testosterona, implicam em diferentes respostas na ativação e secreção do cortisol (Hough et al, 2021), como descrito por VanBruggen et al (2011)

onde não se observou diferenças nas concentrações de sC em exercício de baixa e média intensidades, relacionadas ao  $VO_2\text{max}$ , mas com modificações significativas com intensidade elevada imediatamente após ( $p = 0,005$ ) e após 30 minutos ( $p = 0,007$ ).

Também foi encontrada uma diferença significativa no rácio T/C da ACT entre pré e pós TF, talvez sobre influência das alterações encontradas nas concentrações de sC, assim como nas comparações entre o imediatamente após e 24H. Resultados semelhantes foram encontrados na comparação entre recuperação com uso ECP (external counterpulsation) (Collins et al, 2019), similar à IPC, e com efeito placebo, onde não havia insuflação do equipamento. Contudo, não foram observadas diferenças entre as condições, como ocorreu neste estudo onde houve diferença significativa entre ACT e IPC ( $p = 0,043$ ) 24H após TF. Da mesma forma, ao comparar a recuperação com crioterapia de corpo inteiro com grupo controlo (Russell et al, 2017) com diferenças significativas ao longo do tempo, mas não ao comparar os grupos de recuperação. A diminuição significativa das concentrações de sC, junto a um T/C mais elevado, mesmo não sendo estatisticamente significativo, após 24H em comparação às encontradas após TF, podem indicar uma diminuição no processo catabólico e um aumento da síntese proteica por parte da ACT.

#### **4.6.5 Conclusão**

De forma geral, ACT ainda parece ser um método de recuperação impactante, principalmente sobre o cortisol e rácio T/C levando de forma rápida ao equilíbrio anabolismo / catabolismo. Com os achados deste estudo, IPC e GUN, uma vez que poucas diferenças significativas em relação à ACT foram estabelecidas, parecem ter potencialidade como equipamentos na finalidade de se reduzir o tempo de recuperação e restaurar níveis hormonais relacionadas ao stresse, metabolismo proteico e composição corporal e força muscular.

As consequências em resposta ao exercício físico, e suas intensidades, sobre o stresse bioquímico, hormonal e metabólico já se encontra amplamente discutido e descrito na literatura, havendo uma lacuna sobre o impacto provocado pelas diversas metodologias de recuperação após exercício físico fatigante. O uso da IPC como meio de

recuperação vêm sendo realizado há algum tempo, porém poucos estudos foram realizados, algo que se torna raro quando referenciado o uso da “pistola massajadora” com objetivo de recuperação.

É indicado um maior número de estudos que possam elucidar sobre as respostas às recuperações, seus tempos de aplicação e respostas que “normalização” das concentrações desses biomarcadores que ainda se apresentam emblemáticos, necessitando esclarecimentos.

#### 4.6.6 Referências

Allen, D.G. & Westerblad, H. (2001) Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *The Journal of Physiology*. 536 (3), 657-665. Available from: doi: 10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00657.x

Barnett, A. (2006) Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. Does it help? *Sports Med*. 39(9), 781-796. Available from: doi: 10.2165/00007256-200636090-00005

Bigland-Ritchie, B., Furbush, F. & Woods, J.J. (1986) Fatigue of intermittent submaximal voluntary contractions: central and peripheral factors. *J Appl Physiol*. 61 (2), 421-429. Available from: 10.1152/jappl.1986.61.2.421

Casanova, N., Palmeira-de-Oliveira, A., Reis, V.M., Serra, N.C., et al. (2015) Respostas Hormonais da testosterona e do cortisol em contexto competitivo: uma revisão sistemática. *Motricidade*. [Online] 11 (4), 151-162. Available from: doi:10.6063/motricidade.6328

Cernych M., Baranauskiene N., Vitkauskiene A., Sata A. & Brazaitis M. (2019) Accelerated muscle contractility and decrease muscle steadiness following sauna recovery do not induce greater neuromuscular fatigability during sustained submaximal contractions. *Human Movem Sci*. 63, 10-19. Available from: doi: 10.1016/j.humov.2018.11.009

- Cheatham, S.W., Baker, R.T., Behm, D.G., Stull, K. & Kolber, M.J. (2021) Mechanical percussion devices: a survey of practice patterns among healthcare professionals. *Int J Sports Phys Therapy*. 16(3), 766-777. Available from: doi: 10.26603/001c.23530.
- Chiodo S., Tessitore A., Cortis C., Cibelli G., Lupo C., Ammendolia A., De Rosas M. & Capranica L. (2011) Stress-related hormonal and psychological changes to official youth Taekwondo competitions. *Scand J Med Sci Sports*. 21, 111-119. Available from: doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01046.x
- Collins, R., McGrath, D., horner, K., Eusebi, S., et al. (2019) Effect of external counterpulsation on exercise recovery in team sport athletes. *Int J Sports Med*. 40(8), 511-518. Available from: doi: 10.1055/a-0923-9144
- Costa, R.J.S.; Fortes, M.B.; Richardson, K.; Bilzon, J.L.J. & Walsh, N.P. (2012) The effects of postexercise feeding on saliva antimicrobial proteins. *Int J Sport Nutr Exerc Metabol*. 22(3), 184-191. Available from: doi: 10.1123/ijnsnem.22.3.184
- Davis, H.L., Alabed, S. & Chico, T.J.A. (2020) Effect of sports massage on performance and recovery: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exerc Med*. 6 (e000614). Available from: doi: 10.1136/bmjsem-2019-000614
- Dimitriou, L.; Hill, J. A.; Jehnali, A.; Dunbar, J.; Brouner, J.; McHugh, M. P.; Howatson, G. (2015) influence of monmorency cherry juice blend on indices of exercise-induced stress and upper respiratory tract symptoms following marathon running – a pilot investigation. *J Int Society Sports Nutr*. 12(22). Available from: doi: 10.1186/s12970-015-0085-8
- Draper, S.N., Kullman, E.L., Sparks, K.E., Little, K. & Thoman, J. (2020) Effects of intermittent pneumatic compression on delayed onset muscle soreness (DOMS) in long distance runners. *Int J Exerc Sci*, 13(2), 75-86.

- Enoka, R.M. & Stuart, D.G. (1992) Neurobiology of Muscle Fatigue. *J Appl Physiol* 72 (5), 1631-1648. Available from: doi: 10.1152/jappl.1992.72.5.1631
- Farjallah, M.A.; Hammouda, O.; Zouch, M.; Ghatassi, K.; Graja, A.; Driss, T.; Chamari, K.; Souissi, N. (2018) Effect of melatonin ingestion on physical performance, metabolic responses, and recovery after an intermittent training session. *Physiol Int*, 105(4), 358-370. Available from: doi: 10.1556/2060.105.2018.4.24
- Gallina S., Di Mauro M., D'Amico M.A., D'Angelo E., Sablone A., Di Fonso A., Bascelli A., Izzicupo P. & Di Baldassarre. (2011) Salivary chromogranin A, but not  $\alpha$ -amylase, correlates with cardiovascular parameters during high-intensity exercise. *Clinical Endocrinol.* 75, 747-752. Available from: doi: 10.1111/j.1365-2265.2011.04143.x
- García-Sillero, M., Jurado-Castro, J.M., Benítez-Porres J. & Vargas-Molina, S. (2021) Acute effects of a percussive massage treatment on a movement velocity during resistance training. *Int J Environ Res Public Health*, 18(15), 7726. Available from: doi: 10.3390/ijerph18157726
- Granger, D.A., Kivlighan, K.T., Sheikh, M., Gordis, E.B. & Stroud, L.R. (2007) Salivary  $\alpha$ -amylase in biobehavioral research: recent developments and applications. *Ann N Y Acad Sci.* 1098, 122-144. Available from: doi: 10.1196/annals.1384.008
- Hagstrom, A.D. & Shorter, K.A. (2018) Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the contact codes of football: A systematic review and meta-analysis of pre- and post-match differences. *Eur J Sport Sci.* 18 (9), 1234-1244. Available from: doi: 10.1080/17461391.2018.1480661
- Hauswirth, C. & Mujika, I. (2013) Recovery for performance in sports. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.



- Hayes, L.D., Grace, F.M., Baker, J.S. & Sculthorpe, N. (2015) Exercise-induced responses in salivary testosterone, cortisol, and their ratios in men: a meta-analysis. *Sports Medicine*. 45 (5),713-726. Available from: doi: 10.1007/s40279-015-0306-y
- Hoffman, M. D., Badowski, N., Chin, J., & Stuenkel, K. J. (2016) A Randomized Controlled Trial of Massage and Pneumatic Compression for Ultramarathon Recovery. *J Orthop Sports Physical Therapy*, 46(5), 320-326. Available from: doi: 10.2519/jospt.2016.6455
- Honceriu, C., Curpan, A., Ciobica, A., Trus, C. & Timofte, D. (2021) Connections between different sports and ergogenic aids-focusing on salivary cortisol and amylase. *Medicina*. 57, 573. Available from: doi: 10.3390/medicina57080753
- Hough, J., Leal, D., Scott, G., Taylor, L., Townsend, D. & Gleeson, M. (2021) Reliability of salivary cortisol and testosterone to a high-intensity cycling protocol to highlight overtraining. *J Sports Sci*. 39(18), 2080-2086. Available from: doi: 10.1080/02640414.2021.1918362
- Koibuchi, E. & Suzuki, Y. (2014) Exercise upregulates salivary amylase in humans (review). *Experim Therap Med*. 7(4), 773-777. Available from: doi: 10.3892/etm.2014.1497
- Konrad, A., Glashüttner, C., Reiner, M.M., Bernsteiner, D. & Tilp, M. (2020) The acute effects of a percussive massage treatment with a hypervolt device on plantar flexor muscles' range of motion and performance. *J Sports Sci Med*. 19(4):690-694.
- Lindsay, A.; Carr, S.; Cross, S.; Petersen, C.; Gieseg, S. P. (2017) The physiological response to cold water immersion following a mixed martial arts training session. *Appl Physiol Nutr Metab*. 42(5), 529-536. Available from: doi: 10.1139/apnm-2016-0582

- Lindsay, A.; Lewis, J.; Scarrot, C.; Draper, N.; Giese, S. P. (2015) Changes in acute biochemical markers of inflammatory and structural stress in rugby union. *J Sports Sci.* 33(9), 882-891. Available from: [10.1080/02640414.2014.971047](https://doi.org/10.1080/02640414.2014.971047)
- Lopes, R.F., Minuzzi, L.G., Figueiredo, A.J., Gonçalves, C., et al. (2020) Upper respiratory symptoms (URS) and salivary responses across a season in youth soccer players: a useful and non-invasive approach associated to URS susceptibility and occurrence in young athletes. *PLoS ONE.* 15(8). Available from: [doi: 10.1371/journal.pone.0236669](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236669)
- Lorist, M.M., Kernell, D. & Meijman, T.F. (2002) Zijdewind I. Motor fatigue and cognitive task performance in humans. *The Journal of Physiology.* 545 (1), 313-319. Available from: [doi: 10.1113/jphysiol.2002.027938](https://doi.org/10.1113/jphysiol.2002.027938)
- Martin, J.S., Friedenreich, Z.D., Borges, A.R. & Roberts, M.D. (2015) Acute effects of peristaltic pneumatic compression on repeated anaerobic exercise performance and blood lactate clearance. *Journal of Strength Conditioning Research.* 29 (10), 2900-2906. Available from: [doi: 10.1519/JSC.0000000000000928](https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000928)
- McKune A.J., Bach C.W., Semle S.J. & Dyer B.J. (2014) Salivary cortisol and  $\alpha$ -amylase responses to repeated bouts of downhill running. *Am J Human Biol.* 26(6), 850-855. Available from: [doi:10.1002/ajhb.22605](https://doi.org/10.1002/ajhb.22605)
- McLellan, C.; Lovell, D. I. & Gass, G. C. (2011) Markers of post-match fatigue in professional rugby league players. *J Strength Cond Res.* 25(4), 1030-1039. Available from: [10.1519/JSC.0b013e3181cc22cc](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc22cc)
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Urhausen, A. (2013) Prevention, Diagnosis, and Treatment of the Overtraining Syndrome: Joint Consensus Statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 45(1), 186-205. Available from: [doi: 10.1249/MSS.0b013e318279a10a](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a)

- Northey, J. M., Rattray, B., Argus, C. K., Etxebarria, N., & Driller, M. W. (2016) Vascular Occlusion and Sequential Compression for Recovery After Resistance Exercise. *J Strength Cond Res*, 30(2), 533-539. Available from: doi: 10.1519/JSC.0000000000001080
- OMS – Organização Mundial de Saúde. (2004) The International Classification of adult underweight, overweight and obesity according to BMI. Genebra. Disponível em: [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html) Acesso em: 30 de abril de 2016.
- Peake, J.M., Neubauer, O., Walsh, N.P., & Simpson, R.J. (2017) Recovery of immune system after exercise. *J Appl Physiol*. 122(5), 1077-1087. Available from: doi: 10.1152/jappphysiol.00622.2016
- Peñailillo, L., Maya, L., Ninõ, G., Torres, H., et al. (2015) Salivary hormones and IgA in relation to physical performance in football. *J Sports Sci*. 33(20), 2080-2087. Available from: doi: 10.1080/02640414.2015.1064151
- Roberts, L.A.; Caia, J.; James, L.P.; Scott, T.J. & Kelly, V.G. (2019) Effects of external counterpulsation on postexercise recovery in elite rugby league players. *Int J Sports Physiol Perform*. 14(10), 1350-1356. Available from: doi: 10.1123/ijsp.2018-0682
- Rosa, L.; Teixeira, A.B.S.; Lira, F.S.; Tufik, S.; Mello, M.T. & Santos, R.V.T. (2013) Moderate acute exercise (70% VO<sub>2</sub> peak) induces TGF- $\beta$ ,  $\alpha$ -amylase and IgA in saliva during recovery. *Oral Diseases*. 20(2), 186-190. Available from: doi: 10.1111/odi.12088
- Russell, M.; Birch, J.; Love, T.; Cook, C. J.; Bracken, R. M. Taylor, T.; Swift, E.; Cockburn, E.; Finn, C.; Cunningham, D.; Wilson, L.; Kilduff, L. (2017) The effects of a single whole-body cryotherapy exposure on physiological performance, and perceptual responses of professional academy soccer players

after repeated sprint exercise. *J Strength Cond Res.* 31(2), 415-421. Available from: doi: 10.1519/JSC.0000000000001505

Shearer, D. A.; Kilduff, L. P.; Finn, C.; Jones, R. M.; Bracken, R. M.; Mellalieu, S. D.; Owen, N.; Crewther, B. T.; Cook, C. J. (2015) Measuring recovery in elite rugby players: the brief assessment of mood, endocrine changes, and power. *Res Quaterly Exerc Sport.* 86(4), 379-386. Available from: doi: 10.1080/02701367.2015.1066927

Sparkes, W.; Turner, A. N.; Weston, M.; Russel, M.; Johnston, M. J.; Kilduff, L. P. (2020) The effect of training order on neuromuscular, endocrine and mood response to small-sided games and resistance training sessions over a 24-h period. *J Sci Med Sports.* 23(9), 866-871. Available from: doi: 10.1016/j.jsams.2020.01.017

Tran, K. & Argáez, C. (2017) Intermittent pneumatic compression devices for the management of lymphedema: a review of clinical effectiveness and guidelines. Ottawa (ON): CADTH

VanBruggen, M. D.; Hackney, A. C.; McMurray, R. G.; Ondrak, K. S. (2011) The relationship between serum and salivary cortisol levels in response to different intensities of exercise. *Int J Sports Physiol Perform.* 6(3), 396-407. Available from: doi: 10.1123/ijsp.6.3.396

Vollestad, N.K. (1997) Measurement of human muscle fatigue. *J Neuroscience methods.* 74 (2), 219-227. Available from: doi: 10.1016/S0165-0270(97)02251-6

Walsh, N.P., Gleeson, M., Shephard, R.J., Gleeson, M., et al. (2011) Position statement: part one: immune function and exercise. *EIR.* 17, 6-63.

Walsh, N.P.; Blannin, A.K.; Clark, A.M.; Cook, L.; Robson, P.J. & Gleeson, M. (1999) The effects of high-intensity intermittent exercise on saliva IgA, total protein, and  $\alpha$ -amylase. *J Sports Sci.* 17 (2), 129-134. Available from: doi: 10.1080/026404199366226.

Williams, C. & Ratel, C. (2009) *Human Muscle Fatigue*. New York (NY), Routledge – Taylor & Francis Group.

Zhang, D., Li, F., Li, X. & Du, G. (2018) Effect of intermittent pneumatic compression on preventing deep vein thrombosis among stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Worldviews Evid Based Nurs*, 15(3), 189-196.

## **Discussão Geral**

---

### Capítulo 5

## **5. Discussão Geral**

Com a finalização dos seis estudos, fica a necessidade da discussão dos resultados a responder os objetivos anteriormente descritos, o que se apresenta em seguida.

### **5.1 Revisão Sistemática do uso da IPC como meio de recuperação (Estudo 1)**

Há algumas décadas que potencialização para uma recuperação mais rápida está a ser estudada e testada através de diversas metodologias e a se utilizar diferentes equipamentos e técnicas, não só para otimização da performance do atleta como para o ideal de se tentar prevenir intercorrências que venham a instalar quadros de dores e inabilidade física, que ponham em risco a saúde do atleta e o afastem de prática do desporto (Hauswirth & Mujika, 2013; Pastre, 2009; Barnett, 2006). A IPC, largamente utilizada para o favorecimento do retorno venoso e no tratamento de diversas condições enfermias, vêm sendo adotada como meio de recuperação (Heapy, 2018; Overmayer, 2017; Cochrane, 2013).

Os resultados do Estudo 1 mostram que, mesmo sendo utilizada de forma ampla na área desportiva, a IPC apresenta poucas evidências científicas, tendo sido encontrados, após busca criteriosa, um número de somente seis estudos. A aplicação de equipamentos de diferentes composições, como os de quatro câmaras e os de 5 câmaras, podem resultar em respostas diferentes para cada variável, assim como em relação ao tempo de aplicação e as pressões impostas em cada câmara (Heapy et al, 2018; Hoffman et al, 2016; Martin et al, 2015; Cochrane et al, 2013).

Outro fator que influenciou para as dúvidas a respeito do uso da IPC na recuperação, como variáveis de confundimento, foi a diversidade de testes que levariam os atletas à fadiga, a exaustão, mesmo em um número pequeno de estudos. Da mesma forma os objetos de comparação, as demais formas de recuperação empregadas, massagem, oclusão vascular e a recuperação passiva, acabam por ser uma carência como comparação. Há a necessidade de uma comparação mais ampla com as diversas

metodologias empregadas para a recuperação, principalmente a recuperação ativa, que é a mais empregada no desporto, ou a imersão em água fria, também amplamente difundida.

## **5.2 Revisão Sistemática dos Marcadores Salivares usados nos Períodos de Recuperação (Estudo 2)**

Os marcadores salivares têm sido usados como alternativa não invasiva. Respostas imunológica, hormonais e enzimáticas sofrem impacto quando da resposta à aplicação de exercícios físicos extenuantes.

No estudo 2, com objetivo de se observar os marcadores salivares mais utilizados e suas respostas aos exercícios físicos e aos meios de recuperação implementados, 13 estudos foram selecionados para revisão sistemática e análise. Os marcadores salivares mais utilizados foram as hormonas de cortisol e testosterona, assim como o rácio entre elas. A IgA foi outro marcador salivar utilizado por ser um dos principais componentes da “linha de frente” de proteção imunológica do organismo. Outros marcadores salivares (IgG, alfa-amilase e melatonina) também foram usados, porém em um número minoritário de estudos.

Os estudos apresentaram variações significativas dos marcadores salivares, contudo as respostas às recuperações, mesmo quando não se apresentou a aplicação de um método de recuperação, somente um medição salivar após um certo período de tempo após o exercício, são de consistência inconclusiva em relação aos marcadores salivares utilizados. O tipo de exercício, intensidade, duração, assim como outras variáveis, podem ter influenciado nos resultados obtidos em cada um dos estudos selecionados para esta revisão sistemática.



### 5.3 Influência das “Botas de Compressão” sobre a Performance (Estudo 3)

Com base no objetivo e nas respostas encontradas no Estudo 1, o Estudo 3 pretendia esclarecer sobre o possível impacto da IPC como meio de recuperação após se levar os atletas voluntários a fadiga, assim como compará-la a recuperação ativa.

Pode se observar que nos testes de indução à fadiga, todos os atletas não conseguiram realizar o mesmo número de repetições nos 2º e 3º *sets* como as realizadas no 1º *set*, o que demonstra terem atingido a fadiga muscular, conforme conceituação da própria fadiga (Fitts & Holloszy, 1978; Edwards, 1981; Vollestad, 1997; Bigland-Ritchie, Furbush & Woods, 1986; Enoka & Stuart, 1992; Allen & Westerblad, 2001; Lorist, Kernell & Meijman, 2002; William & Ratel, 2009). Da mesma forma, o aumento significativo das concentrações de lactato medidas após o TF em comparação à medição em repouso, o que demonstra seu acúmulo no fluxo sanguíneo a apontar o esforço exigido para realização do TF.

No que tange às recuperações, ambas apresentaram diminuições significativas para remoção do lactato da corrente sanguínea, porém, com melhores resultados para a recuperação ativa após 20 minutos de recuperação, com maiores percentuais de remoção.

Também para a frequência cardíaca, as duas recuperações apresentaram impacto significativo com intuito de normalização dos batimentos cardíacos, principalmente nos cinco primeiros minutos de aplicação das recuperações e, após vinte minutos, com níveis de normalização e redução significativa nos batimentos cardíacos.

Para avaliar a performance, o uso dos testes de saltos verticais pareceu interessante como se fosse uma tarefa a ser realizada na prática desportiva. A ênfase se deu sobre o teste de repetições de saltos verticais por 30 segundos, anteriormente validado para avaliação da capacidade anaeróbia (Cular, 2018; Dal Pupo, 2014). Nos testes de um único salto vertical, nenhuma das recuperações influenciou significativamente nas alturas atingidas quando da realização do *squat jump*, porém, na realização do *countermovement jump*, o grupo submetido à IPC obteve aumento significativo ( $p=0,043$ ) na altura dos saltos após uma hora do TF em relação aos realizados imediatamente após o TF, contudo ainda com alturas médias inferiores aos realizados em repouso. Apesar de não haver aparente melhora nos testes de impulsão vertical, também foram apresentadas

diminuições significativas nas alturas atingidas como no estudo de Northey *et al* (2016) que fez uso da IPC por um período de tempo muito superior, o de 45 minutos. Para o teste de 30 segundos de saltos verticais, as recuperações não apresentaram melhora significativa na avaliação de uma hora após o TF em comparação a realizada imediatamente após o TF ou em relação às feitas em repouso. Contudo, ao se observar o número de repetições, as alturas médias e máximas atingidas e o tempo médio e máximo do voo dos saltos, não houve variação significativa entre os momentos. Não se obteve a diminuição das variáveis de saltos esperadas após o TF, mesmo com o aumento de lactato, frequência cardíaca e respostas máximas ao RPE e ao LSMS, assim como a recuperação após uma hora, a se manter os mesmo níveis que em repouso. Diferente de Hurr *et al* (2021) que utilizou de momentos breves de cinco minutos de recuperação com colete de resfriamento e encontrou uma diminuição linear significativa ao longo do tempo para as alturas médias dos saltos verticais durante o teste de 30 segundos.

#### **5.4 Influência das “Botas de Compressão” sobre a Testosterona, Cortisol e Alfa-Amilase (Estudo 4)**

No Estudo 4, a se basear no Estudo 2, a análise da testosterona e cortisol se justificou por serem as hormonas mais utilizadas nos estudos com aplicação de recuperação. Sendo a testosterona de grande importância anabólica na síntese proteica e crescimento muscular e o cortisol com função catabólica e com aumento de sua secreção quando da exposição a stresses físicos. A alfa-amilase, assim como cortisol, sofre impacto em suas concentrações em resposta ao stressse físico.

Não se obteve alterações significativas em relação a alfa-amilase ou para o rácio entre testosterona e cortisol em ambos os grupos de recuperação. Tal inatividade para alfa-amilase surpreendeu ao se observar o descrito por Granger (2007) e o aumento durante e após o exercício encontrado por McKune *et al* (2014), Koibuchi & Suzuki (2014) e Collins *et al* (2019). O tempo de retorno aos níveis basais da alfa-amilase parecem ainda serem incertos com divergências a ir dos 30 minutos às 24 horas (Roberts *et al*, 2019; Collins *et al*, 2019; McKune *et al*, 2014; Chiodo *et al*, 2011; Gallina *et al*, 2011; Walsh *et al*, 1999). A não efetividade na aplicação dos dois métodos de recuperação

vão de encontro ao encontrado por Collins *et al* (2019) quando do uso da ECP em que há o aumento das concentrações de alfa-amilase após o exercício e tem sua normalização observada após 24 horas.

O rácio T/C também não apresentou alterações significativas, diferente de Collins *et al* (2019) onde o uso da ECP apresentou valores significativamente menos em relação com as medições após 24 horas. A crioterapia (Russell *et al*, 2017) também apresentou efeito temporal significativo ( $p=0,001$ ), ao contrário do uso da oclusão vascular (Williams *et al*, 2018) que não teve impacto como meio de recuperação ( $p=0,759$ ).

O cortisol, como esperado em sua resposta após o TF, apresentou aumento significativo ( $p=0,037$ ), no grupo da recuperação ativa. Ambas as recuperações apresentaram diminuição nas concentrações de cortisol, porém, estatisticamente se mostrou significante somente para recuperação ativa ( $p=0,019$ ) após 24 horas com relação às respostas imediatamente após o TF. Mas há de se observar uma diminuição expressiva com uso da IPC ( $p=0,061$ ) no mesmo período de tempo. Resultados semelhantes foram observados quando do uso da ECP (Collins *et al*, 2019), do “sumo de cereja” (Dimitriou *et al*, 2015), a CWB (Russell *et al*, 2017) e a CWI (Lindsay *et al*, 2017) com retorno dos níveis de cortisol, após 24 horas, aos medidos anteriormente ao esforço físico. Contudo, a CWI, após duas horas do exercício físico, apresentava melhores respostas em comparação à recuperação passiva ( $p<0,05$ ).

A testosterona, que tem suas concentrações elevadas após atividade fatigante (Shearer *et al*, 2015), confirmou as expectativas com aumento significativo em suas concentrações após o TF, porém, após uma hora e com a aplicação dos métodos de recuperação, somente quando submetidos à IPC apresentaram diminuição significativa em suas concentrações ( $p=0,015$ ). Em ambas as recuperações pode se observar a não existência de diferenças estatísticas entre as análises em repouso e uma hora após TF, o que se presume como uma já normalidade das concentrações de testosterona. Contudo, há que se observar uma diminuição contínua das concentrações após o TF até 24 horas após, onde se observa concentrações significativamente menores para ambas as recuperações (ACT:  $p=0,034$ ; IPC:  $p=0,013$ ) que as recolhidas imediatamente após o TF. Resultados similares foram encontrados ao se utilizar a ECP, e o grupo controlo, como método de recuperação (Collins *et al*, 2019) ao comparar o pós 24 horas e o imediatamente após o exercício, assim como no uso da oclusão vascular ao ser comparada

ao grupo controle (Williams *et al*, 2018). No caso da WBC (Russell *et al*, 2017), esta influenciou na recuperação das concentrações de testosterona com duas e 24 horas após o exercício.

### **5.5 Influência de Três Métodos de Recuperação após Teste de Força Fatigante (Estudo 5)**

No estudo 5, se tinha o objetivo de investigar as respostas agudas dos dispositivos de IPC e GUN como meios de recuperação após um teste de exercício de força contínuo até a fadiga, e compará-los à recuperação ativa, já estabelecida e amplamente utilizada.

Assim como no estudo 3, com base nos conceitos de fadiga (Fitts & Holloszy, 1978; Edwards, 1981; Vollestad, 1997; Bigland-Ritchie, Furbush & Woods, 1986; Enoka & Stuart, 1992; Allen & Westerblad, 2001; Lorist, Kernell & Meijman, 2002; William & Ratel, 2009), esta foi atingida, vista a a diminuição no número de repetições atingidas nos 2º e 3º *sets*, comparados aos dos 1º *sets* ( $p < 0,01$ ).

Suas respostas em relação a diminuição nas concentrações de lactato sanguíneo se apresentaram significativas após o décimo minuto da aplicação das recuperações de IPC e GUN, porém, significativamente inferiores às alcançadas com a ACT.

Na frequência cardíaca, uma diminuição gradual quando do uso da ACT se mostrou presente com o incremento de um exercício físico de menor intensidade, diferente, de forma significativa, da diminuição aguda observada na IPC e na GUN. Após 20 minutos de aplicação das três recuperações (25 minutos após TF), todas já apresentaram FC dentro de uma normalidade estatística ( $p > 0,05$ ), ainda que com o número de batimentos cardíacos superiores àqueles observados em repouso antes do TF. Uma resposta com diminuição palatina se faz necessária devido a rápida e natural diminuição no número de batimentos cardíacos em contraponto a velocidade do retorno ao estado de repouso dos vasos que estavam em vasodilatação, o que pode causar desordens cardiovasculares.

As respostas musculares aos testes de impulsão vertical (SJ e CMJ) obtiveram respostas esperadas com suas diminuições nas alturas atingidas após o TF. Contudo, mesmo tendo havido um aumento significativo em ambos os testes na comparação imediatamente após com o 1-hora após TF, ainda se observa diferenças significativa no CMJ entre o Pré e o após 1-hora do TF (ACT = 0,029; IPC = 0,004; GUN = 0,035), o que parece não ter existido uma recuperação completa para os três métodos.

Para o teste de capacidade anaeróbia (30CJ), houve aumento significativo no número de repetições de todos os grupos nas avaliações após 1-hora do TF comparadas as de imediatamente após, contudo somente IPC apresentou aumento significativo nas alturas médias. Demonstra que, mesmo ao se realizar um maior número de saltos durante os 30 segundos de execução do teste, a força despendida se apresentou reduzida mesmo com um aumento nas alturas médias, mas não de forma significativa. Tal fato se observa com as diferenças significativas para todas as recuperações presentes na comparação com as medições realizadas antes do TF.

## **5.6 Três Métodos de Recuperação e seus Impactos sobre Marcadores Salivares após Exercício Fatigante (Estudo 6)**

O sexto estudo teve por objetivo analisar o impacto de dois dispositivos que vêm sendo usados como meios de recuperação após treinos e competições. Também foram comparados com uma das metodologias de recuperação mais difundidas, a ACT.

Semelhante aos demais estudos aqui descritos, com base no conceito de fadiga (William & Ratel, 2009; Lorist, Kernell & Meijman, 2002; Allen & Westerblad, 2001; Enoka & Stuart, 1992; Fitts & Holloszy, 1978), os 15 voluntários atingiram tais condições de fadiga, uma vez que nas séries subsequentes de agachamentos não conseguiram repetir os resultados atingidos na primeira série, havendo diminuição significativa no número de repetições ( $p < 0,001$ ).

As respostas com aumentos das concentrações de cortisol imediatamente após o TF era esperado, apesar de só ter sido significativo para o grupo quando da realização da ACT ( $p < 0,004$ ). A redução com direção a “normalização” de suas concentrações após 1-hora foi observada, ainda que não estatisticamente significativa. Contudo, a

continuidade dessa redução e “normalização” após 24 horas somente é observada na ACT ( $p < 0,002$ ), enquanto nas demais recuperações apresentam um pequena elevação nas concentrações. ACT, 24 horas após TF apresentou níveis mais baixos de concentrações de cortisol, mas sendo significativamente diferente de IPC ( $p < 0,043$ ).

Para a testosterona, por ser hormona anabólica e relacionada a síntese proteica, era esperada uma diminuição de suas concentrações após TF, o que não ocorreu para o grupo GUN, mas ainda sim sem diferenças significativas em qualquer dos momentos de análise ou entre as intervenções de recuperação.

No T/C era esperado uma diminuição após o TF, o que ocorreu, mas sendo significativo somente para ACT ( $p < 0,043$ ). O aumento contínuo após 1 e 24 horas só ocorre de forma acentuada, mas não significativa, para ACT. No caso da GUN parece não haver qualquer influência ao longo do tempo e IPC apresenta uma elevação após 1-hora, mas ainda uma ligeira diminuição com 24 horas.

Como resposta ao stresse físico, o aumento da secreção de alfa amilase esperado foi observado. Porém, de forma inesperada, não há variações significativas da secreção de alfa amilase. Algo que ainda apresenta necessidade de estudos devidas as controvérsias, como as expostas da revisão de Koibuchi e Suzuki (2014), apesar de ser descrito o aumento da secreção salivar em resposta a ativação do SNC pela submissão á exercícios de alta intensidade e fatigantes.

## **Conclusão**

---

### Capítulo 6

## 6. Conclusão

A se observar a conceituação de fadiga muscular, o teste de força muscular com *half back squat*, parece ser um interessante protocolo para a indução da fadiga, haja visto as percepções do voluntários ao responder as Escalas de Percepção de Esforço e a Escala de Dor Muscular, assim como a elevação e acúmulo do lactato e o impacto sobre a frequência cardíaca máxima atingida.

Para as respostas fisiológicas em relação às recuperações de IPC e GUN, ambas foram similares para a normalização da frequência cardíaca e, com relação a remoção do lactato, apesar de apresentarem resultados significativos, ainda sim apresentaram resultados aquém ao obtidos através da recuperação ativa.

Na performance com os testes de impulsão vertical, tanto IPC quanto GUN não apresentaram resultados diferenciais significativos quando comparadas à recuperação ativa, e ainda a apresentar resultados médios inferior nos testes de *squat jump* e *countermovement jump*, nos testes de uma hora após o TF comparados aos medidos em repouso. Da mesma forma, não apresentaram resultados significativos na realização do teste de 30 segundos de impulsões verticais para avaliação da capacidade anaeróbia, com uma inferioridade maior para GUN.

Para os marcadores salivares, parece não haver impacto significativo das três recuperações sobre a testosterona e alfa amilase. Porém, foi observada tal diferença significativa de ACT sobre cortisol após 24 horas e em comparação à IPC, assim como parece haver influência do mesmo método de recuperação sobre o rácio T/C. Tal fato pode indicar a contribuição da ACT para um equilíbrio entre os processos catabólicos e anabólicos em um menor espaço de tempo e com possível acentuação na síntese proteica e restauração dos níveis hormonais.

Assim, chega-se a uma conclusão nesta tese de que tanto as “botas de compressão” como a “pistola massajadora”, mesmo com ampla utilização no meio desportivo como meio de recuperação e os resultados aparentemente positivos neste estudo, não apresentaram impactos significantes que justificasse o implemento e dispêndio com tais dispositivos, quando comparadas à recuperação ativa.



## **6.1 Limitações do Estudo**

Este estudo se limitou a estudantes universitários praticantes de esporte, que tivessem a disponibilidade para que fossem submetidos a um teste fatigante, que o levaria próximo ao esforço extremo, com ideias que pudessem interferir na programação e resultados da época de competições, provas e vida diária.

Os voluntários foram praticantes de diferentes esportes, o que se levou a “criação” de um protocolo de esforço que levasse à fadiga, sem que houvesse riscos a integridade física, e que não resultasse de um dispêndio de tempo a facilitar a aderência dos mesmos ao estudo. Contudo, não houve uma especificidade com vistas aos gestos desportivos.

Também não se levou em conta o stress psicológico, fator que poderia ou pode ter levado às alterações nas respostas fisiológicas e bioquímicas nos momentos de recolha.

Com a intenção de se observar as respostas fisiológicas, bioquímicas e de performance após o uso das “botas de compressão” (IPC) e da “pistola massajadora” (GUN), e ainda comparar com a recuperação ativa, ainda sim as respostas podem ter tido influência por uma considerável quantidade de variáveis, como temperatura e umidade relativa do ar, níveis aptidão física, histórico de treinos, intensidade, duração e especificidade do treino, e fase do planeamento da época desportiva.

## **6.2 Sugestões para Estudos Futuros**

Com intuito de se validar ou contestar os resultados aqui dispostos e se somar para um maior conhecimento científico no que tange aos objetos aqui discutidos, se sugere a execução de novos estudos, com uma amostra de maior quantitativo em um mesmo esporte, assim como a realização das comparações entre os esportes. Se sugere também o implemento de uma maior diversidade de meios que possam acentuar os objetivos das recuperações, assim como uma averiguação mais alargada quanto ao melhor

protocolo a ser utilizado no uso dos dispositivos aqui utilizados (IPC e GUN), e se há a diferença para cada desporto. Por fim, o uso de uma maior diversidade de marcadores bioquímicos, fisiológicos, imunológicos e de performance, assim como um acompanhamento psicológico que pode influenciar, podem vir a trazer maiores elucidções das respostas aos diversos implementos para uma melhor recuperação.

## Referências

---

- ACSM – American College of Sports Medicine. (2018) Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health.
- Akinci, B., Yazgan, Y.Z. & Altinoluk, T. (2020) The effectiveness of three different recovery methods on blood lactate, acute muscle performance, and delayed-onset muscle soreness: a randomized comparative study. *J Sports Med Physical Fit.* 60(3), 345-354. Available from: doi: 10.23736/S0022-4707.19.10142-9
- Allen, D.G. & Trajanovska, S. (2012) The multiple roles of phosphate in muscle fatigue. *Frontiers in Physiology.* 3 (article 463), 1-8. Available from: doi: 10.3389/fphysi.2012.00463
- Allen, D.G. & Westerblad, H. (2001) Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *The Journal of Physiology.* 536 (3), 657-665. Available from: doi: 10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00657.x
- Anderson, T., Haake, S., Lane, A.R., Hackney, A.C. (2016) Changes in resting salivary testosterone, cortisol, and interleukin-6 as biomarkers of overtraining. *Baltic J Sport Health Sci.* 1(100), 2-7. Available from: doi: 10.33607/bjshs.v2i101.49
- Anderson, T. & Wideman, L. (2017) Exercise and the cortisol awakening response: a systematic review. *Sports Medicine.* 3 (37). Available from: doi: 10.1186/s40798-017-0102-3
- Argus, C.K., Broatch, J.R., Petersen, A.C., Polman, R., Bishop, D.J. & Halson, S. (2017) Cold-water immersion and contrast water therapy: no improvement of short-term recovery after resistance training. *Int J Sports Physiol Perform,* 12(7), 886-892. Available from: doi: 10.1123/ijsp.2016-0127

- Ascensão, A., Magalhães, J., Oliveira, J., Duarte, J., Soares, J. (2003) Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação Conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto* [Online] 3 (1), 108-123. Available from: [http://www.fade.up.pt/rpcd/\\_arquivo/artigos\\_soltos/vol.3\\_nr.1/2.3.revisao.pdf](http://www.fade.up.pt/rpcd/_arquivo/artigos_soltos/vol.3_nr.1/2.3.revisao.pdf)
- Atkins,R., Lam, W.K., Scalan, A.T., Beaven, C.M. & Driller, M. (2020) Lower-body compression garments worn following exercise improves perceived recovery but not subsequent performance in basketball athletes. *J Sports Sci.* 38(9), 961-969. Available from: doi: 10.1080/02640414.2020.1737387
- Azzopardi, E., Lloyd, C., Teixeira, S.R., Conlan, S. & Whitaker, I.S. (2016) Clinical applications of amylase: novel perspectives. *Surgery*, 160(1), 26-37. Available from: doi: 10.1016/j.surg.2016.01.005
- Baldari, C., Di Luigi, L., Silva, S.G., Gallotta, M., Emerenziani, G.P., Pesce, C., & Guidetti, L. (2007) Relationship between optimal lactate removal power output and Olympic triathlon performance. *J Strength Conditioning Res*, 21(4), 1160-1165. Available from: doi: 10.1519/r-21336.1
- Baldari, C., Videira, M., Madeira, F., Sergio, J., & Guidetti, L. (2005) Blood lactate removal during recovery at various intensities below the individual anaerobic threshold in triathletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 45(4), 460-466.
- Barnett, A. (2006) Using recovery modalities between training sessions in elite athletes. Does it help? *Sports Med.* 39(9), 781-796. Available from: doi: 10.2165/00007256-200636090-00005
- Bigland-Ritchie, B., Furbush, F. & Woods, J.J. (1986) Fatigue of intermittent submaximal voluntary contractions: central and peripheral factors. *J Appl Physiol.* 61 (2), 421-429. Available from: 10.1152/jappl.1986.61.2.421

- Borg, G. (2000) Escalas de Borg para a Dor e o Esforço Percebido. São Paulo: Editora Manole.
- Brooks, G.A. (1986) The lactate shuttle during exercise and recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. [Online] 18 (3), 360-368. Available from: doi: 10.1249/00005768-198606000-00019
- Cairns, S.P., Knicker, A.J., Thompson, M.W. & Sjøgaard, J. (2005) Evaluation of models used to study neuromuscular fatigue. *Exerc Sport Sci Rev*. 33(1), 9-16. Available from: doi: 0091.6331/3301/9-16
- Cairns, S.P. (2006) Lactic acid and exercise performance. Culprit or friend? *Sports Med*. 36(4), 279-291. Available from: doi: 0112-1642/06/0004-0279
- Casanova, N., Palmeira-de-Oliveira, A., Reis, V.M., Serra, N.C., et al. (2015) Respostas Hormonais da testosterona e do cortisol em contexto competitivo: uma revisão sistemática. *Motricidade*. [Online] 11 (4), 151-162. Available from: doi:10.6063/motricidade.6328
- Cernych M., Baranauskiene N., Vitkauskiene A., Sata A. & Brazaitis M. (2019) Accelerated muscle contractility and decrease muscle steadiness following sauna recovery do not induce greater neuromuscular fatigability during sustained submaximal contractions. *Human Movem Sci*. 63, 10-19. Available from: doi: 10.1016/j.humov.2018.11.009
- Cheatham, S.W., Baker, R.T., Behm, D.G., Stull, K. & Kolber, M.J. (2021) Mechanical percussion devices: a survey of practice patterns among healthcare professionals. *Int J Sports Phys Therapy*. 16(3), 766-777. Available from: doi: 10.26603/001c.23530.

- Cheatham, S.W., Stull, K.R. & Kolber, M.J. (2017) Comparison of a vibrating foam roller and a non-vibrating foam roller intervention on knee range of motion and pressure pain threshold: a randomized controlled trial. *J Sport Rehab.* 28(1):39-45. Available from: doi:10.1123/jsr.2017-0164
- Cheikh, M.; Hammouda, O.; Gaamouri, N.; Driss, T.; Chamari, K.; Cheikh, R. B.; Dogui, M.; Souissi, N. (2018) Melatonin ingestion after exhaustive late-evening exercises improves sleep quality and quantity, and short-term performances in teenage athletes. *Chronobiology Int.* 35(9), 1281-1293. Available from: doi: 10.1080/074205028.2018.1474891
- Chiodo S., Tessitore A., Cortis C., Cibelli G., Lupo C., Ammendolia A., De Rosas M. & Capranica L. (2011) Stress-related hormonal and psychological changes to official youth Taekwondo competitions. *Scand J Med Sci Sports.* 21, 111-119. Available from: doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.01046.x
- Cochrane, D. J., Booker, H. R., Mundel, T., & Barnes, M. J. (2013) Does Intermittent Pneumatic Leg Compression Enhance Muscle Recovery after Strenuous Eccentric Exercise? *Int J Sports Med,* 34, 969-974. Available from: doi: 10.1055/s-0033-1337944
- Collins, R., McGrath, D., horner, K., Eusebi, S., et al. (2019) Effect of external counterpulsation on exercise recovery in team sport athletes. *Int J Sports Med.* 40(8), 511-518. Available from: doi: 10.1055/a-0923-9144
- Costa, R.J.S.; Fortes, M.B.; Richardson, K.; Bilzon, J.L.J. & Walsh, N.P. (2012) The effects of postexercise feeding on saliva antimicrobial proteins. *Int J Sport Nutr Exerc Metabol.* 22(3), 184-191. Available from: doi: 10.1123/ijsnem.22.3.184
- Cox, A.J., Pyne, D.B., Saunders, P.U., Callister, R., et al. (2007) Cytokine responses to treadmill running in healthy and illness-prone athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 39 (11), 1918-1926. Available from: doi: 10.1249/mss.0b013e318149f2aa

- Crowley, M. A. & Matt, K. S. (1996) Hormonal regulation of skeletal muscle hypertrophy in rats: the testosterone to cortisol ratio. *Eur J Appl Physiol.* 73(1): 66-72.
- Cular D., Ivancev V., Zagatto A.M., Milic M., Beslija T., Sellami M. & Padulo J. (2018) Validity and reliability of the 30-s continuous jump for anaerobic power and capacity assessment in combat sport. *Front Physiol.* 9, 543. Available from: doi: 10.3389/fphys.2018.00543
- Cullen, M.L.; Casazza, G.A. & Davis B.A. (2021) Passive recovery strategies after exercise: a narrative literature review of the current evidence. *Curr Sports Med Rep*, 20(7), 351-358.
- Dal Pupo J., Gheller R.G., Duas J.A., Rodacki A.L.F., Moro A.R.P. & Santos S.G. (2014) Reliability and validity of the 30-s continuous jump test for anaerobic fitness evaluation. *J Sci Med Sports.* 17(6), 650-655. Available from: doi: 10.1016/j.jsams.2013.09.007
- Davis, H.L., Alabed, S. & Chico, T.J.A. (2020) Effect of sports massage on performance and recovery: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exerc Med.* 6 (e000614). Available from: doi: 10.1136/bmjsem-2019-000614
- Davis, J.M. & Bailey, S.P. (1997) Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 29 (1), 45-57. Available from: doi: 10.1097/00005768-199701000-00008
- Davis, M.P. & Walsh, D. (2010) Mechanisms of fatigue. *Journal of Supportive Oncology.* 8 (4), 164-174. Available from: Mechanisms\_of\_fatigue20160122-8558-wm6pyk-with-cover-page-v2.pdf (d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net)
- Debold, E.P. (2012) Recent insights into muscle fatigue at the cross-bridge level. *Frontiers in Physiology.* 3 (article 151), 8-21. Available from: doi: 10.3389/fphys.2012.00151.



- Delves, P. J.; Martin, S. J.; Burton, D. R. and Roitt, I. M. (2011) Fundamentos da Imunologia. Rio de Janeiro, Guanabara-Koogan, 12<sup>a</sup> edição.
- Dimitriou, L.; Hill, J. A.; Jehnali, A.; Dunbar, J.; Brouner, J.; McHugh, M. P.; Howatson, G. (2015) influence of monmorency cherry juice blend on indices of exercise-induced stress and upper respiratory tract symptoms following marathon running – a pilot investigation. *J Int Society Sports Nutr.* 12(22). Available from: doi: 10.1186/s12970-015-0085-8
- Draper, S.N., Kullman, E.L., Sparks, K.E., Little, K. & Thoman, J. (2020) Effects of intermittent pneumatic compression on delayed onset muscle soreness (DOMS) in long distance runners. *Int J Exerc Sci*, 13(2), 75-86.
- Dutka, T.L., Cole, L. & Lamb, G.D. (2005) Calcium phosphate precipitation in the sarcoplasmic reticulum reduces action potential-mediated Ca<sup>+2</sup> releases in mammalian skeletal muscle. *Am J Physiol Cell Physiol.* 289, C1502-C1512. Available from: doi: 10.1152/ajpcell.00273.2005
- Edwards, R.H.T. (1981) *Human Muscle Fatigue: physiological mechanisms*. London (GBR), Pitman Medical, p.1-18.
- Enoka, R.M. & Duchateau, J. (2008) Muscle Fatigue: what, why and how it influences muscle function. *J Physiol.* 586 (1), 11-23. Available from: doi: 10.1113/jphysiol.2007.139477
- Enoka, R.M. & Stuart, D.G. (1992) Neurobiology of Muscle Fatigue. *J Appl Physiol* 72 (5), 1631-1648. Available from: doi: 10.1152/jappl.1992.72.5.1631
- Farjallah, M.A.; Hammouda, O.; Zouch, M.; Ghatassi, K.; Graja, A.; Driss, T.; Chamari, K.; Souissi, N. (2018) Effect of melatonin ingestion on physical performance, metabolic responses, and recovery after as intermittent training session. *Physiol Int*, 105(4), 358-370. Available from: doi: 10.1556/2060.105.2018.4.24

- Fitts, R.H. & Holloszy, J.O. (1978) Effects of fatigue and recovery on contractile properties of frog muscle. *Journal of Applied Physiology*. 45 (6), 899-902. Available from: doi: 10.1152/jappl.1978.45.6.899
- Fleck, S. J. & Kraemer, W. J. (1999) Designing resistance training programs. Porto Alegre, Brasil: Artmed.
- Fryer, M.W., Owen, V.J., Lamb, G.D. & Stephenson, D.G. (1995) Effects of creatine phosphate and Pi on Ca<sup>2+</sup> movements and tension development in rat skinned skeletal muscle fibres. *J Physiol*. 482 (1), 123-140. Available from: doi: 10.1113/jphysiol.1995.sp020504
- Gallina S., Di Mauro M., D'Amico M.A., D'Angelo E., Sablone A., Di Fonso A., Bascelli A., Izzicupo P. & Di Baldassarre. (2011) Salivary chromogranin A, but not  $\alpha$ -amylase, correlates with cardiovascular parameters during high-intensity exercise. *Clinical Endocrinol*. 75, 747-752. Available from: doi: 10.1111/j.1365-2265.2011.04143.x
- García-Sillero, M., Jurado-Castro, J.M., Benítez-Porres J. & Vargas-Molina, S. (2021) Acute effects of a percussive massage treatment on a movement velocity during resistance training. *Int J Environ Res Public Health*, 18(15), 7726. Available from: doi: 10,3390/ijerph18157726
- Gatti, R. & De Palo, E. F. (2011) An update: salivary hormones and physical exercise. *Scan J Med Sci Sports*. 21(2), 157-169. Available from: doi: 10.1111/j.1600-0838.2010.01252.x
- Gleeson, M.; Bishop, N. & Walsh, N. (2013) Exercise Immunology. New York (NY), Routledge – Taylor & Francis Group.
- Gleeson, M. & Pyne, D.B. (2000) Exercise effects on mucosal immunity. *Immunol and Cell Biol*. 78 (5), 536-544. Available from: doi: 10.1046/j.1440-1711.2000.00956.x

- Gleeson, M., Pyne, D.B. & Callister, R. (2004) The missing links in exercise effects on mucosal immunity. *Exercise Immunology Review*. 10, 107-128. Available from: <http://eir-isei.de/2004/eir-2004-107-article.pdf>
- Gomes, W.A., Lopes, C.R. & Marchetti, P.H. (2016) The central and peripheric fatigue: a brief review of the local and non-local effects on neuromuscular system. *CPAQV J*. 8 (1), 1-20.
- Granger, D.A., Kivlighan, K.T., Sheikh, M., Gordis, E.B. & Stroud, L.R. (2007) Salivary  $\alpha$ -amylase in biobehavioral research: recent developments and applications. *Ann N Y Acad Sci*. 1098, 122-144. Available from: doi: 10.1196/annals.1384.008
- Guyton, A.C. & Hall, J.E. (1997) *Tratado de Fisiologia Médica*. 9ªed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan.
- Hagstrom, A.D. & Shorter, K.A. (2018) Creatine kinase, neuromuscular fatigue, and the contact codes of football: A systematic review and meta-analysis of pre- and post-match differences. *Eur J Sport Sci*. 18 (9), 1234-1244. Available from: doi: 10.1080/17461391.2018.1480661
- Hall, M.M., Rajasekaran S., Thomsen T.W., Peterson A.R. (2016) Lactate: friend or foe. *Journal of Physiology Med & Rehab (PM&R)*. 8 (3), S8-S15. Available from: doi: 10.1016/j.pmrj.2015.10.018
- Halson, S.L. (2014) Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med*. 44 (supl. 2), S139-147. Available from: doi: 10.1007/s40279-014-0253-z
- Hanson, E., Stetter, K., Li, R. & Thomas, A. (2013) Na intermittent pneumatic device reduces blood lactate concentrations more effectively than passive recovery after Wingate testing. *J Athl Enhancement*. 2(3), Available from: doi: 10.4172/2324-9080.1000115

- Hargreaves, M. & Thompson, M. (1999) *Biochemistry of exercise*. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Hauswirth, C. & Mujika, I. (2013) *Recovery for performance in sports*. Champaign, IL, USA: Human Kinetics.
- Hayes, L.D., Grace, F.M., Baker, J.S. & Sculthorpe, N. (2015) Exercise-induced responses in salivary testosterone, cortisol, and their ratios in men: a meta-analysis. *Sports Medicine*. 45 (5),713-726. Available from: doi: 10.1007/s40279-015-0306-y
- Heapy, A. M., Hoffman, M. D., Verhagen, H. H., Thompson, P. D. Dhamija, P., Sandford, F. J., & Cooper, M. C. (2018) A randomized controlled trial of manual therapy and pneumatic compression for recovery from prolonged running – an extended study. *Res Sports Med*, 26(3), 354-364. Available from: doi: 10.1080/15438627.2018.1447469
- Hellhammer, D.H., Wüst, S. & Kudielka, B.M. (2009) Salivary cortisol as a biomarker in stress research. *Psychoneuroendocrinology*. 34 (2), 163-171. Available from: doi: 10.1016/j.psyneuen.2008.10.026
- Herbst, K. L. & Bhasin, S. (2004) Testosterone action on skeletal muscle. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 7(3), 271-277. Available from: doi: 10.1097/00075197-200405000-00006
- Hespanha, R. (2004) *Medida e Avaliação para o Esporte e a Saúde*. Rio de Janeiro: Ed. Rubio.
- Higgins, T.R., Greene, D.A. & Baker, M.K. (2017) Effects of cold water immersion and contrast water therapy for recovery from team sport: a systematic review and meta-analysis. *J Strength Conditioning Res*, 31(5), 1443-1460. Available from: doi: 10.1519/JSC.0000000000001559

- Hobenauer, E., Taeymans, J., Baeyens, J.P., Clarys, P. & Clijsen, R. (2015) The effects of post-exercise cryotherapy on recovery characteristics: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 10(9): e0139028. Available from: doi:10.1371/journal.pone.0139028
- Hoffman, M. D., Badowski, N., Chin, J., & Stuenkel, K. J. (2016) A Randomized Controlled Trial of Massage and Pneumatic Compression for Ultramarathon Recovery. *J Orthop Sports Physical Therapy*, 46(5), 320-326. Available from: doi: 10.2519/jospt.2016.6455
- Honceriu, C., Curpan, A., Ciobica, A., Trus, C. & Timofte, D. (2021) Connections between different sports and ergogenic aids-focusing on salivary cortisol and amylase. *Medicina*. 57, 573. Available from: doi: 10.3390/medicina57080753
- Hough, J., Leal, D., Scott, G., Taylor, L., Townsend, D. & Gleeson, M. (2021) Reliability of salivary cortisol and testosterone to a high-intensity cycling protocol to highlight overtraining. *J Sports Sci*. 39(18), 2080-2086. Available from: doi: 10.1080/02640414.2021.1918362
- Hurr, C. (2021) Acute local cooling to the lower body during recovery does not improve repeated vertical jump performance. *Int J Environ Res Public Health*. 18(9), 5026. Available from: doi: 10.3390/ijerph18095026
- ISAK – International Society for the Advancement of Kinanthropometry (2001) International standards for anthropometric assessment. Underdale, Australia: National Library of Australia.
- Jackson, A.S. & Pollock, M.L. (1978) Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*. 40 (3), 497-504. Available from: doi: 10.1079/BJN19780152

- Javorka, M., Zila, I., Balharek, T. & Javorka, K. (2002) Heart rate recovery after exercise: relation to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res.* 35(8), 991-1000. Available from: doi: 10.1590/S0100-879X2002000800018
- Kallenberg, L.A.C., Schulte, E., Disselhorst-Klug, C., Hermens, H.J. (2007) Myoelectric manifestations of fatigue at low contraction levels in subjects with and without chronic pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 17 (3), 264-274. Available from: doi: 10.1016/j.jelekin.2006.04.004
- Klentrou, P., Cieslak, T., Neil Mac, M., Vintiner, M., et al. (2002) Effect of moderate exercise on salivary immunoglobulin A and infection risk in human. *European Journal of Applied Physiology.* 87 (2), 153-158. Available from: doi: 10.1007/s00421-002-0609-1
- Knufinke, M.; Fittkau-koch, L.; Most, E. I. S.; Kompier, M. A. J.; Nieuwenhuys, A. (2019) Restricting short-wavelength light in the evening to improve sleep in recreational athletes – a pilot study. *Eur J Sport Sci.* 19(6), 728-735. Available from: 10.1080/17461391.2018.1544278
- Koibuchi, E. & Suzuki, Y. (2014) Exercise upregulates salivary amylase in humans (review). *Experim Therap Med.* 7(4), 773-777. Available from: doi: 10.3892/etm.2014.1497
- Konrad, A., Glashüttner, C., Reiner, M.M., Bernsteiner, D. & Tilp, M. (2020) The acute effects of a percussive massage treatment with a hypervolt device on plantar flexor muscles' range of motion and performance. *J Sports Sci Med.* 19(4):690-694. Available from: <https://www.jssm.org/volume19/iss4/cap/jssm-19-690.pdf>
- Lac, G., Marquet, P., Chassain, A.P. & Galen, F.X. (1999) Dexamethasone in resting and exercising men. II Effects on adrenocortical hormones. *Journal of Applied Physiology.* 87 (2), 183-188. Available from: doi: 10.1152/jappl.1999.87.1.183

- Lee, C., Chu, I. Lyu, Chang, W. & Chang, N. (2018) Comparison of vibration rolling, nonvibration rolling, and static stretching as a warm-up exercise on flexibility, joint proprioception, muscle strength, and balance in young adults. *J Sports Sci.* 36(22): 2575-2582. Available from: doi: 10.1080/02640414.2018.1469848
- Lindsay, A.; Carr, S.; Cross, S.; Petersen, C.; Gieseg, S. P. (2017) The physiological response to cold water immersion following a mixed martial arts training session. *Appl Physiol Nutr Metab.* 42(5), 529-536. Available from: doi: 10.1139/apnm-2016-0582
- Lindsay, A.; Lewis, J.; Scarrot, C.; Draper, N.; Gieseg, S. P. (2015) Changes in acute biochemical markers of inflammatory and structural stress in rugby union. *J Sports Sci.* 33(9), 882-891. Available from: 10.1080/02640414.2014.971047
- Lopes, R.F., Minuzzi, L.G., Figueiredo, A.J., Gonçalves, C., et al. (2020) Upper respiratory symptoms (URS) and salivary responses across a season in youth soccer players: a useful and non-invasive approach associated to URS susceptibility and occurrence in young athletes. *PLoS ONE.* 15(8). Available from: doi: 10.1371/journal.pone.0236669
- Lorist, M.M., Kernell, D. & Meijman, T.F. (2002) Zijdewind I. Motor fatigue and cognitive task performance in humans. *The Journal of Physiology.* 545 (1), 313-319. Available from: doi: 10.1113/jphysiol.2002.027938
- Marcello, R.T., Fortini, L. & Greer, B.K. (2019) Intermittent pneumatic compression boot use elevates blood lactate during subsequent exercise. *Int J Exerc Sci.* 12(2), 385-392.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. & Cardinale, M. (2004) Reability and factorial validity of squat jump and countermovement jump tests. *Journal of Strength Conditioning Research.* 18(3), 551-555. Available from: doi:

- Martin, J.S., Friedenreich, Z.D., Borges, A.R. & Roberts, M.D. (2015) Acute effects of peristaltic pneumatic compression on repeated anaerobic exercise performance and blood lactate clearance. *Journal of Strength Conditioning Research*. 29 (10), 2900-2906. Available from: doi: 10.1519/JSC.0000000000000928
- Martin, J.S., Friedenreich, Z.D., Borges, A.R. & Roberts, M.D. (2015) Preconditioning with peristaltic external pneumatic compression does not acutely improve repeated Wingate performance nor does it alter blood lactate concentrations during passive recovery compared with sham. *Appl Physiol Nutr Metabol*. 40(11),1214-1217. Available from: doi: 10.1139/apnm-2015-0247
- Matvéiev, L.P. (1991) Fundamentos do Treino Desportivo. 2ªed. Lisboa: Livros Horizonte.
- Matvéiev, L.P. (1990) O Processo de Treino Desportivo. 2ªed. Lisboa: Livros Horizonte.
- Maughan, R. & Gleeson, M. (2010) The biochemical basis of sports performance. 2ª ed. New York: Oxford University Press Inc.
- Mackey C.S., Thiele R.M., Schnaiter-Brasche J., Smith D.B. & Conchola E.C. (2020) Effects of power-endurance and controlled heavy squat protocols on vertical jump performance in females. *Int J Exerc Sci*. 13(4), 1072-1085. Available from: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7449342/pdf/ijes-13-4-1072.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7449342/pdf/ijes-13-4-1072.pdf)
- McKee, T. & McKee, J.R. (2003) Biochemistry: the molecular basis of life. 3ª ed. Boston: McGraw-Hill.
- McKune A.J., Bach C.W., Semle S.J. & Dyer B.J. (2014) Salivary cortisol and  $\alpha$ -amylase responses to repeated bouts of downhill running. *Am J Human Biol*. 26(6), 850-855. Available from: doi:10.1002/ajhb.22605



- McLellan, C.; Lovell, D. I. & Gass, G. C. (2011) Markers of post-match fatigue in professional rugby league players. *J Strength Cond Res.* 25(4), 1030-1039. Available from: 10.1519/JSC.0b013e3181cc22cc
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Urhausen, A. (2013) Prevention, Diagnosis, and Treatment of the Overtraining Syndrome: Joint Consensus Statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 45(1), 186-205. Available from: doi: 10.1249/MSS.0b013e318279a10a
- Menzies P., Menzies C., McIntyre L., Paterson P., Wilson J. & Kemi O.J. (2010) Blood lactate clearance during active recovery after an intense running bout depends on the intensity of the active recovery. *J Sports Sci.* 28(9), 975-982. Available from: doi: 10.1080/02640414.2010.481721
- Monedero, J. & Donne, B. (2000) Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int J Sports Med.* 21(8), 593-597. Available from: doi: 10.1055/s-2000-8488
- Myer, G.D., Kushner, A.M., Brent, J.L., Schoenfeld, B.J., Hugentobler, J., Lloyd, R.S., Vermeil, A., Chu, D.A., Harbin, J. & McGill, S.M. (2014) The back squat. A proposed assessment of functional deficits and technical factors that limit performance. *Strength Condition J.* 36(6), 4-27. Available from: doi: 10.1519/ssc.0000000000000103
- Nelson, D.L. & Cox, M.M. (2008) *Lehninger principles of biochemistry.* 5<sup>a</sup> ed. New York (NY): Freeman and Company.
- Northey, J. M., Rattray, B., Argus, C. K., Etxebarria, N., & Driller, M. W. (2016) Vascular Occlusion and Sequential Compression for Recovery After Resistance Exercise. *J Strength Cond Res.* 30(2), 533-539. Available from: doi: 10.1519/JSC.0000000000001080

- Nunes, G.S., Bender, P.U., Menezes, F.S., Yamashitafuji, I., Vargas, V.Z. & Wageck, B. (2016) Massage therapy decreases pain and perceived fatigue after long-distance ironman triathlon: a randomised trial. *J Physiotherapy*, 62(2), 83-89. Available from: doi: 10.1016/j.jphys.2016.02.009
- O'Connor, P.J. & Corrigan, D.L. (1987) Influence of short-term cycling on salivary cortisol levels. *Med Sci Sports Exerc.* 19(3), 224-228. Available from: doi: 0195-9131/87/1903-0224
- O'Leary, C.B. & Hackney, A.C. (2014) Acute and chronic effects of resistance exercise on the testosterone and cortisol responses in obese males: a systematic review. *Physiol Res.* 63(6): 693-704. Available from: doi: 10.33549/physiolres.932627
- OMS – Organização Mundial de Saúde. (2004) The International Classification of adult underweight, overweight and obesity according to BMI. Geneva. Disponível em: [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html) Acesso em: 30 de abril de 2016.
- Overmeyer, R. G., & Driller, M. W. (2017) Pneumatic Compression Fails to Improve Performance Recovery in Trained Cyclists. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(4), 490-495. Available from: doi: 10.1123/ijsp.2017-0207
- Papacosta, E. & Nassis, G.P. (2011) Saliva as a tool to monitoring steroid, peptide and immune markers in sport and exercise science. *J Sci Med Sport.* 14, 424-434. Available from: doi: 10.1016/j.jsams.2011.03.004
- Pastre, C.M., Bastos, F.N., Netto Júnior, J., Vanderlei, L.C.M. & Hoshi, R.A. (2009) Métodos de recuperação pós-exercício: uma revisão sistemática. *Bras J Sports Med*, 15(2), 138-144. Available from: doi: 10.1590/S1517-86922009000200012
- Peake, J.M., Neubauer, O., Walsh, N.P., & Simpson, R.J. (2017) Recovery of immune system after exercise. *J Appl Physiol.* 122(5), 1077-1087. Available from: doi: 10.1152/jappphysiol.00622.2016

- Peñailillo, L., Maya, L., Ninõ, G., Torres, H., et al. (2015) Salivary hormones and IgA in relation to physical performance in football. *J Sports Sci.* 33(20), 2080-2087. Available from: doi: 10.1080/02640414.2015.1064151
- Pieper-Bigelow, C., Strocchi, A. & Levitt, M.D. (1990) Where does serum amylase come from and where does it go? *Gastroenterol Clin North Am*, 19(4), 793-810. Available form: doi: 10.1016/S0889-8553(21)00514-8
- Poppendieck, W., Wegmann, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M. & Meyer, T. (2016) Massage and performance recovery: a meta-analytical review. *Sports Med*, 46(2), 183-204. Available from: doi: 10.1007/s40279-015-0420-x
- Rahimi, R., Ghaderi, M., Mirzaei, B., Ghaeni, S., et al. (2010) Effects of very short rest periods on immunoglobulin A and cortisol responses to resistance exercise in men. *Journal Hum Sport Exerc.* 5 (2), 146-157. Available from: doi: 10.4100/jhse.2010.52.05
- Robergs, R.A., Ghiasvand, F. & Parker, D. (2004) Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 287, R502-R516. Available from: doi: 10.1152/ajpregu.00114.2004
- Roberts, L.A.; Caia, J.; James, L.P.; Scott, T.J. & Kelly, V.G. (2019) Effects of external counterpulsation on postexercise recovery in elite rugby league players. *Int J Sports Physiol Perform.* 14(10), 1350-1356. Available from: doi: 10.1123/ijsp.2018-0682
- Robey, E.; Dawson, B.; Halson, S.; Gregson, W.; King, S.; Goodman, C.; Eastwood, P. (2013) Effect of evening postexercise cold water immersion on subsequent sleep. *Med Sci Sports Exerc.* 45(7), 1394-1402. Available from: doi: 10.1249/MSS.0b013e318287f321
- Rodwell, V.W., Bender, D.A., Botham, K.M., Kennelly, P.J. & Weil, P.A. (2017) *Bioquímica ilustrada de Harper*. Porto Alegre (BRA): AMGH Editora.

- Rosa, L.; Teixeira, A.B.S.; Lira, F.S.; Tufik, S.; Mello, M.T. & Santos, R.V.T. (2013) Moderate acute exercise (70% VO<sub>2</sub> peak) induces TGF- $\beta$ ,  $\alpha$ -amylase and IgA in saliva during recovery. *Oral Diseases*. 20(2), 186-190. Available from: doi: 10.1111/odi.12088
- Rossi, L. & Tirapegui, J. (1999) Aspectos atuais sobre exercício físico, fadiga e nutrição. *Revista Paulista de Educação Física*. 13 (1), 67-82. Available from: doi: 10.11606/issn.2594-5904.rpef.1999.137760
- Rubini, E.C.; Costa, A.L.L. & Gomes, P.S.C. (2007) The effects of stretching on strength performance. *Sports Med*. 37(3): 213-224. Available from: doi: 10.2165/00007256-200737030-00003
- Russell, M.; Birch, J.; Love, T.; Cook, C. J.; Bracken, R. M. Taylor, T.; Swift, E.; Cockburn, E.; Finn, C.; Cunningham, D.; Wilson, L.; Kilduff, L. (2017) The effects of a single whole-body cryotherapy exposure on physiological performance, and perceptual responses of professional academy soccer players after repeated sprint exercise. *J Strength Cond Res*. 31(2), 415-421. Available from: doi: 10.1519/JSC.0000000000001505
- Sahlin, K. (2014) Muscle energetics during explosive activities and potential effects of nutrition and training. *Sports Med*. 44(Suppl 2), S167-S173. Available from: doi: 10.1007/s40279-014-0256-9.
- Sands, W. A., McNeal, J. R., Murray, S. R., & Stone, M. H. (2015) Dynamic compression enhances pressure-to-pain threshold in elite athlete recovery: exploratory study. *J Strength Cond Res*, 29(5), 1263-1272. doi: 10.1519/JSC.0000000000000412
- Seo, D., Kim, E., Fahs, C. A., Rossow, L., et al. (2012) Reliability of the one-repetition maximum test based on muscle group and gender. *Journal of Sports Science and Medicine* 11, 221-225. Available from: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3737872/pdf/jssm-11-221.pdf](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3737872/pdf/jssm-11-221.pdf)

- Sharma, L., Hussain, M.E., Verma, S. & Ali, K. (2016) Effects of intermittent pneumatic compression vs. neuromuscular electrical stimulation on recovery following anaerobic exercise in male basketball players. *Int J Biomed Advance Res.* 7(10), 508-514. Available from: doi: 10.7439/ijbar
- Shearer, D. A.; Kilduff, L. P.; Finn, C.; Jones, R. M.; Bracken, R. M.; Mellalieu, S. D.; Owen, N.; Crewther, B. T.; Cook, C. J. (2015) Measuring recovery in elite rugby players: the brief assessment of mood, endocrine changes, and power. *Res Quaterly Exerc Sport.* 86(4), 379-386. Available from: doi: 10.1080/02701367.2015.1066927
- Simpson, N. S.; Gibbs, E. L. & Matheson, G. O. (2017) Optimizing sleep to maximize performance: implications and recommendations for elite athletes. *Scan J Med Sci Sports.* 27, 266-274. Available from: doi: 10.1111/sms.12703
- Sparkes, W.; Turner, A. N.; Weston, M.; Russel, M.; Johnston, M. J.; Kilduff, L. P. (2020) The effect of training order on neuromuscular, endocrine and mood response to small-sided games and resistance training sessions over a 24-h period. *J Sci Med Sports.* 23(9), 866-871. Available from: doi: 10.1016/j.jsams.2020.01.017
- Terra, R., Silva, S.A.G., Pinto, V.S., Dutra, P.M.L. (2012) Efeito do exercício no sistema imune: resposta, adaptação e sinalização celular. *Bra J Sports Med.* 18 (3), 208-214. Available from: doi: 10.1590/S1517-86922012000300015
- Tessari, M., Tisato, V., Rimondi, E., Zamboni, P., & Malagoni, A. M. (2018) Effects of intermittent pneumatic compression treatment on clinical outcomes and biochemical in patients at low mobility with lower limb edema. *J Vasc Surg,* 6(4), 500-510. Available from: doi: 10.1016/j.jvsv.2018.01.019
- Thomas, N.E., Leyshon, A., Hughes, M.G., Davies, B., et al. (2009) The effect of anaerobic exercise on salivar cortisol, testosterone, and immunoglobulin (A) in boys aged 15-16 years. *European Journal of Applied Physiology.* 107 (4), 455-461. Available from: doi: 10.1007/s00421-009-1146-y

- Thomas, N.E., Leyshon, A., Hughes, M.G., Jasper, M.A., et al. (2010) Concentrations of salivary testosterone, cortisol, and immunoglobulin A after supra-maximal exercise in female adolescents. *Journal of Sports Sciences*. 28 (12), 1361-1368. Available from: doi: 10.1080/02640414.2010.510144
- Tran, K. & Argáez, C. (2017) Intermittent pneumatic compression devices for the management of lymphedema: a review of clinical effectiveness and guidelines. Ottawa (ON): CADTH
- Trochimiak, T. & Hübner-Wozniak, E. (2012) Effect of exercise on the level of immunoglobulin A in saliva. *Biol Sport*. 29(4): 255-261.
- Tsai, M., Li, T., Chou, L., Chang, C., et al. (2012) Resting salivary levels of IgA and cortisol are significantly affected during intensive resistance training periods in elite male weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26 (8), 2202-2208. Available from: doi: 10.1519/JSC.0b013e31823a4246
- Uchida, M. L.; Bacurau, R. F. P.; Navarro, F.; Pontes Jr, F. L.; Tessuti, V. D.; Moreau, R. L.; Rosa, L. F. B. P. C.; Aoki, M. S. (2004) Alteration of testosterone: cortisol ratio induced by resistance training in women. *Bras J Sport Med*. 10(3): 169-172.
- Valenzuela, P.L., Villa, P. & Ferragut, C. (2015) Effect of two types of active recovery on fatigue and climbing performance. *J Sports Sci Med*. 14(4), 769-775.
- Van Hall, G. (2010) Lactate kinetics in human tissues at rest and during exercise. *Acta Physiol*. 199, 499-508. Available from: doi: 10.1111/j.1748-1716.2010.02122.x
- VanBruggen, M. D.; Hackney, A. C.; McMurray, R. G.; Ondrak, K. S. (2011) The relationship between serum and salivary cortisol levels in response to different intensities of exercise. *Int J Sports Physiol Perform*. 6(3), 396-407. Available from: doi: 10.1123/ijsp.6.3.396

- Vervoorn, C.; Quist, A. M.; Vermulst, L. J. M.; Erich, W. B. M.; Vries, W. R.; Thijssen, J. H. H. (1991) The behaviour of the plasma free testosterone/cortisol ratio during a season of elite rowing training. *Int J Sports Med.* 12(3): 257-263.
- Vickers, A.J. (2001) Time course of muscle soreness following different types of exercise. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2(1), 5-8. Available from: doi: 10.1186/1471-2474-2-5
- Vining, R.F., McGinley, R.A. & Symons, R.G. (1983) Hormones in saliva: mode of entry and consequent implications for clinical interpretation. *Clinical Chemistry.* 29 (10), 1752-1756. Available from: <http://clinchem.aaccjnl.org/content/clinchem/29/10/1752.full.pdf>
- Vollestad, N.K. (1997) Measurement of human muscle fatigue. *J Neuroscience methods.* 74 (2), 219-227. Available from: doi: 10.1016/S0165-0270(97)02251-6
- Walsh, N.P., Gleeson, M., Shephard, R.J., Gleeson, M., et al. (2011) Position statement: part one: immune function and exercise. *EIR.* 17, 6-63. Available from: <http://eir-isei.de/2011/eir-2011-006-article.pdf>
- Walsh, N.P., Gleeson, M., Pyne, D.B., Nieman, D.C. et al. (2011) position statement: part one: maintaining immune health. *EIR.* 17: 64-103.
- Walsh, N.P.; Blannin, A.K.; Clark, A.M.; Cook, L.; Robson, P.J. & Gleeson, M. (1999) The effects of high-intensity intermittent exercise on saliva IgA, total protein, and  $\alpha$ -amylase. *J Sports Sci.* 17 (2), 129-134. Available from: doi: 10.1080/026404199366226.
- Williams, C. & Ratel, C. (2009) *Human Muscle Fatigue.* New York (NY), Routledge – Taylor & Francis Group.

Williams, N.; Russell, M.; Cook, C. J. & Kilduff, L. P. (2018) The effect of lower limb occlusion on recovery following sprint exercise in academy rugby players. *J Sci Med Sport.* 21(10), 1095-1099. Available from: doi: 10.1016/j.jsams.2018.02.012

Zhang, D., Li, F., Li, X. & Du, G. (2018) Effect of intermittent pneumatic compression on preventing deep vein thrombosis among stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *Worldviews Evid Based Nurs*, 15(3), 189-196.

Zainuddin, Z., Newton, M., Sacco, P. & Nosaka, K. (2005) Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. *J Athletic Training*, 40(3), 174-180.



## **Anexos**

---

## **Anexo 1**



## TERMO DE CONSENTIMENTO

Obrigado por ter demonstrado interesse neste projeto. Por favor leia cuidadosamente esta folha informativa antes de decidir participar. Desde já agradecemos a sua adesão, no entanto, não existirá qualquer tipo de desvantagem se a sua decisão for contrária e agradecemos de qualquer modo o facto de ter ponderado a sua participação. Em qualquer altura poderá abandonar este projeto sem qualquer desvantagem.

Este projeto de estudo insere-se no âmbito das Ciências do Desporto, na área da Atividade Física e Saúde e tem como responsável o Mestre Rafael Santos Neves e o Professor Doutor Amândio Manuel Cupido dos Santos. Pretendemos realizar um estudo dos métodos de recuperação e sua influência nas respostas fisiológicas e imunológicas.

Ao tomar parte neste projeto, ser-lhe-á pedido que autorize a realização das seguintes protocolos de:

- Avaliação da composição corporal;
- Avaliação através de saltos verticais e de força máxima de pernas em agachamentos;
- 3 testes de esforço físico por agachamento em equipamento de musculação específico, separados por um mínimo de uma semana;
- Recuperação física após o teste físico, através de três métodos diferentes (ativa, com uso de “botas de compressão” e com uso de *massage gun*) a serem sorteados a cada dia;
- Retirada sanguínea venosa e dedo da mão e coleta de saliva em momentos diferentes em cada dia de avaliação, para análises de laboratório de saliva e sangue.

Os dados serão confidenciais e só a equipa de avaliação terá acesso a eles. Os resultados deste projeto poderão ser publicados, mas jamais permitirão a identificação de qualquer voluntário. Se for o seu desejo os responsáveis pelo projeto prontificaram-se a disponibilizar os dados individuais ao próprio.

Se tiver dúvidas acerca do projeto agora ou no futuro não hesite em colocá-la aos responsáveis do projeto.

Me. Rafael Santos Neves e Dr. Amândio Manuel Cupido dos Santos



## TERMO DE CONSENTIMENTO

Li a folha de informação relativa a este projeto e compreendi o seu âmbito e o que envolve a minha participação nele. Todas as minhas dúvidas foram esclarecidas. Compreendi que posso pedir informações adicionais em qualquer altura.

Sei que:

- 1.1 a participação é totalmente voluntária.
- 1.2 posso abandonar o projeto em qualquer altura sem qualquer desvantagem.
- 1.3 sei os riscos que envolvem a recolha de dados prevista.
- 1.4 os resultados deste estudo poderão ser publicados, mas o anonimato será preservado.

Concordo em participar neste estudo.

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

ESTE DOCUMENTO É COMPOSTO DE 02 PÁGINAS E FEITO EM DUPLICADO:  
UMA VIA PARA O INVESTIGADOR E OUTRA PARA A PESSOA CONSENTE.

## **Anexo 2**

## ESCALA RPE

(Borg, 2000)

6	Sem nenhum esforço
7	
8	Extremamente leve
9	Muito leve
10	
11	Leve
12	
13	Um pouco intenso
14	
15	Intenso (pesado)
16	
17	Muito Intenso
18	
19	Extremamente intenso
20	Máximo esforço

Escala RPE de Borg  
© Gunnar Borg, 1970, 1985, 1994, 1998

## Escala Likert de Dor Muscular

(Vickers et al, 2001)

<b>0</b>	Uma completa ausência de dor
<b>1</b>	Dor leve, só sentida quando tocada / Uma vaga dor
<b>2</b>	Dor moderada, só sentida quando tocada / Dor leve persistente
<b>3</b>	Dor leve ao subir ou descer escadas
<b>4</b>	Dor leve ao caminhar em superfície plana / Dolorosa
<b>5</b>	Dor moderada, rigidez ou fraqueza ao caminhar / Muito dolorosa
<b>6</b>	Dor intensa que limita minha capacidade de me mover

## **Anexo 3**



Register your review now

Edit your details

You have 3 records

## Records I'm working on

*These records are still being edited by you and have not been submitted for publication.*

ID	Title	Status	Last edited	
CRD42021247954	Intermittent Pneumatic Compression as a recovery method after exercise <i>To enable PROSPERO to focus on COVID-19 registrations during the 2020 pandemic, this registration record was automatically published exactly as submitted. The PROSPERO team has not checked eligibility.</i>	Registered	09/08/2022	 
CRD42021240469	Salivary markers responses at post exercise and recovery period <i>To enable PROSPERO to focus on COVID-19 registrations during the 2020 pandemic, this registration record was automatically published exactly as submitted. The PROSPERO team has not checked eligibility.</i>	Registered	10/12/2021	