



Universidade de Lisboa
Faculdade de Motricidade Humana



Avaliação e monitorização do treino em atletas da ginástica artística feminina

Relatório de estágio elaborado com vista à obtenção do Grau de Mestre em
Exercício e Saúde

Orientadora: Professora Doutora Maria Helena Santa-Clara Pombo Rodrigues

Presidente

Professora Doutora Helô-Isa Oliveira Viana André, professora auxiliar convidada da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa

Vogais

Professora Doutora Maria Helena Santa-Clara Pombo Rodrigues, professora auxiliar da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa;

Professor Doutor Pedro Xavier Melo Fernandes Castanheira, professor adjunto da Escola Superior de desporto de Rio Maior – Instituto Politécnico de Santarém.

Inês Leite Miranda Arrais

2022

Agradecimentos

Humildade, foco, resiliência e superação tornaram-se o cerne desta etapa. Humildade, ter consciência das minhas origens para que em nenhum momento perca a minha linha orientadora e os meus valores. Foco, saber o que pretendo e trabalhar para o conseguir. Resiliência, nunca desistir de lutar por aquilo em que acredito e tomar diariamente decisões que me ajudem a alcançá-lo. Superação, aceitar que nem todos os dias são bons, mas continuar a trabalhar em busca dos objetivos. A todos os influentes em mais uma etapa académica, um muito obrigada.

À **Professora Dra. Helena Santa-Clara**, minha orientadora, pelo conhecimento, profissionalismo, rigor, disponibilidade e preocupação, e por me apoiar e nunca desistir de me auxiliar no alcance dos meus objetivos. Obrigada!

Ao **Professor Dr. Xavier Melo**, por todos os ensinamentos prestados, pela honestidade e assertividade característicos, apoio e dedicação, tornando-se um modelo enquanto profissional e pessoa. Obrigada!

Ao **Professor Pedro Ribeiro**, pela constante idoneidade para me orientar, confiança prestada e transmissão de conhecimento e formas de trabalho. Sem dúvida, um exemplo. Obrigada!

Ao **Mestre João Marôco**, não só pela honestidade e assertividade, mas muito pela amizade, humildade, paciência e apoio incondicional, elemento de referência na minha construção pessoal e profissional. Obrigada!

Aos meus **colegas de mestrado**, pela amizade, boa disposição, dedicação e auxílio prestado durante esta etapa. Obrigada!

Ao **Ginásio Clube Português** e respetivas direções de **Exercício e Saúde e Treino Desportivo**, pela oportunidade, compreensão e simplificação de todo este processo. Obrigada!

Às **participantes** do *Raising The Bar* e respetivos **encarregados de educação**, pela aceitação, simpatia e cumprimento das tarefas exigidas, muitas vezes em horários externos aos treinos, facilitando todo o processo. Obrigada!

A todos os meus grandes **amigos**, essenciais na manutenção de um equilíbrio entre o trabalho e o lazer, aceitando as minhas decisões e motivando-me em momentos mais sensíveis. Obrigada!

Por fim, o maior agradecimento serve aos meus **Pais e Irmão**, pelo amor e carinho, por serem os meus pilares basilares, transmitindo eximamente valores humanos durante toda a minha vida e pelo suporte educativo. Não existe ainda palavra que incorpore todo o meu agradecimento!

Resumo

A fim de cumprir com o plano de estudos do 2º ano do mestrado em Exercício e Saúde, foi-me proporcionado um estágio que conjugava a área da performance desportiva e a área da investigação, desenvolvido no Ginásio Clube Português (GCP), em consonância com o GCP Lab, laboratório do GCP e com a direção de Treino Desportivo, responsáveis pelo projeto “Performance” e todas as modalidades.

O meu contributo no GCP Lab focou-se na coletânea de dados e análise estatística para escrita de um manuscrito sobre os efeitos de 4 semanas de um programa de treino com o *swing* do *kettlebell* nas exigências fisiológicas em ginastas artísticas femininas (GAF) durante simulações de competição. A ginástica artística feminina evoluiu nos últimos anos, servindo a avaliação das exigências fisiológicas como fatores chave para averiguar a sua evolução. São ainda discutidos métodos de treino que possam melhorar a performance atlética das ginastas, sendo esta a base do manuscrito presente neste relatório. Por último, são discutidos diversos aspetos, como conclusões, reflexões e direções futuras sobre a monitorização do treino e trabalho extensivo laboratorial em atletas de elite, referindo aspetos positivos e menos positivos que tornaram o estágio uma experiência realmente enriquecedora.

Palavras-chave

Ginástica artística, Jovens-atletas, Performance, Avaliação, Consumo máximo de oxigénio, Frequência cardíaca, Lactato sanguíneo, Cinética do consumo de oxigénio, Dispendio energético, Aptidão neuromuscular

Abstract

In order to finish my master's in Exercise and Health, I had the opportunity to develop an internship with an emphasis in the performance and investigation areas at the Ginásio Clube Português (GCP), in line with GCP Lab, the GCP laboratory, and sports training direction, responsible for the "Performance" project which I was attached, and all the sports modalities.

My contribution to the GCP Lab focused on data collection and statistical analysis to write a research manuscript about the effects of 4-week Kettlebell swing training on the physiological demands of young female artistic gymnastics (FAG) during a competitive simulation. Female artistic gymnastic evolution in the last years, and the underlying physiological demands are reviewed to identify key factors that "make" female elite gymnasts. Exercise-training methods are also discussed with an emphasis on what is required from a FAG athlete to improve athletic performance, this, in turn, led to the research question and manuscript here presented. Lastly, future research directions and reflections on the extensive laboratory training and exercise training monitoring of elite athletes are discussed with a focus both on positive and negative aspects that turned this internship into a truly enriching experience.

Key words

Artistic gymnastic, Female young athletes, Performance, Exercise testing, Maximal oxygen consumption, Heart rate, Blood lactate, Oxygen uptake kinetics, Energetic expenditure, Neuromuscular fitness

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xi
Índice de Equações	xi
Siglas e abreviaturas	xiii
I. Introdução.....	15
II. Enquadramento teórico.....	17
1. A Ginástica Artística	17
2. Formação de um atleta de ginástica artística	18
2.1. Crescimento, desenvolvimento e maturação dos ginastas.....	20
2.2. Fatores de risco de lesão na ginástica artística	21
2.3. Treino integrativo neuromuscular	23
3. Capacidades físicas da ginástica artística	24
3.1. Força.....	25
3.2. Velocidade.....	26
3.3. Potência.....	27
3.4. Equilíbrio.....	28
3.5. Flexibilidade	29
3.6. Condição metabólica na ginástica artística	30
4. Avaliação dos atletas da ginástica artística	32
4.1. Avaliação morfológica	33
4.2. Avaliação da capacidade aeróbia	36
5. Metodologia de treino aeróbio na ginástica artística	37
III. Realização da prática profissional	41
1. Motivação e objetivos	41
2. Caracterização geral do estágio	42
2.1. Ginásio Clube Português	42
2.2. Cronograma das atividades	43
2.3. Horário de funcionamento.....	44
2.4. GCP Lab.....	45
2.5. Performance.....	47
IV. Contributo pessoal à instituição	49
1. Introdução.....	49
2. Métodos	50
2.1. Desenho do estudo	50
2.2. Participantes.....	52
2.3. Programas de treino.....	53

2.4.	Avaliação das variáveis da composição corporal.....	54
2.5.	Avaliação do estadio de maturação.....	54
2.6.	Avaliação das variáveis cardiorrespiratórias e hemodinâmicas	54
2.7.	Avaliação das variáveis de aptidão neuromuscular	55
2.8.	Plano nutricional.....	59
3.	Análise estatística.....	60
4.	Resultados.....	61
4.1.	Caraterísticas dos participantes.....	61
4.2.	Classificações das rotinas	61
4.3.	Aptidão cardiorrespiratória.....	63
4.4.	Exigências fisiológicas das rotinas	63
4.5.	Aptidão neuromuscular	71
5.	Discussão	73
5.1.	Exigências fisiológicas das rotinas	73
5.2.	Aptidão cardiorrespiratória.....	74
5.3.	Efeito das intervenções.....	74
5.4.	Limitações do estudo	75
5.5.	Conclusão.....	75
6.	Reflexão.....	76
7.	Conclusão.....	77
V.	Referências bibliográficas	78
VI.	Anexos.....	93
	Anexo 1 – Valores normativos do índice de massa corporal.....	93
	Anexo 2 – Pré-requisitos para realização da avaliação da composição corporal através da bioimpedância.....	94
	Anexo 3 – Indicações gerais para interrupção da prova de esforço cardiorrespiratória.....	95
	Anexo 4 – Exemplo de uma planificação semanal.	96
	Anexo 5 – Exemplo de uma planificação de treino para uma atleta da GAF.	97
	Anexo 6 – Exemplo de um excerto do consentimento informado dado aos encarregados de educação para aprovação do seu educando no grupo de controlo.	98
	Anexo 7A – Formato de questionário de auto-avaliação usado para avaliação do estadio de maturação das ginastas.....	99
	Anexo 7B – Imagem referente aos caracteres sexuais secundários usado para avaliação do estadio de maturação das ginastas.	99
	Anexo 8 – Exemplo de um plano nutricional elaborado para uma atleta da GAF..	100
	Anexo 9 “Suplemento 1” - Classificações pré e pós programas de treino	101

Anexo 10 “Suplemento 2” - Efeitos dos programas de treino ST e KB+ nos limiares do consumo de oxigénio e na frequência cardíaca durante o teste de aptidão cardiorrespiratória.	102
Anexo 11 “Suplemento 3” – Valores médios e desvio padrão do $V_{O2\ ext}$, A_p , BL_{a^-} pós1, FC_{rec1} durante e pós rotinas.....	103

Índice de Figuras

Figura 1 - Valores de V_{O2} e BL_{a^-} das rotinas da GAF.	31
Figura 2 - Cronograma das atividades realizadas alusivas ao estágio durante o ano letivo 2020/2021.	44
Figura 3 - Cronograma das avaliações.	52
Figura 4 - Exemplo de um teste de Hg durante uma simulação de competição.	56
Figura 5 - Exemplo de uma avaliação BL_{a^-} durante uma simulação de competição. ...	57
Figura 6 - Exemplo de uma avaliação das contribuições energéticas.	58
Figura 7 - Valores médios e DP do $V_{O2\ max}$ pré e pós rotinas consoante ambos os programas de treino.	62
Figura 8 - Valores médios e DP da FC_{pico} obtidos durante as rotinas, nos momentos pré e pós.....	64
Figura 9 - Valores médios e DP de DE_{total} pré e pós rotinas consoante ambos os programas de treino.	67

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Reprodutibilidade de medidas de rigidez arterial.....	47
Tabela 2 - Características dos participantes.....	61
Tabela 3 - Efeitos dos programas de treino de ST e KB+ no consumo de oxigénio, lactato e frequência cardíaca antes e durante as rotinas.....	65
Tabela 4 - Efeitos dos programas de treino ST e KB+ no consumo de oxigénio e lactato sanguíneo após as rotinas.	69
Tabela 5 - Efeitos dos programas de treino ST e KB+ nos testes do handgrip, squat jump e rope jump.....	72

Índice de Equações

Eq. 1: Modelo mono-exponencial para avaliação das contribuições do sistema anaeróbio alático	59
Eq. 2: Avaliação das contribuições do sistema anaeróbio alático com base no EPOC59	

Siglas e abreviaturas

$\%FC_{pico}$ – Percentagem de frequência cardíaca máxima obtida em cada rotina em relação à frequência cardíaca máxima da prova de esforço cardiopulmonar

ADP – Adenosina difosfato

A_p – Amplitude da cinética-off do $\dot{V}O_2$

AT1 – Consumo de oxigénio do primeiro limiar ventilatório

AT2 – Consumo de oxigénio do segundo limiar ventilatório

ATP – Adenosina trifosfato

BL_a^- - Concentração de lactato sanguíneo

$BL_{a\ pico}^-$ – Pico de concentração de lactato sanguíneo

$BL_{a\ pre}^-$ – Lactato sanguíneo antes da rotina

$BL_{a\ pós1}^-$ – Concentração de lactato sanguíneo 1 minuto após a rotina

$BL_{a\ pós3}^-$ – Concentração de lactato sanguíneo 3 minutos após a rotina

CMJ – Countermovement jump

CO_2 – Dióxido de carbono

CV – Coeficiente de variação

DE_{aer} - Dispêndio energético aeróbio após a rotina

DE_{total} – Dispêndio energético aeróbio total

DJ – Drop Jump

DP – Desvio padrão

EPOC - Excesso de consumo de oxigénio após o exercício

FC – Frequência cardíaca

FC_{max} – Frequência cardíaca máxima

FC_{pico} – Pico da frequência cardíaca

FC_{pre} – Média dos valores de frequência cardíaca obtidos antes da rotina

FC_{rec1} – Frequência cardíaca de recuperação no minuto 1 após a rotina

FC_{rec3} – Frequência cardíaca de recuperação no minuto 3 após a rotina

FMS – Functional Movement Screen

GA – Ginástica artística

GAF – Ginástica artística feminina

GAM – Ginástica artística masculina

GCP – Ginásio Clube Português

GCP Lab – Laboratório do Ginásio Clube Português

H⁺ - Hidrogénio

Hg – Handgrip

KTK - Teste de Körperkoordinationstet Fur Kinder

O₂ - Oxigénio

Pi - Fosfato

RJ – Rope jump

SJ – Squat jump

VE - Ventilação

$\dot{V}O_2$ – Consumo de oxigénio

$\dot{V}O_{2\ ext}$ – Consumo de oxigénio extrapolado

$\dot{V}O_{2\ max}$ – Consumo máximo de oxigénio

$\dot{V}O_{2\ pico}$ – Pico de consumo de oxigénio

$\dot{V}O_{2\ pre}$ – Média dos valores de consumo de oxigénio obtidos antes da rotina

I. Introdução

A ginástica artística é considerada uma das subdisciplinas da ginástica com maior destaque nos jogos olímpicos, sendo reconhecida como uma das mais exigentes também, combinando diversas capacidades físicas como a força, flexibilidade, velocidade e a condição metabólica (Fédération Internationale de Gymnastique, 2022). Durante as últimas décadas, os critérios de pontuação da ginástica artística sofreram grandes alterações, tornando esta modalidade tecnicamente e fisiologicamente mais exigente (Jemni, 2001). Posto isto, reconhece-se uma necessidade de aquisição de conhecimento sobre novas formas de potenciar a performance dos atletas de ginástica artística de forma a conseguirem acompanhar a evolução da modalidade e singrar na mesma.

As rotinas competitivas da ginástica artística, são maioritariamente esforços anaeróbios, do ponto de vista das exigências metabólicas, uma vez que esta modalidade se destaca pela curta duração dos esquemas e pelos seus movimentos explosivos (Marina & Rodríguez, 2014), exigindo treinos de intensidade muito elevada. Ainda, foi considerada uma certa dependência dos aparelhos gímnicos na contribuição energética da via anaeróbia e na cinética da frequência cardíaca (Jemni et al., 2000). No entanto, reconhece-se a necessidade de trabalhar também a via aeróbia, no seguimento de estudos feitos com ginastas artísticos, que afirmam que os perfis aeróbios dos mesmos após as rotinas competitivas alcançaram valores de cerca de 85% do $\dot{V}O_{2\ max}$ (relativamente à massa corporal) (Jemni, 2017; Marina & Rodríguez, 2014), pelo que, ao trabalharem a alta intensidade uma componente mais aeróbia, irão estar mais habilitados a sustentar níveis de performance mais elevados e a recuperar mais rapidamente e eficientemente entre rotinas (Moeskops et al., 2019). Sabe-se ainda que são precisos mais estudos neste sentido, uma vez que ainda existe muito pouca evidência científica sobre treinos que possam ter efeito nesta componente e transfere para a ginástica artística. Outra característica da ginástica artística prende-se no facto de ser uma modalidade com grande incidência de lesões, cerca de 3.0-4.0 por ano por cada ginasta do sexo feminino e 1.0 por ano por cada ginasta do sexo masculino (Bak & Kalms, 1994; Caine et al., 1989; G. Kolt & Kirkby, 1999), sendo necessário ter estratégias para monitorizar, prevenir e conseguir reduzir o risco de lesão.

Baseado nos aspetos supramencionados, o estágio, desenvolvido no Ginásio Clube Português, foi organizado em dois setores:

- Performance - onde pude assistir aos treinos de modalidade e intervir nos treinos complementares realizados pelos atletas da ginástica artística de ambos os

sexos, de forma a conseguir identificar e trabalhar possíveis estratégias para potenciar individualmente os níveis de performance dos atletas e a reduzir o risco de incidência de lesões;

- Laboratorial - onde tive a oportunidade de realizar uma investigação na área da performance com a ginástica artística feminina, denominada *Raising The Bar*, onde se procurou estudar novas metodologias de treino para trabalhar a componente aeróbia, permitindo que façam uma recuperação mais rápida para que se sintam menos fatigadas entre aparelhos. Esta fez parte do meu contributo final à instituição.

O presente relatório encontra-se dividido em duas partes, o enquadramento teórico e a realização da prática profissional.

O enquadramento teórico descreve sucintamente a modalidade da ginástica artística, a sua posição perante o mundo e como se avalia a mesma em competição, referindo alguns dos maiores problemas identificados em quem pratica a modalidade, e as capacidades físicas necessárias desenvolver tendo em conta as exigências físicas, fisiológicas e técnicas da modalidade, apresentando diversas metodologias de as trabalhar.

A realização da prática profissional começa por descrever a instituição, horários e práticas que desenvolvi ao longo do ano de estágio, finalizando com o contributo à instituição. Como contributo à instituição é apresentado o primeiro *draft* de um futuro artigo científico a ser submetido a revista científica com revisão por pares, onde se apresenta o enquadramento conceptual do estudo, a metodologia adotada bem como análise de dados, apresentação dos resultados e sua discussão.

II. Enquadramento teórico

1. A Ginástica Artística

A história da ginástica tem vindo a evoluir ao longo dos séculos, tendo adquirido diversas conotações. Começou por ser considerada uma prática que envolvia qualquer tipo de exercício físico, detendo um papel importante para a sobrevivência do ser humano, em ações como atacar e defender, mas foi nos séculos XVIII e XIX, que *Friedrich Ludwig Jahn*, conhecido como o “pai” da ginástica moderna, utilizou a ginástica como modo de preparação dos jovens para fins militares, na Alemanha (Nunes, 2000). O entusiasmo dos jovens foi tão grande que perdeu as conações políticas, sendo a ginástica praticada por prazer e para cuidar da saúde (Nunes, 2000).

A ginástica artística (GA) é uma subdisciplina complexa da ginástica constituída por 4 rotinas competitivas, o solo, a trave, as paralelas assimétricas e saltos no caso do sexo feminino, e por 6 rotinas no caso do sexo masculino, sendo estas o solo, o cavalo com arções, as argolas, saltos, as paralelas simétricas e a barra fixa. No caso específico da ginástica artística feminina (GAF), as rotinas apresentam diferentes tempos de duração, desde 5 segundos, no caso exclusivo do salto, até cerca de 90 segundos, como no caso do solo, com 10 a 15 minutos de recuperação entre aparelhos (Isacco et al., 2017), também dependendo do formato e organização da competição a que estão sujeitas. É considerado um desporto especializado, que envolve volumes (cerca de 5-6 horas diárias) e intensidades de treino elevados durante a fase pré-pubertária com o objetivo de desenvolver habilidades motoras específicas e complexas (Moeskops et al., 2019). A GA constitui o conjunto de disciplinas mais populares dos jogos olímpicos e ao mesmo tempo das mais exigentes, uma vez que combina diversas capacidades físicas como a força, flexibilidade, velocidade e a condição metabólica sendo por isso considerado um desporto complexo e exigente (Fédération Internationale de Gymnastique, 2022).

Durante as últimas décadas, a revisão do código de pontuação e recentes mudanças na forma como se avalia a GA, levaram a grandes alterações nas exigências técnicas e fisiológicas da disciplina (Jemni, 2001). Considerando este facto, cada ginasta é avaliado consoante dois critérios, o da dificuldade e o da execução. O primeiro critério avalia cada exercício por partes de valor, referente à inclusão de exercícios com maior cotação dada no código de pontuação, por elementos do grupo, referente às orientações relativas à composição dos exercícios, tais como, variedade dos elementos

optados, postura do ginasta, mudança de direção, entre outros, e por valor de ligação, que combina os elementos de forma a criar um esquema o mais rico possível. Já o segundo critério avalia a execução de cada movimento, referente à postura corporal e técnica de execução exigida para cada um. Este mesmo código é utilizado em todos os eventos de ginástica a nível internacional, no Campeonato da Europa, Campeonato do Mundo e nos Jogos Olímpicos. Já a nível nacional, as federações optam por ter um código interno adequado ao nível dos ginastas com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento inicial da GA a nível nacional (Federação de Ginástica de Portugal, 2022).

O código de pontuação serve como um guia de uniformização das regras de pontuação permitindo que haja um julgamento mais íntegro por parte dos juizes, e orientador dos ginastas e treinadores para a construção dos esquemas de competição. Este é atualizado de 4 em 4 anos, após cada ciclo olímpico, devido à tendência do desenvolvimento dos movimentos gímnicos em cada aparelho (Mélissa, 2010).

2. Formação de um atleta de ginástica artística

Ser atleta de alta competição na atual sociedade, tornou-se um trabalho exigente que requer compromisso, estabilidade e planeamento a longo prazo com vista ao aumento da performance. Para além da evolução existente nas modalidades de alta competição, da exigência e dos objetivos impostos, à medida que a investigação nessa área aumenta, por conseguinte, descobrem-se novas formas de formar um atleta direcionado para os objetivos da modalidade, resultando também no aumento do grau de dificuldade dessa modalidade para os atletas, tornando-se mais difícil alcançar o topo. O desenvolvimento de novas tecnologias e o avanço da pesquisa fisiológica vieram limar certas lacunas existentes que visam a melhoria da performance, resultando também, no entanto, em maior quantidade de atletas mais bem preparadas para as competições, por sua vez, em competições mais renhidas, tornando o pódio um objetivo mais difícil de alcançar (Joyce & Lewindon, 2014, p. ix).

Para se poder destacar no desporto de alto rendimento, é necessário que o atleta consiga alcançar não só uma combinação de habilidades motoras e capacidades físicas, como também resiliência mental (Joyce & Lewindon, 2014, p.ix), sendo esta uma característica que todos os verdadeiros atletas têm em comum, como que um impetuoso desejo por ser o melhor e se superar a cada passo (Joyce & Lewindon, 2014, p.xii).

Dois dos principais objetivos alusivos ao treino da performance passam 1) induzir adaptações fisiológicas neurais e musculares, de forma a que se consiga aumentar o nível competitivo do atleta, sem que haja deterioração a longo termo da capacidade funcional visando assim reduzir o risco de lesão, 2) e ainda que seja robusto o suficiente para servir como um elemento de suporte ao treino da modalidade em si (técnico e tático). No entanto, é preciso ter em consideração o princípio da variabilidade individual, ou seja, que a resposta do ginasta ao treino e à competição varia de dia para dia, semana após semana, mês após mês e temporada após temporada. Neste sentido o modelo ideal de treino para se triunfar na alta competição, necessita de uma equipa interdisciplinar de modo a conceber um programa individual para o ginasta (Joyce & Lewindon, 2014).

Importa referir a diferença entre estrutura de trabalho interdisciplinar e multidisciplinar. Quando nos referimos a uma estrutura de trabalho multidisciplinar, estamos a envolver diversas profissões importantes para o desenvolvimento do atleta, tais como, o treinador, o preparador físico, o médico, o psicólogo, o nutricionista, o fisiologista do exercício, entre outros, que desenvolvem, no entanto, um trabalho independente umas das outras. Numa estrutura de trabalho interdisciplinar, há a mesma envolvência das profissões, mas essencialmente a trabalhar de forma integrada e simbiótica, aceitando o facto de que, dependendo de variáveis como o estado físico e psicológico do atleta e da fase da época em que este se encontra, há um grupo com um papel mais importante que os outros, estando, no entanto, em constante comunicação (Joyce & Lewindon, 2014, p.xi).

Desde cedo que se sente a necessidade de se conseguir avaliar as capacidades físicas de cada atleta, essencialmente as suas capacidades físicas condicionais, relacionadas com a força, a velocidade e os sistemas energéticos, de forma a fornecer informação mais objetiva dos efeitos dos programas de treino, avaliar o impacto gerado pelas estratégias de intervenção específicas, maximizar os conhecimentos tanto do atleta como do treinador sobre as necessidades da modalidade e ainda obter informações sobre como preparar o corpo dos atletas durante o seu crescimento (Joyce & Lewindon, 2014, p.3). Este processo envolve a análise do desempenho dos ginastas, tanto no treino como nas competições, de forma a desenvolver programas de treino adequados, que suportem as exigências específicas de cada modalidade (Federação de Ginástica de Portugal, 2019).

2.1. Crescimento, desenvolvimento e maturação dos ginastas

A infância e a adolescência são períodos onde ocorrem atividades biológicas específicas, dadas como crescimento, que engloba o aumento do tamanho dos diversos tecidos e partes do corpo, desenvolvimento, sendo um conceito mais qualitativo, que abrange não só atividades biológicas como também comportamentais, e por fim, a maturação, que envolve todo o tempo necessário para os diferentes sistemas se tornarem maduros (Lloyd & Oliver, 2020). Particularmente, o desenvolvimento em crianças e/ou adolescentes é não-linear devido às interações do crescimento, maturação e treino (Lloyd & Oliver, 2012). A ginástica, nas suas múltiplas disciplinas, vai qualitativa e/ou quantitativamente para além das necessidades naturais e essenciais do praticante. Para se formar ginastas fortes e equilibrados, é necessário ter atenções especiais, não só em termos físicos, mas também em termos éticos e morais (Federação de Ginástica de Portugal, 2019).

Entramos num campo que vale a pena ser explorado, dado que a prática desportiva se inicia normalmente desde criança e que o processo de ontogénese apresenta uma elevada variedade inter-individual (Haff & Triplett, 2016, p.136). Durante este processo existem “períodos sensíveis”, definidos como períodos de tempo durante os quais a criança está mais sensível para aprender uma determinada habilidade ou desenvolver uma determinada capacidade motora (Scott, 1986). Estes períodos acontecem diversas vezes ao longo do período de maturação, sendo caracterizados por eventos críticos que influenciam o crescimento, desenvolvimento e maturação, períodos que aceleram o crescimento e o desenvolvimento do corpo, segmentos corporais, órgãos, tecidos e células, por uma extrema sensibilidade a fatores que estimulam o crescimento e por uma maior vulnerabilidade para efeitos prejudiciais durante estas fases (Virus et al., 1999). É importante saber identificar os períodos em que se deve trabalhar as várias componentes para que as crianças/adolescentes adquiram o máximo de potencialidades possíveis. Em modalidades como a ginástica e principalmente no sexo feminino, é importante ter isso em conta, pois num nível mais elevado é exigido às ginastas que mantenham os seus corpos regulares durante o período de crescimento, de forma a que não haja surpresas, como mudanças repentinas de peso ou evolução das características sexuais secundárias, para que possam ter um desempenho irreprovável e continuar a ser figuras elegantes e graciosas (Moeskops et al., 2019). Intuitivamente, na ginástica dá-se preferência a atletas que tenham maturações mais tardias e com estaturas mais reduzidas (Lloyd, Oliver, et al., 2014). Torna-se assim prático conseguir deduzir as variações que irão acontecer durante o crescimento de cada atleta.

Com o aumento da complexidade e intensidade dos treinos perante fatores anatômicos, fisiológicos e psicossociais, torna-se necessário saber identificar as diversas fases de crescimento, desenvolvimento e maturação da criança-atleta (Haff & Triplett, 2016, p.136) Importa entender que atletas com a mesma idade cronológica apresentam taxas de crescimento dispare, e diferenças ao longo do crescimento (Katzmarzyk et al., 1997). Quando nos referimos à idade definida pelo nascimento de um indivíduo determinada pela data do calendário civil, estamos a aplicar o conceito de idade cronológica, enquanto que a idade biológica depende do relógio maturacional de cada indivíduo, com características qualitativas e quantitativas observadas pelo indicador biológico, pelo que, pode não coincidir com a idade cronológica (Guedes, 2011). Os treinadores da GA não se podem reger pelo critério da idade cronológica (Moeskops et al., 2019), uma vez que as crianças experienciam níveis de crescimento flutuantes (Stratton & Oliver, 2019). Uma vez que a competência técnica é uma componente preponderante para a prescrição do treino, é imperativo ter-se em conta a idade biológica de cada atleta dentro do seu escalão competitivo (Lloyd, Oliver, et al., 2014; Moeskops et al., 2019), como meio para determinar o seu nível. Com um claro entendimento da idade biológica, consegue-se prescrever estratégias de treino mais apropriadas às necessidades e objetivos de cada atleta (D. George et al., 2013).

2.2. Fatores de risco de lesão na ginástica artística

A GA é reputada como uma modalidade com grande incidência de lesões, sendo que, Campbell (2019) recolheu, num estudo de revisão sistemática, dados epidemiológicos das lesões da GA anuais, onde, para ginastas do sexo feminino, a incidência de lesões varia entre 3.0 a 4.0 por ginasta (Caine et al., 1989; G. Kolt & Kirkby, 1999) e, para ginastas do sexo masculino, a incidência de risco de lesão é de 1.0 por ginasta (Bak & Kalms, 1994). As lesões mais comuns na GA, ocorrem mais nos membros inferiores para ginastas do sexo feminino (Caine et al., 1989, 2003; Dixon & Fricker, 1993; Lindner & Caine, 1990; Okane et al., 2011; Rizzone et al., 2017; Vanderlei, 2013) e nos membros superiores para o sexo masculino (Bak & Kalms, 1994; Dixon & Fricker, 1993), sendo que, no sexo feminino há muitas entorses, distensões musculares (Caine et al., 2003; Kay et al., 2017; G. Kolt & Kirkby, 1999; G. S. Kolt & Kirkby, 1995; Okane et al., 2011), fraturas (Lindner & Caine, 1990) e lombalgias (Dixon & Fricker, 1993) e no sexo masculino, a pouca evidência encontrada aponta para lesões na coifa dos rotadores do ombro (Dixon & Fricker, 1993).

O descondicionamento físico associado ao crescimento e desenvolvimento pode ser especialmente prejudicial, pois os fatores de risco de lesão podem se manifestar durante a maturação (Ford, Myer, et al., 2010; Hewett et al., 2004; Myer et al., 2009). Na ausência de uma resposta de adaptação neuromuscular suficiente, o crescimento musculoesquelético pode influenciar o desenvolvimento de mecanismos associados a movimentos anormais durante certas atividades ao longo da maturação (Ford, Shapiro, et al., 2010; Hewett et al., 2004). Se não forem tratados precocemente, esses fatores de risco de lesão relacionados com o desenvolvimento podem continuar durante a adolescência e até à idade adulta, predispondo os ginastas a um risco aumentado de diversas lesões músculo-esqueléticas (Hewett et al., 2005; Myer et al., 2010; Myer, Sugimoto, et al., 2013).

Para além disso, derivado da exigência imposta na GA, os treinadores solicitam às crianças ainda em fase de experimentação e integração no desporto em geral, que optem por seguir unicamente esta modalidade, como forma de as treinar e especializar precocemente para competições futuras (Bencke et al., 2002; Pion et al., 2015). No entanto, estes métodos de integração na modalidade podem-se tornar imprudentes e culminar numa série de lesões associadas à falta de preparação para as exigências da ginástica (Nader et al., 2008; Nyberg et al., 2009), ainda para mais quando os treinadores tentam apressar o processo de treino e formulam erroneamente os programas de treino ou não dão a devida atenção aquando da execução dos mesmos, regendo-se pela velha e inadequada máxima de “tudo conta para chegar ao topo” (G. Myer et al., 2011).

2.2.1. Tríade da mulher atleta

A tríade da mulher atleta, refere-se à interrelação entre a quantidade de energia disponível, a função menstrual, e a densidade mineral óssea, que pode ter manifestações clínicas, onde se incluem distúrbios alimentares (e.g. anorexia e bulimia), amenorreia hipotalâmica funcional e osteoporose (Nattiv & Agostini, 1994; Yeager & Agostini, 1993). A combinação destes fatores pode constituir risco para a saúde das adolescentes e mulheres ativas (Nattiv et al., 2007), inclusive tornar-se irreversível, pelo que, para que se possa prevenir, é imperativo diagnosticar precocemente e proceder ao tratamento (Nattiv et al., 2007). Sendo a GA uma disciplina estética, muitas vezes as atletas sofrem pressão intrínseca e/ou extrínseca a nível alimentar suscitando distúrbios a nível menstrual e níveis mais reduzidos de densidade mineral óssea prejudicando a saúde óssea, que indiretamente induz a amenorreia e produz menores níveis de

estrogênio e outras hormonas metabólicas, influenciando o processo de formação óssea (Nattiv et al., 2007). A prolongada redução da acumulação de mineral ósseo com consequente redução dos níveis de densidade mineral óssea e a irregularidade menstrual, propicia a ocorrência de fraturas por stress (Gabel, 2006; Nattiv et al., 2007). Pode ainda provocar problemas psicológicos associados a distúrbios alimentares, auto-estima, depressão e ansiedade (Rome et al., 2003). Para que se possa prevenir a tríade é necessário que a equipa em torno da atleta em questão, siga a nível alimentar, físico e psicológico (Jemni et al., 2017).

2.3. Treino integrativo neuromuscular

Atualmente, os movimentos realizados na própria ginástica e o esforço excessivo provocado aos ginastas são as causas mais comuns de lesões dentro desta modalidade (Hambidge et al., 2002). Conjugando esta informação com os fatores de risco de lesão associados ao crescimento relatados anteriormente, torna-se imperioso atentar à prevenção prévia. Surgiu por necessidade, a participação em atividades de fortalecimento e melhoria das habilidades durante a infância, a fim de evitar declínios no desenvolvimento de habilidades motoras e aptidão neuromuscular durante a adolescência (Basterfield et al., 2011), e ainda como forma de reforçar o trabalho realizado no treino da modalidade, muitas vezes dispensado por não se reconhecer o seu valor ou por falta de tempo.

O treino integrativo neuromuscular é definido como um modelo que incorpora atividades de força e condicionamento gerais e específicas, assim como exercícios de estabilidade dinâmica, treino de core, treino pliométrico e treino de agilidade (Myer et al., 2011; Myer et al., 2011). Este modelo de treino ajuda os jovens a dominar as habilidades motoras, a aumentar a mecânica do movimento e a melhorar as suas capacidades físicas através de um programa que enfatiza a progressão, a variedade e os intervalos de recuperação apropriados com o objetivo final de haver melhorias na saúde e nas componentes relacionadas à aptidão física (Faigenbaum et al., 2010; Myer et al., 2011). A educação apropriada à idade e a instrução por profissionais qualificados são os dois grandes pilares basilares deste tipo de treino (Myer et al., 2011), respondendo assim a questões como o que se deve treinar com crianças e jovens, a partir de que idade e com que cuidados, pois uma criança que comece a treinar desde cedo mas sem ter supervisão durante o treino não significa que será melhor num desporto do que uma criança que comece a treinar mais tardiamente mas com supervisão (Myer, Lloyd, et al., 2013), tal como uma criança que inicie um desporto

desde cedo mas que nunca tenha praticado outro significa que vingar-se melhor nesse desporto do que uma criança que acabe a praticá-lo mas que já tenha tido outras experiências (Myer et al., 2016). Aliás, há evidência científica que suporta que a especialização precoce num só desporto pode levar a défices nas habilidades motoras, aumentando o risco de lesões e reduzindo as oportunidades que a criança pode vir a ter mais tarde na performance desportiva (Hall et al., 2015; Mostafavifar et al., 2013), daí tornar-se essencial a criação deste tipo de programas.

3. Capacidades físicas da ginástica artística

Como supramencionado, a GA requer elevados níveis de capacidades físicas capazes de preencher as exigências impostas pela modalidade (Moeskops et al., 2019), sendo necessário conjugar as diversas capacidades físicas, comum a todas as ginásticas, com um nível alto de condição metabólica, para que haja sucesso no desempenho dos movimentos gímnicos, tais como saltar, empurrar, puxar e correr explosivamente para ou em cima dos aparelhos enquanto se equilibram e executam graciosamente os seus esquemas (Nassib et al., 2020). Desta forma, os treinadores reclamam mais horas de treino, havendo aumento do volume e também da intensidade do próprio treino em idades cada vez mais jovens, como forma de preparar melhor os atletas para a competição. Também o fator tempo é uma peça-chave aqui, uma vez que há certos movimentos que requerem demasiado de um ginasta, levando anos a treinar e a preparar o atleta para os executar em segurança (Fink et al., 2017). Tudo isto faz com que a preparação técnica dos ginastas tenha de ser mais efetiva, evitando lesões e falhanços futuros (Nassib et al., 2020).

Para que possamos entender melhor as potenciais capacidades físicas que um ginasta de alta competição necessita trabalhar com maior ênfase, importa primeiro identificá-las. No que diz respeito ao seu nível de relevância para a modalidade em si, considera-se a GA como uma das modalidades mais completas em termos físicos, sendo praticamente impossível particularizar uma capacidade das citadas posteriormente, sem que isso interfira com a performance final do atleta em algum dos aparelhos. De seguida encontra-se apresentado as capacidades físicas da GA e como estas devem ser trabalhadas segundo a literatura existente.

3.1. Força

A modalidade da GA exige elevados níveis de força em ambos os membros, especialmente força máxima, em consonância com elevados níveis de potência, de forma a conseguir obter um bom desempenho e a executar com segurança as diversas sequências de movimentos dinâmicos exigidas (Welsh Gymnastics, 2016). Estes movimentos requerem uma série de combinações entre ações excêntricas e concêntricas, sendo que muitos dos movimentos dependem fortemente da ação muscular excêntrica dos membros inferiores, pois são frequentemente expostos a forças de recepção no solo de várias alturas, velocidades e rotações (Moeskops et al., 2019), sendo evidente que devem manipular a relação impulso-momento para maximizar a produção de força para a execução da tarefa e para tolerar com segurança as diversas forças a que estão expostos, reduzindo o risco de se lesionarem (French et al., 2004). Portanto, a habilidade para recrutar e aumentar a frequência de disparo das unidades motoras de forma a produzir força em movimentos com velocidades variadas é uma determinante importante para os ginastas, que precisa ser desenvolvida desde cedo (Gittoes & Irwin, 2012). Posto isto, elaborando uma espécie de pirâmide da força, podemos afirmar que existe um tipo de força mais relevante, a força máxima, que se encontra na base da pirâmide por ser necessária para o desenvolvimento das outras forças, seguida da força reativa, da força rápida e por fim, da força de resistência.

Para se trabalhar esta capacidade física, é necessário desnudar os receios que existem sobre a aplicação de treinos de força a crianças e jovens de ambos os sexos. Programas de treino de força máxima com intensidades e volumes adequados podem aumentar a força muscular em rapazes e raparigas para além dos incrementos atribuíveis ao crescimento e da maturação (Faigenbaum, 2005; Faigenbaum et al., 1993, 2002; Lillegard et al., 1997; Pfeiffer & Francis, 1986; Ramsay et al., 1990; Weltman et al., 1986). Investigações concluíram que aumentos de força máxima em idades precoces, especialmente quando se inicia na modalidade, estão associados à melhoria das qualidades neuromusculares. Os ganhos de força máxima na pré-adolescência associam-se a mecanismos neurais, como aumentos na ativação e sincronização das unidades motoras e/ou recrutamento aprimorado e ainda um aumento da frequência de disparo das unidades motoras. Já na adolescência existe uma maior influência das hormonas circulantes, como a testosterona e a hormona do crescimento nos ganhos de força muscular (Granacher et al., 2011; Lloyd, Faigenbaum, et al., 2014; Ozmun et al., 1994; Quatman et al., 2006). O ênfase dado a este tipo de treino prende-se no facto de aumentar a força máxima, a potência e a resistência muscular (Lloyd, Faigenbaum, et al., 2014; Smith et al., 2014), e ainda influenciar muitas outras medidas relacionadas

com a saúde e a condição física, conseguindo alterar favoravelmente parâmetros anatómicos e psicossociais, reduzir a incidência de lesões e melhorar as capacidades físicas e o desempenho desportivo do jovem atleta (Behringer et al., 2011; Faigenbaum, 2004; McLeod et al., 2011; Strong et al., 2005). No caso específico dos ginastas, uma vez que a GA depende muito da força que se consegue realizar de forma a conseguir aguentar com o peso corporal, e em certos movimentos, mais que o peso corporal, é necessário desenvolver a sua força relativa, devendo-se apropriar o treino nesse sentido (Schoenfeld, 2010). Para se iniciar qualquer tipo de treino de força, essencialmente em crianças ou jovens não familiarizados com este tipo de treino, devem-se utilizar exercícios calisténicos de intensidade baixa a moderada e de execução técnica simples (Myer, Lloyd, et al., 2013) A carga de treino deve progredir gradualmente através de incremento na intensidade do estímulo (Sands et al., 2000), de forma a garantir adaptação neuromuscular contínua. O treino da performance tem de ser visto como um treino complementar ao treino da modalidade, que servirá para reduzir o risco de lesão, melhorar a performance física e para melhorar a recuperação, reduzindo a acumulação de fadiga (Difiori et al., 2013; Faigenbaum et al., 2009, 2010; Faigenbaum, Myer, et al., 2011; Lloyd, Faigenbaum, et al., 2014; McLeod et al., 2011).

3.2. Velocidade

Considera-se como fase de aceleração o momento em que o ginasta corre a uma velocidade máxima contra uma superfície (Moeskops et al., 2019), denominada mesa de saltos. A capacidade de acelerar exige a aplicação de altas forças de reação do solo resultantes numa direção horizontal relativamente ao peso corporal (Meyers et al., 2015). A velocidade máxima normalmente ocorre entre os 15 e os 30 metros em jovens atletas (Moeskops et al., 2019), e refere-se ao ponto em que as forças externas não modificam mais a velocidade.

A aproximação à mesa de saltos exige uma rápida aceleração (à volta de 25 metros), para que os ginastas consigam executar uma descolagem explosiva que permita levar impulso suficiente para executar a acrobacia (Bradshaw & Sparrow, 2004). Estima-se que a velocidade da corrida seja inversamente proporcional com a estatura e massa corporal dos ginastas dos 11 para os 12 anos e dos 13 para os 14 anos (Bradshaw & Rossignol, 2004). Isto pode acontecer devido à não-linearidade inerente ao processo de crescimento das crianças, podendo haver uma disrupção temporária após o pico de velocidade de crescimento, que altera a capacidade de coordenação motora dos jovens (Beunen & Malina, 1988; Malina et al., 2004). No entanto, é

necessário que os ginastas saibam subjugar as suas capacidades com a vantagem de realizarem uma corrida de velocidade rápida para a mesa de saltos e posterior descolagem para que consigam desempenhar o seu salto e aterrar com êxito (Bradshaw & Rossignol, 2004), demonstrando a importância de se desenvolver velocidades máximas nos ginastas.

Alguns investigadores indicam que o treino de velocidade é ótimo quando a prescrição vai de acordo com os processos naturais adaptativos que ocorrem durante a maturação, um fenómeno denominado por adaptação sinérgica (Faigenbaum et al., 2007; Lloyd, Radnor, et al., 2015). Por exemplo, quando o objetivo é aumentar a velocidade da corrida em populações pré-púberes, utilizar a pliometria para obter adaptações mediadas neuralmente durante esse estágio de maturação é uma forma favorável de treino (Faigenbaum et al., 2007; Hewett & Myer, 2011; Lloyd, Radnor, et al., 2015; Lloyd et al., 2011; Radnor et al., 2017). Enquanto os programas neuromusculares integrados, inclusive de treino de força e pliometria, aumentam a velocidade (embora às vezes indiretamente) em jovens atletas (Faigenbaum, Farrell, et al., 2011; Hewett & Myer, 2011; Lloyd, Radnor, et al., 2015; Lloyd et al., 2011; Radnor et al., 2017; Welsh Gymnastics, 2016), o treino de velocidade específico pode fornecer adaptações adicionais na velocidade de corrida para jovens ginastas, tornando-se uma capacidade que deve ser otimizada o quanto possível. Também o treino da corrida com aproximação a um objeto a várias distâncias deve ser executado desde cedo (Bradshaw & Sparrow, 2004), para que o retardamento da velocidade no momento da aproximação ao mesmo não seja um fator limitante do desempenho do ginasta (Bradshaw & Sparrow, 2004; Bradshaw & Rossignol, 2004; Fransson et al., 2004).

3.3. Potência

Em termos mecânicos, a potência pode ser definida como o produto da força produzida pela velocidade num determinado movimento. O pico de potência mostrou ser um indicador essencial para o desempenho dos ginastas (Jemni, 2017), uma vez que, ginastas com maiores níveis de força máxima, e subseqüentemente reativa, e maiores níveis de potência concêntrica e excêntrica são considerados mais hábeis na produção de ações musculares mais vigorosas ao longo do espectro da curva de força-velocidade (French et al., 2004), possibilitando a execução de acrobacias com um maior grau de dificuldade. Estudo demonstra que o treino de força máxima promove melhorias na relação potência-massa, reduções na massa gorda e aumentos da massa isenta de gordura, através do aumento do pico de potência. Desta forma, consegue-se promover

maior altura nos saltos e aumentos no tempo de voo, sendo importante para a realização de ações com maior grau de dificuldade (French et al., 2004).

A capacidade de produzir maiores ganhos na potência muscular advém do tipo de ação musculares envolvidas e das sinergias estabelecidas entre as mesmas, tendo sido sugerido pela literatura que os ginastas que realizam uma ação excêntrica antes de uma ação concêntrica apresentam maiores ganhos de potência do que quando realizam uma ação concêntrica isolada (Komi, 2000). Já foi comprovado que esta sequência, denominada como ciclo de alongamento-encurtamento, é um indicador chave do desempenho dos ginastas entre os 8 e os 15 anos (Bradshaw & Rossignol, 2004; Bradshaw & Sparrow, 2001).

O treino da modalidade por si só, combinado com o crescimento, desenvolvimento e maturação não garante aumentos na potência. “Conseguir saltar o mais alto possível, no menor tempo de contacto com o solo de forma a obter valores ótimos de potência utilizando tantos saltos quanto possível.” (Marina & Jemni, 2014, p. 10), perfaz a combinação do tempo de voo, tempo de contacto, potência de salto e contacto com o solo que exatamente caracteriza o perfil dos saltos dos ginastas e os distingue. Ao dar prioridade a menores tempos de contacto com o solo resulta em ciclos musculares de alongamento-encurtamento mais rápidos, o que pode originar alturas de salto mais curtas, enquanto que priorizar maiores tempos de contacto com o solo pode originar o inverso (Louder et al., 2015), sendo que, é importante para os ginastas conseguir distinguir consoante cada movimento, o que devem priorizar, devendo trabalhar em ambos os sentidos. Conseguem-no realizar através do treino pliométrico, no entanto, como os treinos dos ginastas nas suas modalidades já envolvem diversos exercícios de pliometria, é vantajoso prescrever treinos que se foquem noutras zonas da curva da força-velocidade (Moeskops et al., 2019), salientando componentes específicas menos trabalhadas.

3.4. Equilíbrio

O processo de equilibrar o corpo envolve informação sensorial vinda dos sistemas propriocetivo, vestibular e visual (Hrysomallis, 2011; Nashner, 1997), de forma a manter o centro de gravidade do corpo acima da base de suporte (Croft et al., 2008). Os ginastas têm também que ter capacidade para, com os seus membros superiores e inferiores, se equilibrarem e manterem a postura corporal, durante os movimentos estáticos e dinâmicos (Hedbávný et al., 2013). Existem diversos fatores que podem afetar a estabilidade dos ginastas, como por exemplo o tamanho da base de suporte, a

altura do centro de gravidade e o número de membros em contacto com os aparelhos (Lloyd & Oliver, 2012). A GA é uma modalidade que apresenta diversos aparelhos com propriedades mecânicas diferentes capazes de afetar a estabilidade dos ginastas aquando da execução dos movimentos (Sobera et al., 2007). Existem, portanto, certas estratégias que se adotam para tentar manipular melhor estas variáveis, tais como a estratégia do pulso, que envolve aumentar o centro de gravidade dos dedos ou do pulso, dependendo da direção do movimento do centro de gravidade (Hedbávný et al., 2013), de forma a que se consigam equilibrar melhor, ou então, a estratégia do ombro, utilizada quando as áreas de superfície são muito pequenas, como nas paralelas assimétricas (Hansen et al., 2015).

Uma vez que existe um maior desenvolvimento do equilíbrio por parte dos ginastas durante a infância em relação a crianças da mesma idade (Wang et al., 1992), a inclusão do treino de equilíbrio na rotina dos ginastas pode não ser necessário. No entanto, devem-se realizar exercícios durante o aquecimento e em sessões específicas para redução do risco de lesões que contenham controlo da postura corporal, da postura do tronco, equilíbrio, e que por acréscimo promovam ganhos de força (D. George et al., 2013). Constata-se assim que não só é necessário que haja treinos da modalidade em questão para desenvolver e aperfeiçoar as capacidades físicas, mas também que treinos extra-modalidade, como treinos específicos de capacidades físicas são necessários para se conseguir progredir.

3.5. Flexibilidade

Ao contrário de outros desportos que requerem amplitudes de movimento ótimas para adquirir as habilidades e vantagens mecânicas (Moeskops et al., 2019), a GA é um desporto estético que requer amplitudes extremas de movimento de forma a atingir certas posições e técnicas, que vão ao encontro dos parâmetros exigidos aos ginastas, para que possam obter a melhor pontuação possível. Deve-se enfatizar o treino de flexibilidade durante a infância e adolescência para que se consiga maximizar a amplitude articular, sendo ainda necessário fazer trabalho de força para redução do risco de lesões provenientes das extremas amplitudes aplicadas na GA (Sands & McNeal, 2014).

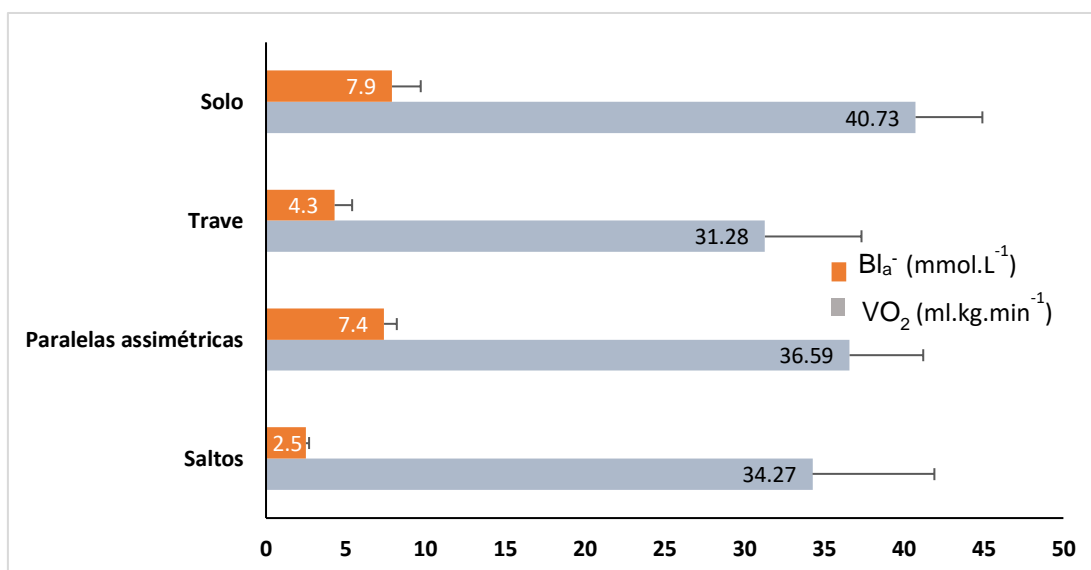
Existem diversas formas de treinar esta capacidade motora, podendo ser através de alongamentos estáticos (Malina, 2007; Sands, 2000), balísticos (Rubini et al., 2014; Wicke et al., 2013), através de facilitação neuromuscular propriocetiva, um método bastante utilizado para aumentar as amplitudes dos movimentos em jovens (Sands et

al., 2006) e ainda, outros tipos de treino menos utilizados, como o treino vibratório que ainda não está bem estudado, que diz ser um treino menos doloroso e com melhorias agudas e crônicas de 400% e 100%, respetivamente (Sands, 2000).

3.6. Condição metabólica na ginástica artística

Sendo a ginástica uma modalidade bastante rigorosa em todos os aspetos, abrangendo movimentos elegantes, dinâmicos e estáticos dotados de força, agilidade, coordenação, equilíbrio e controlo corporal, ainda com a particularidade de se executarem em aparelhos gímnicos, o seu nível torna-se bastante exigente. Posto isto, Marina e Rodríguez (2014), realizaram um estudo com 8 ginastas artísticas do sexo feminino, com o propósito de estudar algumas variáveis fisiológicas, como a frequência cardíaca (FC), o consumo de oxigénio ($\dot{V}O_2$) e a concentração de lactato sanguíneo (BL_a^-) após uma simulação de competição. Observaram que durante as rotinas os picos de BL_a^- (BL_{a^-pico}) variavam entre 4.7-10.5 mmol.L⁻¹, os picos do $\dot{V}O_2$ ($\dot{V}O_{2pico}$) variavam entre 38.57-50.29 mL.kg.⁻¹min⁻¹ (Figura 1) e os picos da FC (FC_{pico}) variavam entre 174-203 b.min⁻¹. Estas exigências fisiológicas sugerem que as competições da GAF são realizadas maioritariamente pela via anaeróbia. Para complementar, Marina e Rodríguez (2014) ditaram que a contribuição da via anaeróbia e a cinética da FC (maioritariamente elevadas) depende do tipo de aparelho, tornando-se necessário que as ginastas tenham um nível físico elevado. A natureza explosiva e a curta-duração das rotinas da GA indicam que a via principal que fornece adenosina trifosfato (ATP) necessária à contração muscular são as vias da adenosina trifosfato-fosfocreatina e a glicolítica anaeróbia (Marina & Rodríguez, 2014; Moeskops et al., 2019).

Figura 1 - Valores de $\dot{V}O_2$ e BL_{a^-} das rotinas da GAF.



Nota: Dados apresentados como média e desvio padrão. Abreviaturas: $\dot{V}O_2$, consumo de oxigênio; BL_{a^-} , concentração de lactato sanguíneo. Fonte: Marina e Rodríguez (2014).

Recentemente, começou a estudar-se uma vertente até agora ignorada nas competições de GAF, relativa à utilização da via aeróbia durante as mesmas (Marina & Rodríguez, 2014). De acordo com resultados adquiridos na prova de esforço cardiopulmonar realizada em passadeira com o objetivo de avaliar a capacidade aeróbia das ginastas, os valores médios de consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$) rondam os 56 mL.kg⁻¹.min⁻¹ e os valores da FC_{max} próximos dos 210 b.min⁻¹ (Marina & Rodríguez, 2014). À partida, a capacidade aeróbia não é determinante para a performance dos ginastas, uma vez que a ginástica envolve movimentos curtos e explosivos, que estão permanentemente a utilizar o metabolismo anaeróbio (Moeskops et al., 2019). No entanto, não se pode afirmar que não há recurso a esta capacidade (Jemni, 2017), uma vez que foi demonstrado em ginastas adolescentes do sexo feminino que os seus perfis aeróbios atingiram valores muito altos após as rotinas competitivas, como cerca de 85% do $\dot{V}O_{2max}$ (relativamente à massa corporal) destacado para o aparelho do solo (Marina & Rodríguez, 2014).

De acordo com estes dados, podemos afirmar que os ginastas trabalham muito perto do segundo limiar ventilatório (LV2) (Lloyd & Oliver, 2012), indicando a necessidade de programas de treino de alta intensidade (Moeskops et al., 2019). No entanto, ao trabalhar a capacidade aeróbia os ginastas irão conseguir recuperar mais

rapidamente entre os esquemas dos diferentes aparelhos, estando mais habilitados a sustentar níveis de performance mais elevados e a reduzir o seu risco relativo de lesões provocadas pela fadiga periférica (e.g. acumulação de iões H^+ , ADP, Pi) (Moeskops et al., 2019).

4. Avaliação dos atletas da ginástica artística

Cada vez mais se torna imperativo que um profissional de exercício físico que esteja em contacto direto com uma modalidade como a GA, esteja a par das novas descobertas e avanços científicos que se realizam visando o desenvolvimento da modalidade e do atleta dentro da mesma. Para se conseguir avaliar se um ginasta está dentro dos parâmetros desejáveis, é necessário realizar avaliações aos mesmos e comparar os seus valores com os valores de referência, estipulados previamente por profissionais da área em comunhão com a comunidade científica. Estas avaliações não devem ser só referentes à composição corporal do atleta, mas também às suas capacidades físicas, auxiliando assim os treinadores e equipa envolvente sobre quais os aspetos físicos que os ginastas precisam de aperfeiçoar para melhorar o seu desempenho.

A realização de avaliações para posterior controlo do treino, tornou-se imprescindível desde o momento em que, aliada à crescente evolução das exigências competitivas, veio uma profunda compreensão dos fenómenos que contribuem decisivamente para o rendimento desportivo (Cabral, 2003; Fernandes, 2003). É preciso, no entanto, ser cauteloso quanto aos fatores que poderão interferir com os resultados (Alves, 2001), como a predisposição genética, a quantidade e qualidade de carga de treino submetidas antes da competição e o estado nutricional e de saúde do ginasta (MacDougall, 1991). Estes fatores podem enviesar os valores obtidos pelas avaliações de controlo, gerando confusão e possível prescrição de exercício inadequada.

Para melhor expor e clarificar de forma deliberada este tema, consoante a pesquisa realizada com base na literatura científica, o próximo capítulo encontra-se dividido em avaliação morfológica, prova de esforço cardiorrespiratória, e ainda os tipos de teste empregues mais frequentemente e/ou sugestões de métodos para avaliar/aumentar as capacidades físicas das ginastas.

4.1. Avaliação morfológica

É importante conseguir-se avaliar a composição corporal dos ginastas de forma a obter informações sobre o seu desempenho físico e saúde (Ackland et al., 2012). Em desportos em que o peso corporal é uma característica sensível, como no caso da GA, muitos atletas utilizam métodos extremistas para reduzir o peso corporal ou para o manter em níveis baixos, como recorrerem a dietas exageradas e não saudáveis, de forma a ganhar vantagem competitiva (Ackland et al., 2012). A GA é uma das modalidades onde estes métodos são frequentemente utilizados, pelo facto de ser um desporto estético e existir uma certa noção de “corpo perfeito” entre os atletas praticantes da modalidade (Ackland et al., 2012). No entanto, a baixa percentagem de massa gorda, a frequente flutuação de massa corporal, os distúrbios a nível alimentar e a insuficiente densidade mineral óssea são fatores preocupantes que afetam os atletas e podem pôr em causa toda a sua performance física (Nattiv et al., 2007; Sundgot-Borgen & Torstveit, 2010).

A escolha das técnicas e da tecnologia utilizadas para avaliar a composição corporal dependem do propósito para que os dados irão ser tratados. Na alta competição, a avaliação da composição corporal deve seguir uma seleção criteriosa, ser usada para avaliar a efetividade de um exercício ou de uma intervenção dietética, ou para monitorizar o estado de saúde do atleta (Cheetham et al., 1985). De seguida discutem-se os métodos aplicados na parte prática do estágio para a medição da composição corporal:

4.1.1. Índice de massa corporal

Devido ao baixo peso corporal e estatura característico dos ginastas artísticos (Georgopoulos et al., 2012; Sterkowicz-Przybycień et al., 2019), o índice de massa corporal, por conseguinte, é baixo também, em relação ao normal (Anexo 1). O peso corporal, a estatura e a estatura sentado são indicadores que podem ser facilmente avaliados com grande precisão, no entanto, não se consegue distinguir quanto desse peso é massa gorda ou massa isenta de gordura, o que limita esta avaliação. Ainda para mais temos de ter em conta a variabilidade inter-individual existente, principalmente no desporto onde existem discrepâncias grandes entre os valores considerados como normais para os atletas consoante os desportos (Heyward & Stolarczyk, 1996).

4.1.2. Perímetros

No geral, não existe uma relação negativa tão direta nos perímetros dos ginastas como as que se observam anteriormente, uma vez que podem apresentar grandes perímetros associados a toda a secção transversa de um segmento corporal (toda a estrutura morfológica) (Bacciotti et al., 2018). A medição dos perímetros apresenta um erro padrão de estimação maior que 3% (Lohman et al., 1992), sendo um procedimento rápido, de fácil acesso e não dispendioso (Nhanes manual, 2007).

4.1.3. Bioimpedância

A bioimpedância, essencialmente no campo dos atletas, permitem-nos obter variáveis como a água corporal total e a massa isenta de gordura (Lukaski et al., 2017). Ainda, dá-nos acesso ao ângulo de fase de cada indivíduo, que é uma referência sobre o estado de hidratação dos tecidos (Marini et al., 2020). Este ângulo é um indicador prático de sobrevida, indicador antecedente do estado nutricional, biomarcador de força e da resistência muscular, estando relacionado com a inflamação, lesões musculares e alterações a nível de fluídos (Norman et al., 2012). No entanto, a sua baixa precisão na estimação da água corporal e da massa gorda, que apresentam um erro padrão de estimação de 3,5% (Lohman et al., 1992, p.79-88), é um fator limitante deste método. Existem diversos pré-requisitos a ter em consideração para realização desta avaliação (Anexo 2).

Como se pode averiguar, todos os métodos apresentam as suas limitações, seja na metodologia, praticabilidade, fiabilidade ou apresentação de dados. Daí haver uma importância grande em se conseguir obter o maior número de dados possíveis segundo uma lógica, de forma a conseguir realizar um perfil mais completo possível do atleta.

4.1.4. Avaliação das capacidades físicas

Os ginastas são diariamente expostos a atividades que envolvem grandes volumes de força máxima, reativa e relativa, pelo que, examinar as repostas gerais e individuais irá fornecer uma visão útil sobre o treino nesta população em específico (Anderson et al., 2015). De forma sucinta, já utilizado na ginástica, existem para as diversas capacidades físicas, e também habilidades motoras, os seguintes testes ou baterias de teste:

1. Avaliação da aptidão funcional – 10 testes de avaliação de aptidão física funcional (Sleeper et al., 2012);
2. Avaliação dos padrões de movimento fundamentais - *Functional Movement Screen* (FMS) (Moeskops et al., 2018);
3. Avaliação da proficiência motora – teste de *Bruininks-Oseretsky* (Vandorpe et al., 2012);
4. Avaliação da coordenação motora – teste de *Korperkoordinationstet Fur Kinder* (KTK) (Vandorpe et al., 2012).

Isoladamente, existem testes que são utilizados para avaliar as mesmas capacidades em atletas, também já administrados em ginastas, tais como, os abdominais tradicionais para avaliação da estabilidade, o teste das flexões de cotovelo para avaliação da força dos membros superiores, o teste dos 20 metros para avaliação da velocidade e o senta e alcança para avaliação da flexibilidade (Vandorpe et al., 2012).

Durante a parte prática do meu estágio, em ginastas utilizámos o teste do *handgrip* (Hg), o *squat jump* (SJ), o *countermovement jump* (CMJ) e o *drop jump* (DJ), e o *rope jump* (RJ), avaliações possíveis e viáveis de executar consoante os materiais que dispúnhamos.

O teste do Hg serve como uma estimativa da força isométrica do membro superior, correlacionando-se com a força noutros grupos musculares (Rantanen et al., 1994). O instrumento utilizado para este tipo de avaliação denomina-se dinamómetro digital e caracteriza-se por ser um instrumento portátil simples e de rápida utilização, para além do seu baixo custo (Frederiksen et al., 2006). É uma forma fácil e confiável de avaliar a força de uma forma geral.

O SJ é um teste indicador da força explosiva do atleta (Marina & Jemni, 2014). Importa avaliar a quantidade de força exercida pelos membros inferiores de forma a saltar o mais alto possível (Moeskops et al., 2019). A GA possui muitos movimentos que exigem que a propulsão dada pelos membros inferiores na altura dos saltos seja suficientemente grande para que eles consigam executar as sequências com sucesso (Moeskops et al., 2019). Daí que seja importante treinar, avaliar e melhorar este tipo de força nos ginastas.

O teste do CMJ pretende avaliar a capacidade muscular de realizar uma ação excêntrica seguida por uma ação concêntrica, sendo de maior duração que o anterior. A diferença entre os dois imerge do facto de, neste teste, existir uma fase excêntrica antes do salto o que permite trabalhar o ciclo de alongamento-encurtamento, numa fase mais lenta, devido ao maior contacto com o solo e ao ênfase dado na altura do salto

(Louder et al., 2015). No entanto, este salto pode ter algumas variações, podendo ser executado numa linha mais horizontal, com ênfase na distância máxima que se consiga alcançar (Louder et al., 2015). Ambos os saltos foram utilizados em ginastas artísticos e são formas de avaliar a potência explosiva dos membros inferiores, muito importante para a execução dos movimentos gímnicos (Turner & Comfort, 2018).

O teste do DJ visa avaliar a capacidade muscular do ginasta de realizar uma ação excêntrica seguida por ação concêntrica de curta duração, facultando informação sobre a potência dos membros inferiores (Turner & Comfort, 2018). O intuito prende-se no facto de tocar o menos tempo possível com os pés no solo após a queda, saltando posteriormente. A orientação de tempos de contacto mais curtos, normalmente incentiva a atividade do ciclo muscular mais rápida (Louder et al., 2015), e ainda, resultam numa melhor reutilização da energia elástica (Wilson et al., 1991).

A diversidade de movimentos exigidos aos ginastas contemplam ciclos de alongamento-encurtamento mais lentos e mais rápidos, pelo que se deve aplicar exercícios que trabalhem ambas as fases (Arampatzis et al., 2001).

O teste do RJ, tem como objetivo executar o maior número de saltos possíveis durante este período de tempo (Marina & Rodríguez, 2013). É uma forma fácil, acessível e rápida de se avaliar a capacidade anaeróbia em ginastas de diversas idades.

4.2. Avaliação da capacidade aeróbia

O método de referência para avaliar a capacidade aeróbia designa-se prova de esforço cardiorrespiratória. Este é um teste utilizado para avaliar a resposta do indivíduo a um esforço físico induzido e controlado (Tran, 2018). É um exame não invasivo e dinâmico, que permite avaliar a resposta a exercícios máximos e/ou submáximos, fornecendo informações úteis para a tomada de decisões clínicas ou de exercícios de treino (Meyer et al., 2005). Esta mede componentes como o $\dot{V}O_{2max}$, o primeiro limiar ventilatório (LV1) e o LV2, a relação das trocas respiratórias, o pulso de oxigénio, a FC, a pressão arterial, a ventilação oscilatória do exercício, a potência circulatória e a pressão parcial do oxigénio expirado, o $\dot{V}O_2$ e a remoção de dióxido de carbono. Ainda, podemos usar na mesma avaliação o eletrocardiograma, adicionando informações cardíacas que podem ajudar na interpretação da tolerância ao exercício. Fornece, portanto, uma análise conjunta de dados que permite uma avaliação completa dos sistemas cardiovascular, respiratório, muscular e metabólico durante o esforço

(Paraskeva et al., 2011). É um bom auxiliar na prescrição mais criteriosa de exercícios para indivíduos saudáveis e atletas (Miller et al., 2005).

Por norma é uma prova efetuada em passadeira ou cicloergómetro e sob protocolos contínuos ou incrementais (Miller et al., 2005), dependendo do que se quer investigar, da disponibilidade do equipamento e condições de avaliação, uma vez que, por exemplo, a passadeira proporciona um esforço mais sistémico, com alcances mais altos e mais relevantes de $\dot{V}O_{2\ max}$, enquanto que o cicloergómetro é mais seguro e facilita a medição de parâmetros como a pressão arterial e a BL_a^- .

Tanto o LV1 e o LV2, como valores de $\dot{V}O_{2\ pico}$ e de $\dot{V}O_{2\ max}$, refletem o grau de adaptação dos humanos ao exercício e o seu nível físico (Meyer et al., 2005). No caso específico dos atletas que realizam pouco treino de resistência aeróbia, os valores destes limiares são mais baixos quando comparados com atletas com um elevado nível de treino de resistência (Chicharro et al., 2000), como no caso da ginástica, que comparado a outros desportos mais aeróbios, como a natação e atletismo de longa-distância apresenta valores de $\dot{V}O_{2\ max}$ mais baixos (Burke & Brush, 1979; Cunningham & Eynon, 1973).

Os limiares aeróbio e anaeróbio podem ser utilizados para delinear as zonas de intensidade para o treino de resistência aeróbia, sendo por norma prescritos como percentagens de $\dot{V}O_{2\ max}$ e de frequência cardíaca máxima (FC_{max}) supostas alcançar (Meyer et al., 2005).

Do ponto vista metodológico das provas de esforço importa realçar diversos critérios para término da prova de esforço, que corroboram a validação do alcance do $\dot{V}O_{2\ max}$ sendo estes, ocorrência de uma fase estacionária na relação $\dot{V}O_2$ /intensidade, definido como um aumento no $\dot{V}O_2 < 2.1\ mL.kg^{-1}.min^{-1}$, atingir um quociente respiratório final $\geq 1,1$, uma FC final não inferior a $10\ b.min^{-1}$ ($\geq 90\%$) da FC_{max} predita pela idade, valores de $BL_a^- \geq 8\ mmol$ e/ou fadiga incapacitante para continuar o esforço, entre outros mais gerais (Riebe et al., 2018). Existem ainda outros critérios a terem em atenção, que implicam que a prova seja terminada de imediato (Anexo 3).

5. Metodologia de treino aeróbio na ginástica artística

Facilmente se entende que qualquer uma das capacidades físicas supramencionadas são trabalhadas ao longo do ano nos treinos da modalidade da GA e treinos complementares à modalidade, por já ser reconhecido o seu valor face à performance atlética de um ginasta. No entanto, o treino focado na capacidade aeróbia tem sido largamente ignorado, dado que esta capacidade é geralmente preterida no

contexto do treino devido à maior preponderância da capacidade anaeróbia nas rotinas competitivas da ginasta artística (Marina & Rodríguez, 2014). Contudo, com base na investigação ainda escassa, atualmente sabe-se o quão importante é para um ginasta trabalhar e desenvolver esta capacidade, de forma a conseguir recuperar mais eficientemente entre as séries de movimentos dos diferentes aparelhos e a reduzir o seu risco relativo de lesões provocadas pela fadiga (Marina & Rodríguez, 2014). Porém, mais estudos científicos são necessários para examinar os efeitos do treino aeróbio no desempenho desportivo da ginasta artística bem como para quantificar a resposta ao treino aeróbio desta população.

Para além das diversas metodologias de treino aeróbio já conhecidas para atletas de outras modalidades, como por exemplo corrida contínua ou intermitente para modalidades individuais, como o atletismo, suspeita-se que o transfeire destas metodologias para a GA poderá ser reduzido, uma vez que, quando o treino que realizamos não simula os padrões de movimento requeridos pela modalidade desportiva e/ou trabalha os mesmos grupos musculares, este torna-se menos eficaz (Bergman & Brooks, 1999; K. George et al., 1998; Lee et al., 2003). É, portanto, crucial estudar novas metodologias de treino que tenham um maior transfeire para as exigências fisiológicas e para os movimentos efetuados na ginástica artística.

O *kettlebell* é um material dinâmico, que pode ser utilizado em treinos balísticos ou de levantamentos. As especificidades das rotinas de treino podem variar, mas os resultados indicam que a intensidade é suficiente para promover aptidão neuromuscular (Lake & Lauder, 2012). As exigências mecânicas do *swing* do *kettlebell* são comparadas às exigências mecânicas dos exercícios de resistência comumente usados para desenvolver a força máxima e explosiva dos membros inferiores, podendo em alguns casos exceder as exigências dos métodos tradicionais. O *swing* do *kettlebell* proporciona ainda uma componente de força horizontal, o que pode ter implicações importantes para o desenvolvimento da força máxima e explosiva em atletas (Lloyd, Oliver, et al., 2015). Importa ainda salientar que o fácil manuseamento dos *kettlebells* para realizar exercícios como o *swing*, torna-o um instrumento com grande transfeire para o desporto, principalmente em modalidades caracterizadas por corridas de balanço e saltos como no caso da GA (Moeskops et al., 2018).

Falatic (2015) estudou os efeitos de um programa de treino com recurso a um *kettlebell* na capacidade aeróbia em atletas de elite do futebol feminino. O programa consistia na realização do *snatch* do *kettlebell* durante 5 minutos contínuos, com aumento de cadência por minuto, ou seja, nos primeiros 4 minutos tinham de realizar

10, 14, 18 e 22 *snatches*, respetivamente, e no 5º minuto o maior número de *snatches* que conseguissem. Neste estudo, verificaram-se aumentos significativos na capacidade aeróbia dos indivíduos que realizaram o programa de treino, quando comparado com o grupo de controlo (Falatic et al., 2015). Importa, assim, perceber se este tipo de treino provocará os mesmos ou melhores efeitos em atletas da GA.

III. Realização da prática profissional

O exposto estágio na área da performance surge no âmbito do mestrado em Exercício e Saúde, propiciado pela Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa (FMH-UL). A orientadora do mesmo foi a Professora Doutora Helena Santa-Clara da FMH-UL e o orientador da instituição de acolhimento foi o Professor Doutor Xavier Melo. No ano letivo 2020-2021, pude usufruir das instalações dadas pela instituição tanto para trabalhar em laboratório como para observar de perto os treinos dos atletas da ginástica artística, tanto da sua respetiva modalidade como os treinos de preparação física complementares ao longo do ano. A conjugação da presença quer no laboratório de investigação do Ginásio Clube Português (GCP Lab) quer no contexto de treino durante o presente estágio permitiu a construção do contributo à instituição, ou seja, participar como co-autora de um artigo científico a ser publicado em revista científica indexada.

1. Motivação e objetivos

Sendo este um tópico mais pessoal, vale revelar três aspetos preponderantes sobre a minha decisão de ingressar num estágio curricular durante o ano letivo 2020/2021. A origem principal do meu desejo de estagiar provém do facto de nunca ter realizado um estágio em todo o meu percurso académico, sentindo falta de ter uma experiência prática que me possa auxiliar a objetivar futuros caminhos. Também o facto de me ter sido dada a oportunidade de estagiar num clube de referência, que é um exemplo na modalidade que eu pude acompanhar deu-me motivação e ajudou-me a tornar as minhas aspirações mais convictas, pois ambiciono poder vir a trabalhar com atletas no futuro. E por último, um estágio que me proporcionava estar em contacto direto com os atletas e a sua rotina desportiva e também usufruir do material do laboratório para realizar uma investigação na área da performance desportiva incitou a minha decisão, pela oportunidade de poder ter uma experiência diferente e mais complexa, relacionando outra área na qual eu também sinto particular interesse, a área da investigação.

No entanto, em conformidade com o planeamento de todos os estágios curriculares, existem também objetivos estipulados pela faculdade, neste caso a FMH-

UL, às quais eu devo corresponder no final do mesmo. Dado o contexto do meu estágio, no final deverei ser capaz de:

- Estruturar e argumentar estratégias de planificação;
- Aplicar e desenvolver protocolos de avaliação física adequadas ao escalão etário, à modalidade e ao sexo de população;
- Entender o significado das capacidades físicas e conhecer as suas variáveis e modos de avaliação;
- Planear e aplicar um plano individual/geral de treino, visando o desenvolvimento físico/motor do praticante, a otimização do respetivo rendimento desportivo e a deteção e prevenção de eventuais fragilidades e potenciadoras de lesão desportiva;
- Saber planear um plano individual de recuperação adequado e bem direcionado, em caso de lesão desportiva.

2. Caracterização geral do estágio

O respetivo estágio curricular, foi inteiramente realizado no edifício do Ginásio Clube Português (GCP), maioritariamente no ginásio destinado à GA, no ginásio destinado aos treinos de preparação física complementares dos atletas e nas salas destinadas ao GCP Lab.

2.1. Ginásio Clube Português

Fundado em 1875 e com sede em Campo de Ourique, o GCP, é considerado um clube vanguardista das atividades físicas e desportivas, sendo hoje em dia um dos clubes mais ecléticos do país, com cerca de 50 atividades distintas. Conhecido por ser pioneiro no conceito de clube com finalidades desportivas, sociais e culturais, aposta nas áreas da formação, competição e representação, e ainda, no domínio de exercício e saúde. Com uma tradição que já vai longa, o GCP integra cerca de 13 modalidades de competição, das quais importa destacar a ginástica portuguesa, sendo a soberana do clube, detendo nas diversas sub-modalidades lugares no pódio nacional e internacional, e entradas nas mais diversas competições, desde nacionais, europeias, mundiais e nos jogos olímpicos. Distingue-se no campo do pleno amadorismo, regendo-se pelos mais altos valores éticos desportivos, contribuindo para uma formação eclética da juventude, desempenhando assim um papel notável no desenvolvimento desportivo do país.

Alberga, no seu interior, 6 ginásios para as diferentes modalidades e 1 sala de exercício, todos devidamente equipados e com balneários divididos por sexo, um laboratório, 1 ginásio específico para atletas, e ainda, uma zona de restauração/bar, o que corresponde a uma área total coberta de 2511 m². No seu exterior possui um parque de estacionamento privativo, 2 ginásios para modalidades desportivas e 6 campos para jogar *Padel*. Não incluído no mesmo espaço, encontra-se a Piscina Municipal de Campo de Ourique, que tem vindo a ser explorada pelo GCP desde julho de 2009, em parceria com a Junta de Freguesia de Campo de Ourique.

2.2. Cronograma das atividades

De forma a transmitir com clareza o trabalho que foi desenvolvido ao longo do ano letivo 2020/2021, optou-se por dividir o estágio em dois blocos, o trabalho desenvolvido com os atletas na área da performance desportiva e o trabalho desenvolvido no laboratório do GCP, como representado na Figura 2 (Anexo 4).

No bloco da performance desportiva durante o primeiro semestre (setembro a dezembro de 2020), as tarefas recaíram sobre o a leitura de artigos/livros, observação e análise da modalidade da GA e dos treinos de preparação física complementares dos atletas, ocorridos ao longo de todo o ano. Com treinos a variar entre as 4 e as 6 horas diárias, foi-me concedido fácil acesso aos treinos dos atletas que mais seguia, conseguindo assim ganhar conhecimento sobre a modalidade, sobre o ser atleta nesta modalidade e como e o que se deve trabalhar para se ser atleta de alta competição na GA, abrangendo ainda informações nutricionais e questões relacionadas com lesões mais comuns. Naturalmente, a equipa que acompanhei foi-me fornecendo literatura específica para que conseguisse mais prontamente inteirar-me sobre a maioria dos temas, o que tornou a minha pesquisa mais proveitosa. O segundo semestre, (janeiro a julho de 2021), apresentou um carácter mais prático, uma vez que pude continuar a acompanhar os atletas, mas também pude elaborar sessões de treino físico complementares, de acordo com o que me ia sendo pedido para a modalidade em questão (Anexo 5).

No bloco laboratorial durante o primeiro semestre, foi-me dada instrução teórica e prática sobre como utilizar e manusear os equipamentos existentes no laboratório. Existiram diversas sessões de acompanhamento e níveis de treino para que, juntamente com a equipa formada este ano no GCP Lab, fosse possível alcançar a competência e autonomia necessária para utilização do material e recolha de dados durante as avaliações dos respetivos projetos. No segundo semestre, procedeu-se à aplicação

prática das aprendizagens anteriores, onde tive a oportunidade de poder complementar o meu estágio participando numa investigação científica, tendo recolhido dados e realizando posteriormente a sua análise (ver contributo pessoal à instituição).

Figura 2 - Cronograma das atividades realizadas alusivas ao estágio durante o ano letivo 2020/2021.



2.3. Horário de funcionamento

Devido à vasta carga horária que os atletas da GA têm de treinos da modalidade durante a semana, o meu horário tornou-se um pouco irregular, não sendo necessário ter dias fixos para conseguir realizar as tarefas atribuídas para o meu estágio, pelo menos nesta parte de conhecimento da modalidade e do atleta dentro da modalidade. Para completar, assistia aos treinos de preparação física, complementares dos mesmos atletas, realizados em horário extra modalidade, por norma, à segunda, quarta e sexta-feira da parte da manhã para a ginástica artística masculina (GAM) e após o almoço dirigidos para a GAF. Tive ainda a oportunidade de observar atletas de outras modalidades cujos treinos de preparação física complementares, por vezes, coincidiam com os da GA como atletas de judo, esgrima e ginástica acrobática, tendo sido um privilégio ver e poder trabalhar junto a outras modalidades, conseguindo identificar

diferenças entre os seus treinos, treinando-me também assim para a especificidade do treino de cada modalidade em questão. Ainda para mais, tive a oportunidade e total abertura por parte dos treinadores de cada modalidade para ir assistir aos treinos e acompanhar um pouco mais de perto o trabalho realizado em cada uma, proporcionando-me uma experiência muito mais ampla.

Por parte do GCP Lab, contei com sessões de aprendizagem diárias relacionadas com o manuseamento dos aparelhos e, após o seu aperfeiçoamento, com colaborações em projetos de investigação decorridos ao longo do ano por elementos da equipa, onde também o meu se incluiu. Tínhamos ainda reuniões semanais, intituladas *Pints of Science*, planeadas para toda a equipa com o intuito de se organizar e discutir assuntos alusivos ao laboratório, aos respetivos projetos, e apontar possíveis barreiras ou problemas que poderiam decorrer, tentando encontrar a solução em equipa. Para terminar as reuniões, realizavam-se apresentações com base em artigos científicos estipulados para cada semana, onde se fazia uma análise do mesmo com vista a apurar o nosso sentido crítico em relação aos diversos temas e metodologias publicadas.

2.4. GCP Lab

Para manter a ciência ativa e participar em módulos de investigação, o GCP conta com um laboratório nas suas instalações, intitulado GCP Lab. Com poucos anos de história, é já núcleo de diversos projetos de investigação relacionados com duas influentes áreas de intervenção: o treino desportivo e o exercício e saúde. No âmbito do treino desportivo, pretende-se contribuir para novas metodologias no sentido de maximizar a performance dos atletas, para que, não só o clube, mas a própria modalidade possa expandir o seu conhecimento e ganhar visibilidade na vertente científica conseguindo, posteriormente, aplicar na prática. No domínio do exercício e saúde, vertente mais evidenciada no GCP Lab, os projetos abrangem diversos tipos de população, desde idosos, diabéticos, homens e mulheres de meia-idade e pessoas com dificuldade intelectual e de desenvolvimento, estudando-se, maioritariamente, variáveis relacionadas com a função cardiovascular nomeadamente, respostas e adaptações da função arterial, autonómica e cardíaca ao exercício físico.

A energia, disciplina e rigor exigido dentro do GCP Lab impulsionam a cadeia de projetos concebidos, tornando a experiência dentro do mesmo intensa, mas gratificante. O *Raising The Bar* é um dos projetos de investigação do GCP Lab, onde o mundo da ciência e do desporto se interligam, com o intuito de criar sinergias entre estes dois mundos, aspirando a que os resultados desta sinergia tenham impacto no treino

desportivo da modalidade da GA. Uma vez ligado à área do treino desportivo, este projeto fez parte do meu desenvolvimento na instituição, tendo sido desde cedo incorporada no mesmo, podendo desta forma afirmar que o *Raising The Bar* foi, por fim, o culminar de um ano de muitas aprendizagens e superação.

2.4.1. Aprendizagem de técnicas laboratoriais

Para impulsionar o ano letivo, foi-me dada a oportunidade de aprender a utilizar diversos equipamentos do GCP Lab. O processo de aprendizagem foi dividido por níveis de aprendizagem, desde a teoria até à prática, com o objetivo de nos proporcionar competência no manuseamento dos seguintes equipamentos: *Cosmed K5* (K5, Cosmed, Rome, Italy), *Finapres Nova device* (Ohmeda, Louisville, Colorado, USA), *Ultrassom Hitachi-Aloka* (Arietta V60, Hitachi Aloka, Medical Ltd, Mitaka-shi, Tóquio, Japão), *SECA mBCA* (modelo 274, seca, Hamburgo, Alemanha) e o *Complior Analyse* (Complior, Alam Medical, França). Todos os alunos em estágio ou dissertação, no presente ano letivo, no GCP Lab, foram submetidos ao mesmo processo de aprendizagem, para que de alguma forma, se fosse necessário auxiliar outro projeto em desenvolvimento, estivéssemos habilitados para o fazer, não comprometendo assim o bom funcionamento do GCP Lab. Neste sentido, de modo a não comprometer a qualidade dos dados recolhidos, para além dos diferentes níveis de prática que nos foi exigido, foi ainda necessário determinar a reprodutibilidade das medidas de rigidez arterial regional avaliadas pelo método de aplanção por tonometria (*Complior Analyse*) e rigidez arterial local avaliadas por ultrassonografia (*Ultrassom Hitachi-Aloka*). A reprodutibilidade destas medidas de rigidez arterial foi examinada com recurso ao cálculo de técnicas estatísticas de reprodutibilidade absoluta – coeficiente de variação (CV) ($\text{Média}/\text{DP} * 100$) - para medidas realizadas no mesmo dia e em dias diferentes sob condições padronizadas. Para garantir a reprodutibilidade destas medidas foi necessário avaliar dez voluntários e os coeficientes de variação para as variáveis de interesse (velocidade de onda de pulso e diâmetros arteriais) fossem < 10% (Tabela 1). Em termos práticos quanto menor for CV, mais reprodutíveis serão os dados recolhidos, pois indica maior consistência das medidas realizadas.

Tabela 1 - Reprodutibilidade de medidas de rigidez arterial.

	Intra-dia	Entre dias
Rigidez arterial regional		CV (%)
Velocidade da onda de pulso carótida-femoral (m.s ⁻¹)	3	1
Velocidade da onda de pulso carótida-distal (m.s ⁻¹)	3	1
Índice de aumento (%)	113	23
<i>Rigidez arterial local (carótida)</i>		
Espessura íntima-média (mm)	0	0
Diâmetro (mm)	2	2
Velocidade da onda de pulso beta (m.s ⁻¹)	2	1
Rigidez β (u.a)	7	3
Intensidade das ondas de pressão (m.s ⁻³)	103	99
Velocidade do fluxo sanguíneo (cm.s ⁻¹)	604	536

Nota: Valores de CV retirados de dez participantes avaliados.

2.5. Performance

Como forma de conseguir auxiliar os treinadores das diversas modalidades, relativamente à preparação física dos seus atletas, criou-se um programa intitulado Performance que, orientado pelas normas e objetivos prestados pelos treinadores em reunião com as necessidades dos atletas, se rege por elevar o rigor físico naquilo que é um treino supervisionado e enquadrado para cada atleta inserido no programa, de cada modalidade, numa tentativa de superar as suas fragilidades e soerguer o seu respetivo instrumento de trabalho, o corpo, às suas mais altas capacidades sem que isso comprometa de alguma forma a saúde do atleta. Aliás, o seu principal objetivo é exatamente conseguir maximizar as capacidades dos atletas salvaguardando a sua saúde física.

Incorporados neste recente programa encontram-se atletas que competem ao mais alto nível, e que podem agora contar com sessões de treino extra modalidade para enaltecer as suas capacidades físicas, e ainda, realizar um trabalho preventivo relacionado com as suas mais incidentes lesões. Até à data, o programa tem dado uma resposta positiva perante os objetivos estipulados para o mesmo, e até superado os resultados expectáveis, sendo reconhecido como um suporte complementar valioso aos atletas. Consoante as necessidades, os atletas costumam usufruir deste programa

cerca de duas a três vezes por semana. Todo o trabalho aqui realizado é baseado na evidência científica específica relacionada com o tema, na modalidade em questão e claro, nas dificuldades, objetivos e outras questões levantadas pelos atletas e pelos seus treinadores. De forma a conseguir instituir uma simbiose entre os treinos da modalidade e os treinos complementares em prol da ascensão do atleta.

IV. Contributo pessoal à instituição

Como forma de rematar todo o trabalho desenvolvido ao longo do ano letivo 2020/2021 no GCP, tive a oportunidade de participar na elaboração de um artigo científico, que aborda “Os efeitos de um programa de treino de 4 semanas com o *swing* do *kettlebell*, nas exigências fisiológicas e padrões de recuperação de ginastas artísticas do sexo feminino”. A oportunidade de realizar a investigação desde a recolha de dados até posterior análise, escrita de resultados e discussão, tornou esta experiência ainda mais enriquecedora.

Os efeitos de um programa de treino de 4 semanas com o *swing* do *kettlebell*, nas exigências fisiológicas e padrões de recuperação de ginastas artísticas do sexo feminino

1. Introdução

A ginástica artística feminina (GAF) é uma modalidade altamente exigente e técnica, que consiste na realização de 4 rotinas competitivas (solo, saltos, paralelas assimétricas e trave). Não é surpresa que a ginástica artística (GA) seja considerado um desporto com especialização precoce, envolvendo treinos de alta intensidade em crianças de idades pediátricas, com o objetivo de desenvolver capacidades físicas, como a flexibilidade, força e velocidade, e habilidades motoras relevantes para a performance (Caine et al., 2013).

O progresso notório na modalidade da GA ao longo das últimas décadas, teve influência no código de pontuação e na forma de avaliar a performance artística, conduzindo a um aumento da exigência técnica e fisiológica desta disciplina (Jemni, 2001). De facto, foram reportados valores de concentrações do $BL_{a\text{-}pico}$ entre 4.7-10.5 mmol/L, e valores de FC_{pico} e $\dot{V}O_{2\text{-}pico}$ próximos dos 174-203 b.min⁻¹ e 38.57-50,29 mL.kg.⁻¹min⁻¹, respetivamente, durante as rotinas. Reconhece-se que a ginástica artística (GA) é uma modalidade que recorre predominantemente à glicólise anaeróbia durante as suas rotinas competitivas (Marina & Rodríguez, 2014; Sleeper et al., 2012). Em contraste, o grau de participação do sistema aeróbio tem vindo recentemente a ser estudado (Marina & Rodríguez, 2014), desmistificando a ideia de que esta via tem um papel irrelevante na determinação da performance em desportos de curta duração. De facto, tem vindo a ser reconhecido que a contribuição igualitária das vias energéticas

aeróbia e anaeróbia ocorre cerca de 75 segundos após o início do exercício (Gastin, 2001). Em geral, estas descobertas sugerem que as contribuições anaeróbias e aeróbias, assim como a cinética da frequência cardíaca (FC) e do lactato sanguíneo (BL_a) estão dependentes dos aparelhos (Isacco et al., 2017; Lange et al., 2005; Marina & Rodríguez, 2014), assim como as rotinas da GAF com duração superior a 30 segundos, como o solo, demonstram ser altamente exigentes a nível cardiorrespiratório. As ginastas da GA têm de ser capazes de atingir valores fisiológicos elevados e recuperar adequadamente, para não pôr em risco a performance durante as rotinas competitivas. No entanto, ainda pouco se sabe sobre o tempo e métodos adequados para provocar adaptações fisiológicas.

Exercícios que envolvem movimentos balísticos com suporte externo de carga ou levantamento de peso, que envolvam grandes quantidades de força muscular, parecem ser métodos eficazes para melhorar os níveis de potência, força e endurance (Falatic et al., 2015) e ainda promovem aumentos na aptidão neuromuscular (Lake & Lauder, 2012). O *kettlebell* é um material dinâmico que tem vindo a ser parte integrante dos treinos de modalidades de elite (Harrison, 2011). As especificidades do treino com *kettlebell* podem variar, mas têm sido usados para aumentos de força e condicionamento nas artes marciais (Kostikiadis et al., 2018), andebol (Møller et al., 2017), lançamento do peso (Sakamoto et al., 2018), atletismo de velocidade (Lockie, 2018) e no futebol (Chatzinikolaou et al., 2018). No entanto, a eficácia do treino com o *kettlebell* para a modalidade da GA ainda precisa de ser estudada.

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de um programa de treino de 4 semanas com o *swing* do *kettlebell* adicional ao programa de treino específico (ST) realizado pelas ginastas na sua rotina de treinos, nas exigências fisiológicas e padrões de recuperação em atletas de GA do sexo feminino durante simulações de competição. Serve como hipótese que o *swing* do *kettlebell* poderá promover adaptações cardiorrespiratórias nas atletas da GAF superiores ao ST, e ainda promover recuperação mais célere após as rotinas competitivas.

2. Métodos

2.1. Desenho do estudo

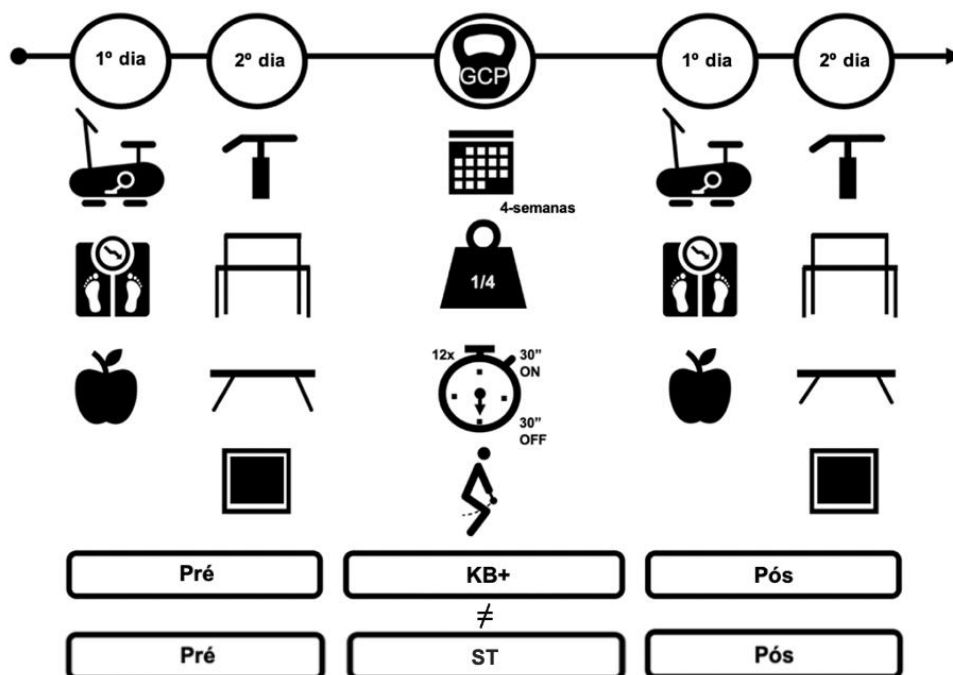
Este estudo apresentou um design quase-experimental que incluiu um grupo experimental, onde se aplicou um programa de treino com o *swing* do *kettlebell* (KB+), durante 4 semanas, como complemento à rotina habitual das atletas e ainda, um grupo

de controlo, cujo programa de treino realizado era apenas a rotina habitual dos treinos da modalidade das ginastas em questão, os chamados treinos específicos (ST). Para avaliar os efeitos do KB+ nas exigências fisiológicas e padrões de recuperação pós rotinas foram realizadas ao todo 4 simulações de competição (pré e pós programas de treino).

Antes de cada simulação de competição, as ginastas foram submetidas a avaliações laboratoriais, nomeadamente, da composição corporal, e da aptidão cardiorrespiratória, separadas por, pelo menos, 48 horas (1º dia). Após isto realizou-se uma simulação de competição da GAF (2º dia), onde as ginastas tinham de realizar os seus esquemas em cada um dos 4 aparelhos, solo, paralelas assimétricas, saltos e trave, aleatoriamente ordenados (<https://www.randomizer.org/>), recuperando, pelo menos, 10 minutos entre aparelhos (Figura 3). Nestes dias, a sua performance foi avaliada por júris internacionais, de acordo com os seguintes parâmetros: execução (E), dificuldade (D) e o total. Para avaliar as exigências fisiológicas durante as rotinas, monitorizaram-se os gases respiratórios, a FC e o BL_a . Foram realizados ainda 3 testes neuromusculares, o *handgrip* (Hg), o *squat jump* (SJ) e o *rope jump* (RJ), antes e após todas as rotinas, e ainda, apenas os dois primeiros após cada uma das rotinas competitivas.

O estudo foi realizado de acordo com a Declaração de Helsínquia, e aprovado pelo Quadro de Revisão Ético da Faculdade de Motricidade Humana – Universidade de Lisboa (12/2019).

Figura 3 - Cronograma das avaliações.



Nota: Ordem cronológica das avaliações realizadas antes e após o programa de treino do KB+.

2.2. Participantes

Dezoito atletas da GAF com idades compreendidas entre os 12-17 anos (estadio de Tanner entre 1-4 (Morris & Udry, 1980)), foram recrutadas para integrar a amostra de conveniência do estudo, sendo depois alocadas aleatoriamente ao grupo de ST e KB+. Todas as atletas faziam parte do grupo de elite da GAF, treinando cerca de 30 horas por semana distribuídas por 8 sessões de treino, tinham, aproximadamente, entre 3-7 anos de experiência competitiva e tinham que se abster de qualquer tipo de medicação. Foi obtida a permissão parental através de um consentimento informado ([Anexo 6](#)) para cada uma das participantes e um assentimento das próprias, antes do início do estudo. No início da temporada, todas as ginastas foram sujeitas a exames médicos e, facultativamente, tiveram acompanhamento nutricional de forma a estarem aptas a integrar a competição.

2.3. Programas de treino

2.3.1. Grupo experimental – treino com *kettlebell*

O programa KB+ foi realizado 3 vezes por semana (separados por pelo menos 2 dias) durante 4 semanas, imediatamente antes do ST. Este consistiu na realização de 12 repetições de 30 segundos do *swing* do *kettlebell*, separados por 30 segundos de recuperação. As participantes foram instruídas a realizar o máximo de *swings* que conseguissem em cada repetição, usando um *kettlebell* com cerca de $\frac{1}{4}$ kg do seu peso corporal (Budnar Jr et al., 2014; Farrar et al., 2010; Lake & Lauder, 2012; Tsatsouline, 2006). Foi contabilizado o número de *swings* realizados em cada repetição, para formar a base de encorajamento para a repetição seguinte. O movimento do *swing* inicia-se com o *kettlebell* à frente do executante, com uma pega bilateral e uma flexão ativa da anca – *hip hinge* -, limitando a flexão do joelho. O *kettlebell* é trazido até ao meio dos membros inferiores, sempre com a coluna neutra. Desta posição, os joelhos e a anca realizam uma extensão ativa, fazendo com que o *kettlebell* realize um arco até à altura dos ombros. Esta ação concêntrica é seguida de uma ação excêntrica, onde o *kettlebell* desce controladamente, com uma flexão da anca e dos joelhos, mantendo a coluna neutra (Tsatsouline, 2006). O protocolo foi composto e avaliado por especialista em performance com especialização em treino de *kettlebell*. Durante este período, as ginastas não realizaram outro tipo de treino à parte o seu treino regular.

2.3.2. Grupo de controlo – treino específico

O protocolo do ST foi considerado como o treino que as ginastas regularmente realizavam nos seus treinos da modalidade, normalmente composto por 1 série com, aproximadamente, 11 exercícios com repetições que variam consoante os mesmos. Este era realizado no início de cada sessão de treino da modalidade, com duração, aproximadamente de 1 hora, tendo acompanhado as ginastas desde o princípio da sua carreira desportiva na modalidade. O ST é composto por diversos exercícios como pranchas de diversas alturas, abdominais no espaldar, andar com discos, realizar o pino no solo ou na trave, saltar à corda em cima da trave, diferentes saltos de diversas alturas, elevações nas paralelas assimétricas, execução de mortais para a frente e para trás, entre outros, e recorre tanto a materiais extra modalidade como em cima dos aparelhos, aumentando a intensidade e dificuldade dos exercícios. O grupo de controlo apenas realizou o ST.

2.4. Avaliação das variáveis da composição corporal

A estatura foi avaliada até a 0.1 cm através de um estadiômetro digital móvel (modelo 274, seca, Hamburgo, Alemanha) e a circunferência da cintura, em cm, de forma a estimar o tecido adiposo subcutâneo e intra-abdominal (ex: visceral) (Pouliot et al., 1994), foi avaliada aproximada a 0.1 mm e foi medida através de uma fita métrica não flexível (Lufkin – W606PM, Vancouver, Canadá), ao nível da crista ilíaca. Parâmetros como o peso corporal (kg), massa gorda (kg) e a massa isenta de gordura (kg) foram avaliados através de um analisador de bioimpedância (mBCA 515, Seca; Hamburgo, Alemanha), que utiliza 4 pares de elétrodos (8 no total), posicionados para as mãos e para os pés. A técnica dos 8 elétrodos possibilita a passagem de corrente entre os pés e as mãos. A avaliação da impedância foi realizada a uma corrente de 100 μ A e frequências entre 1 e 1000 kHz. As avaliações foram realizadas na posição vertical (de pé) em cima de uma plataforma com uma escala integrada e dois corrimões, um para cada mão. Cada lado do corrimão é composto por 6 elétrodos, mas apenas 2 foram escolhidos para realizar a avaliação, dependendo da estatura da atleta avaliada. Todas as ginastas cumpriram os seguintes critérios, evitar a realização de exercício e ingestão de álcool nas 24 horas que antecedem a avaliação, não ingerir cafeína no dia da avaliação e não ingerir alimentos sólidos nas 2 horas antecedentes à avaliação.

2.5. Avaliação do estadio de maturação

O estadio maturacional das ginastas foi avaliado com recurso a um questionário anónimo de autoavaliação (Anexo 7A), ilustrado com imagens baseadas nos 5 estadios pubertários de Tanner (Morris & Udry, 1980) (Anexo 7B).

2.6. Avaliação das variáveis cardiorrespiratórias e hemodinâmicas

A aptidão cardiorrespiratória foi avaliada através de uma prova de esforço cardiorrespiratória máxima, utilizando um protocolo contínuo em rampa realizado num cicloergómetro (Monark 839 E Ergomedic; Monark, Vansbro, Suécia), testado em ensaios clínicos por crianças e adolescentes de diferentes idades e pesos, com duração entre 8-10 minutos (Octavio et al., 2019), com um erro técnico de medição estimado de 3-5 $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (Meyer et al., 2005). O avaliador encorajou vigorosamente os participantes a pedalarem a uma cadência entre 75-85 rotações/minuto, a taxa de incremento foi de 0.3 watts kg de massa corporal por minuto ($\text{W.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$), sendo que o teste iniciava sem carga. O protocolo de teste foi praticamente de 25 watts para todas as ginastas. Foram monitorizados os gases expirados durante a realização do teste,

através do método de avaliação de gases *breath-by-breath*, com um analisador de gases portátil (K5, Cosmed, Roma, Itália). Os dados dos gases respiratórios foram avaliados em médias de 10 segundos e o $\dot{V}O_{2\ max}$ foi definido pelo valor da média de 10 segundos mais alto, no último minuto de esforço. Os critérios utilizados para definição dos limiares ventilatórios foram 1) LV1 foi considerado como o 1º incremento do equivalente ventilatório de O_2 (VE/VO_2), sem incremento do equivalente ventilatório CO_2 (VE/VCO_2), com aumento da fração respiratória de O_2 , 2) o LV2 foi considerado como o 1º aumento do equivalente ventilatório do CO_2 (VE/VCO_2), com uma primeira descida da fração respiratória do CO_2 . Antes de cada utilização, o equipamento foi calibrado de acordo com as recomendações do fabricante. A FC foi constantemente monitorizada através de um sensor colocado numa banda presa à zona abaixo do peito (Garmin, EUA). As ginastas não carregaram o analisador de gases durante a prova de esforço.

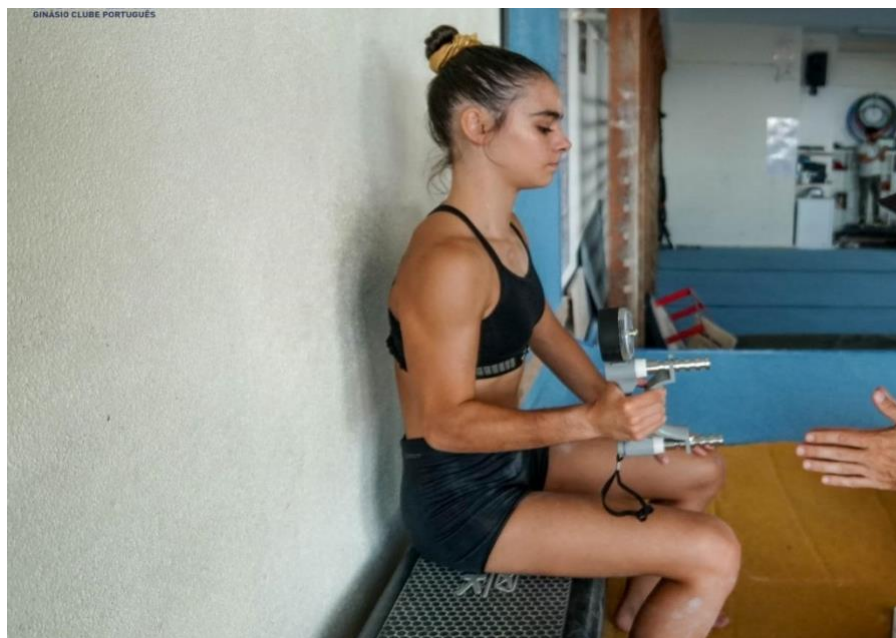
As ginastas foram encorajadas a pedalar até à exaustão, definido como 2 dos seguintes critérios: 1) alcançar, aproximadamente, 90% da FC_{max} predita pela idade; (2) atingir um plateau no $\dot{V}O_2$ com aumentos $< 2.0\ mL\cdot kg^{-1}\cdot min^{-1}$, (3) escala subjetiva de esforço ≥ 18 (6-20); (4) quociente respiratório ≥ 1.1 ; (5) incapaz de pedalar a uma cadência > 70 rotações/minuto; (6) julgamento subjetivo por parte do avaliador (Riebe et al., 2018).

2.7. Avaliação das variáveis de aptidão neuromuscular

2.7.1. Força de preensão manual

Foi realizado o teste do Hg através de um dinamómetro digital JAMAR portátil (Sammons Preston, Bolingbrook, IL) (Figura 4). Avaliou-se apenas a mão dominante. Esta avaliação realizou-se com os participantes sentados, encostados a uma parede, com o cotovelo fletido a, sensivelmente, 90 graus e o antebraço numa posição neutra. Cada sujeito foi avaliado 3 vezes, contando a melhor. As atletas tinham de realizar o máximo de força de preensão durante, aproximadamente, 5 segundos. Foi dado um período de recuperação de 60 segundos após cada tentativa (Isacco et al., 2017).

Figura 4 - Exemplo de um teste de Hg durante uma simulação de competição.



2.7.2. Potência dos membros inferiores

O teste do SJ foi realizado através de um aparelho de avaliação de performance no salto (G-Flight, Exsurgo, VA, EUA) (Genter & Berberet, 2018). O movimento em questão inciou-se numa posição de semi-agachamento (120°) sem recurso a contra-movimento. As mãos estavam colocadas sobre as ancas para evitar que os membros superiores auxiliassem o salto. Este foi realizado duas vezes, sendo contabilizada a melhor tentativa.

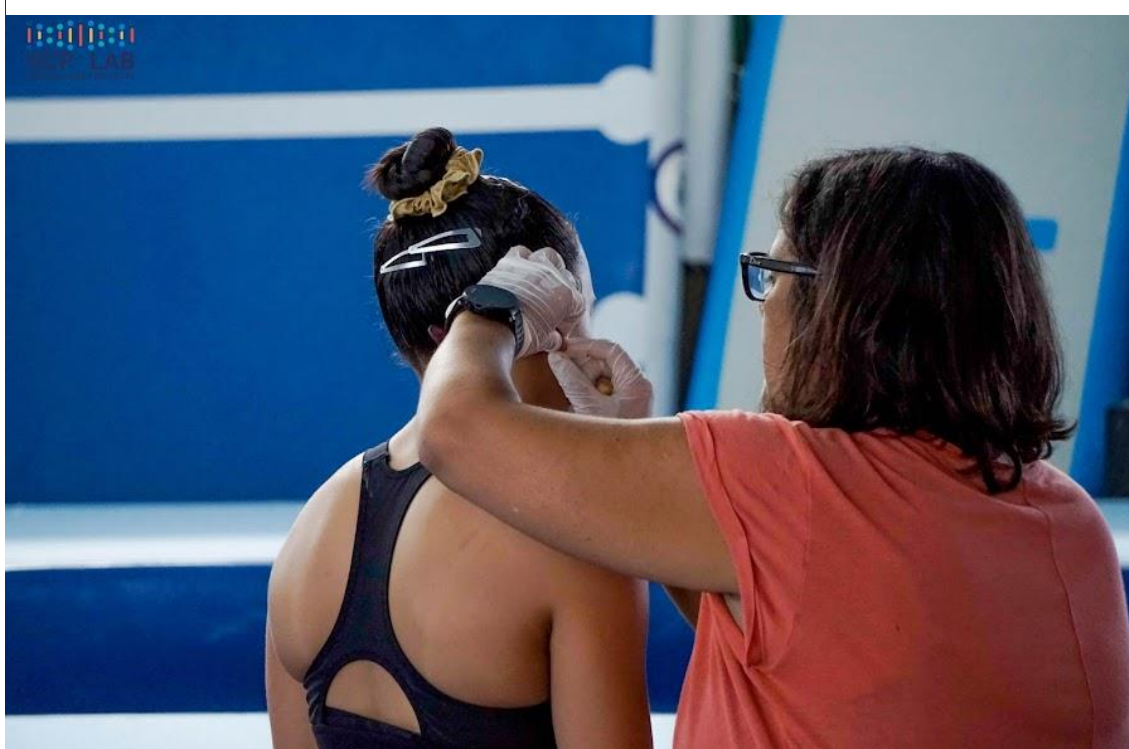
2.7.3. Capacidade anaeróbia (lática)

O RJ está validado pela Federação Flamenga de Ginástica, e permitiu avaliar a resistência anaeróbia através do número de saltos à corda que elas conseguissem realizar durante 1 minuto (Vandorpe et al., 2011).

2.7.4. Avaliação do lactato sanguíneo capilar

Foram recolhidas amostras de sangue do lóbulo da orelha e o BL_{a^-} foi determinado através de um analisador de lactato portátil (Lactate Pro 2, Arkray, Japão), antes de cada rotina e nos minutos 1 ($BL_{a^-pós1}$) e 3 ($BL_{a^-pós3}$) após cada rotina (Figura 5).

Figura 5 - Exemplo de uma avaliação BL_{a^-} durante uma simulação de competição.



2.7.5. Consumo de oxigénio, frequência cardíaca e dispêndio energético

Recolheram-se gases inspiratórios e expiratórios de forma contínua, 1 minuto antes da execução de cada esquema 3 minutos após os mesmos, iniciando no máximo 5 segundos após o término do esquema (Marina & Rodríguez, 2014), sendo avaliadas sempre na mesma posição vertical (de pé) (Figura 6), através de um analisador de gases portátil (K5, Cosmed, Roma, Itália). Este procedimento impediu o registo de parâmetros ventilatórios durante cada rotina, mas permitiu avaliar os valores mais elevados após o término das mesmas. O $\dot{V}O_{2\ ext}$ foi estimado por um procedimento denominado *backward extrapolation* da curva de recuperação do O_2 , considerando $t = 0$ como correspondente do $\dot{V}O_{2\ ext}$ – ou seja o momento em que as ginastas acabavam o seu esquema. Este método permite analisar a taxa de alteração do consumo de O_2 na

transição do exercício para o estado de repouso, denominado como cinética-off do $\dot{V}O_2$. A FC foi monitorizada continuamente durante todo o processo através do cardiofrequencímetro, tendo-se analisado os dados da FC de recuperação 1 (FC_{rec1}) e 3 (FC_{rec3}) minutos após a rotina.

A qualidade geral do ajustamento dos modelos da cinética-off do $\dot{V}O_2$ foi boa para as rotinas do salto ($R^2=0.75$), paralelas assimétricas ($R^2=0.77$), trave ($R^2=0.80$) e solo ($R^2=0.83$).

Figura 6 - Exemplo de uma avaliação das contribuições energéticas.



As contribuições energéticas provenientes das vias anaeróbia láctica e alática foram calculadas com base nos equivalentes energéticos de O_2 fornecidos pela acumulação de BL_a^- , e pela componente rápida do consumo excessivo de oxigénio após o exercício, respetivamente, através de um *software*, GEDAE-LaB, (Bertuzzi et al., 2016). Já as contribuições energéticas aeróbias foram calculadas como a diferença entre o consumo de oxigénio inicial (pré-rotina) e o pós rotina (imediatamente após o fim da rotina) (Bertuzzi et al., 2016). Apesar de ser sugerido que transições off de exercícios de intensidade maximal sejam melhor modeladas por modelos bi-exponenciais de forma a caracterizar tanto a componente rápida como a lenta do $\dot{V}O_2$,

deve-se optar pelo modelo mais parcimonioso (Poole & Jones, 2012). Logo, estimar as contribuições do sistema anaeróbio alático foi ajustado um modelo mono-exponencial aos dados em bruto do $\dot{V}O_2$ no decorrer dos 3 min de recuperação de acordo com a equação 1 (Eq. 1). Com base no excesso de consumo de oxigênio após o exercício (EPOC) da componente rápida, as contribuições energéticas provenientes do sistema anaeróbio alático foram estimadas pela equação 2 (Eq. 2).

Eq. 1: Modelo mono-exponencial para avaliação das contribuições do sistema anaeróbio alático

$$\dot{V}O_2(t) = \dot{V}O_2(\text{inicial}) + Ap \left(e^{-\left(\frac{t-\delta}{\tau}\right)} \right)$$

Eq. 2: Avaliação das contribuições do sistema anaeróbio alático com base no EPOC

$$EPOC_{FAST} = Ap_1 \times \tau_1$$

$\dot{V}O_2(t)$ é o valor de consumo de oxigênio num determinado tempo ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$); $\dot{V}O_2(\text{inicial})$ é o valor médio do consumo de oxigênio inicial ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$); A_p é amplitude da resposta do consumo de oxigênio ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$); δ é o *time delay* (s); τ é a constante temporal (s).

As contribuições do sistema anaeróbio láctico foram estimadas com base no valor delta entre $BL_{a\text{ pico}}$ e o BL_a em repouso e assumindo que acumulação de $1\text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ BL_a equivale a um consumo de oxigênio de $3\text{ mL O}_2\cdot\text{kg}^{-1}$ (Francescato et al., 1995). O dispêndio energético foi expresso em litros de O_2 e kilojoules assumindo equivalentes energéticos de $20.9\text{ kJ}\cdot\text{LO}_2$.

2.8. Plano nutricional

Foi fornecido a cada ginasta um plano nutricional adaptado às necessidades de cada uma, para cumprir no dia anterior à simulação de competição, em ambos os períodos de intervenção. O plano nutricional foi elaborado pelo profissional da área de nutrição que acompanhava as ginastas desde o início da época. Aspectos como porções dos alimentos, quantidade de refeições diárias e suplementos constaram no plano nutricional, individualizado a cada participante (Anexo 8). As ginastas foram recordadas da importância de se absterem do consumo de álcool e cafeína e de hábitos tabágicos,

e ainda, de evitarem realizar exercícios de intensidade vigorosa nas 24 horas antes dos dias das avaliações.

3. Análise estatística

Os dados encontram-se apresentados como média (desvio padrão (DP)). Os pressupostos da normalidade e da homogeneidade de variâncias populacionais foram testados com o teste de Shapiro-Wilk e com o teste de Levene, respetivamente, e adicionalmente com recurso a inspeção visual. Teste-t para amostras independentes foram usados para comparar as características dos participantes no estado inicial.

As alterações nas variáveis dependentes, após os programas de treino e simulações de competição, foram examinadas com recurso a modelos lineares mistos, ajustados com o método restrito da máxima verossimilhança. O método de Satterthwaite foi usado para estimar os graus de liberdade do teste F, através do uso do pacote lmerTest (Kuznetsova et al., 2017). Os efeitos fixos do modelo linear misto foram definidos como tempo, condição de exercício e rotinas de GA, enquanto que os participantes entraram no modelo como efeito aleatório (interseção). Para cada efeito principal e efeitos de interação foram estimadas medidas de dimensão do efeito – eta quadrado parcial (η^2) – com recurso ao pacote R sjstats (Ludecke, 2020). O η^2 foi interpretado de acordo com as classificações propostas por Cohen (1988) efeito pequeno ($\eta^2 < 0.05$), médio ($\eta^2 < 0.25$) e grande ($\eta^2 > 0.25$). As alterações significativas observáveis para as variáveis dependentes foram covariadas para a ordem das rotinas, o estadio de maturação e para os valores basais. Em caso de fatores principais e/ou efeitos de interação significativos, procedeu-se a comparações múltiplas aplicando a correção de Tuckey HSD usando o pacote emmeans (Lenth, 2020). Todas as análises foram realizadas utilizando o software R, versão 4.0.1, adotando um nível de significância (α) de < 0.05 .

4. Resultados

4.1. Caraterísticas dos participantes

As caraterísticas dos participantes não diferiram entre grupos (Tabela 2), exceto para o $\dot{V}O_{2\ max}$ relativo (Figura 7).

Caraterísticas	ST (n = 9)	KB+ (n = 9)	p -value
Idade (anos)	14 (2)	13 (2)	0.50
Estatura (m)	1.54 (0.1)	1.53 (0.1)	0.80
Peso corporal (kg)	48.00 (8.0)	44.00 (10.1)	0.40
Índice de massa corporal (kg.m ⁻²)	20.07 (1.6)	18.53 (2.4)	0.14
Circunferência da cintura (m)	0.66 (0.03)	0.65 (0.06)	0.80
Massa gorda (%)	13.3 (4.1)	9.1 (6.5)	0.13
Massa isenta de gordura (kg)	41.4 (6.20)	39.3 (7.30)	0.50
FC _{max} (b.min ⁻¹)	156 (64)	174 (9)	0.40
$\dot{V}O_{2\ max}$ (L.min ⁻¹)	1.84 (0.78)	1.53 (0.36)	0.30
$\dot{V}O_{2\ max}$ (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	43.25 (3.30)	36.00 (8.45)	0.009

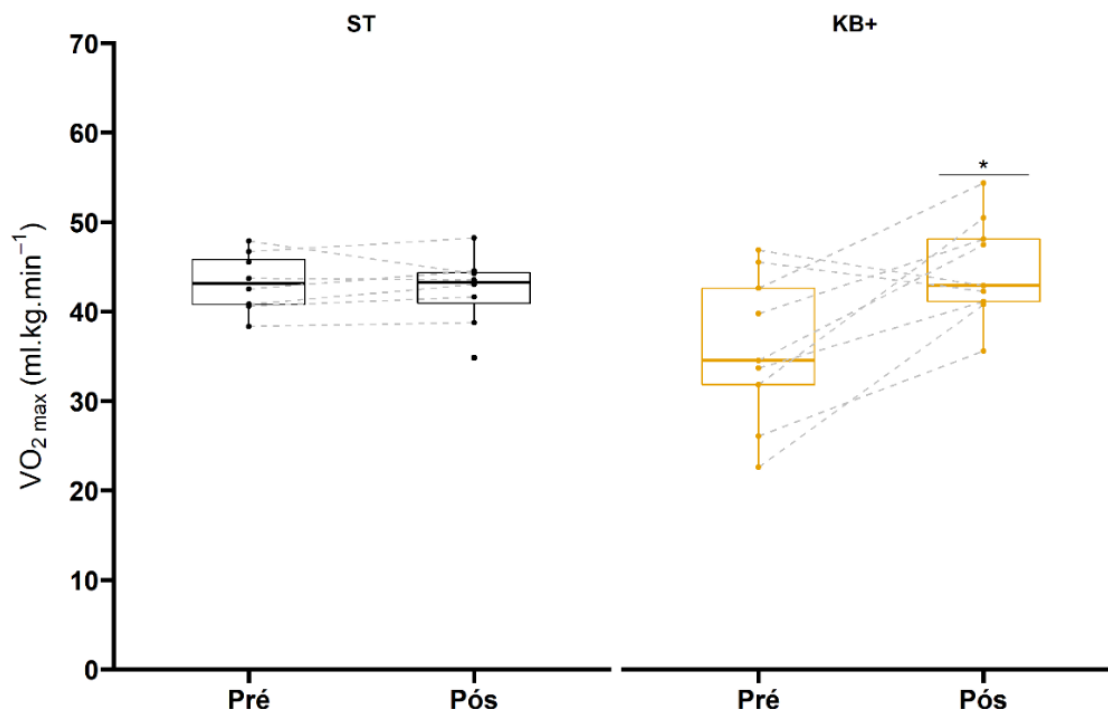
Dados apresentados como média (DP), realização de testes estatísticos: testes-t de Welch para amostras independentes; Abreviaturas: ST, treino específico, KB+, treino de *kettlebell* + treino específico, FC_{max}, frequência cardíaca máxima; $\dot{V}O_{2\ max}$, consumo máximo de oxigénio.

Tabela 2 - Caraterísticas dos participantes.

4.2. Classificações das rotinas

Não houve diferenças nas pontuações das rotinas entre os grupos ($p = 0.46$) antes e depois dos programas de treino ([Anexo 9 “Suplemento 1”](#)).

Figura 7 - Valores médios e DP do $\dot{V}O_{2\max}$ pré e pós rotinas consoante ambos os programas de treino.



Nota: $\dot{V}O_{2\max}$ relativo obtido no teste do cicloergómetro. Abreviaturas: ST, treino específico; KB+, treino de *kettlebell* + treino específico, $\dot{V}O_{2\max}$, consumo máximo de oxigénio. *Significativamente diferente do momento pré KB+ ($p < 0.05$)

4.3. Aptidão cardiorrespiratória

Efeitos de interação entre a condição*tempo foram observados para o $\dot{V}O_{2\max}$ relativo ($F(1,15) = 8.87, p = 0.009, \eta^2 = 0.37$), e no AT2 do $\dot{V}O_2$ relativo ($F(1,15) = 8.22, p = 0.01, \eta^2 = 0.35$) ([Anexo 10 "Suplemento 2"](#)), sugerindo que o KB+ provocou aumentos no $\dot{V}O_{2\max}$ ($d = 8.85; 95\% \text{ CI: } 2.78 \text{ to } 14.90 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}, p < 0.001$) e no AT2 do $\dot{V}O_2$ relativo ($d = 9.84; 95\% \text{ CI: } 2.73 \text{ to } 16.94 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}, p < 0.001$), enquanto que o ST não provocou. Foram feitos ajustamentos para o estadio de maturação e valores do $\dot{V}O_{2\max}$ relativo e do AT2 do $\dot{V}O_2$ relativo, não havendo alterações nos resultados. A FC_{\max} manteve-se inalterada após ambos os programas de treino.

4.4. Exigências fisiológicas das rotinas

4.4.1. Pré-rotinas

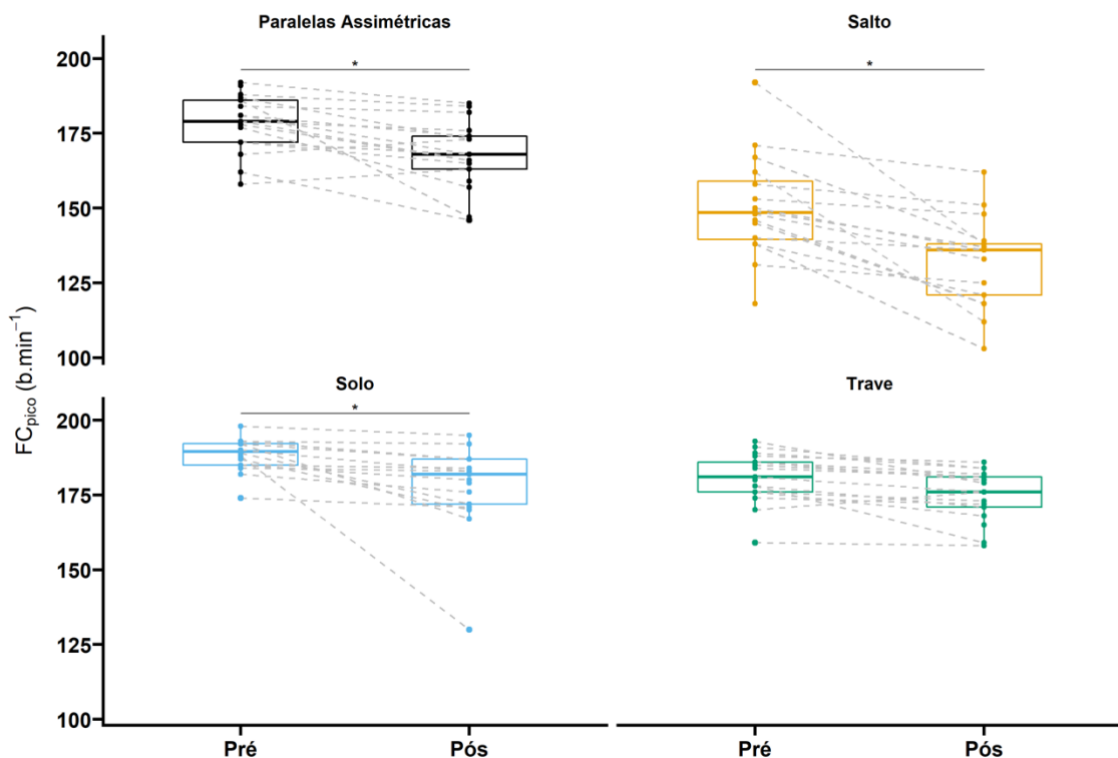
Efeitos de interação entre as rotinas*tempo foram observados para o $\dot{V}O_{2\text{pre}}$ relativo ($F(3,103) = 3.11, p = 0.03, \eta^2 = 0.08$) (Tabela 3) com decréscimos do valor de $\dot{V}O_2$ relativo obtido antes do solo em ambos os programas de treino ($d = -2.99; 95\% \text{ CI: } -5.04 \text{ to } -0.95 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}, p < 0.001$) (Tabela 3). Não existiram diferenças no $\dot{V}O_{2\text{pre}}$ nas restantes rotinas. Ainda assim, observou-se um efeito principal do tempo ($F(1,107) = 19.64, p < 0.001, \eta^2 = 0.16$) e das rotinas ($F(3,103) = 33.77, p < 0.001, \eta^2 = 0.50$) para o $\dot{V}O_{2\text{pre}}$ relativo, sugerindo que ambos os programas de treino reduzem o $\dot{V}O_{2\text{pre}}$ relativo ($d = -1.45; 95\% \text{ CI: } -2.1 \text{ a } -0.8 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}, p < 0.001$). O valor mais alto obtido no $\dot{V}O_{2\text{pre}}$, verificou-se antes da realização da rotina do solo, e o mais baixo antes da rotina do salto ($d = 4.58; 95\% \text{ CI: } 3.38 \text{ a } 5.77 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}, p < 0.001$). As rotinas das paralelas assimétricas e da trave mostraram $\dot{V}O_{2\text{pre}}$ idênticos (Tabela 3). Após ajustamentos para o estadio de maturação e para a ordem das rotinas, não se observou nenhuma alteração nos resultados. Ambos os valores de $Bla_{\text{pré}}^-$ e $FC_{\text{pré}}$ decresceram após ambos os programas de treino ($Bla_{\text{pré}}^-, d = -0.40; 95\% \text{ CI: } -0.59 \text{ a } -0.21 \text{ mmol.L}^{-1}, p < 0.001; FC_{\text{pré}}, d = -7; 95\% \text{ CI: } -9 \text{ a } -4 \text{ b.min}^{-1}, p < 0.001$) (Tabela 3).

4.4.2. Durante as rotinas

Não se verificaram efeitos de interação significativos para a FC_{pico} e para o $\dot{V}O_{2\text{ext}}$ relativo (Tabela 3). Contudo, observou-se um efeito principal do tempo ($F(1,107) = 46.25, p < 0.001, \eta^2 = 0.30$) e das rotinas ($F(1,103) = 123.8, p < 0.001, \eta^2 = 0.78$) na FC_{pico} , sugerindo que ambos os programas de treino reduzem a FC_{pico} durante as rotinas

($d = -12$; 95% CI: -15 a -8 b.min⁻¹, $p < 0.001$) (Figura 8). O valor mais alto da FC_{pico} foi obtido durante a rotina do solo enquanto que o valor mais baixo foi obtido pela rotina do salto ($d = 42$; 95% CI: 36 a 48 b.min⁻¹, $p < 0.001$). A FC_{pico} atingida durante as rotinas das paralelas assimétricas e da trave foi idêntica (Figura 8).

Figura 8 - Valores médios e DP da FC_{pico} obtidos durante as rotinas, nos momentos pré e pós.



Nota: FC_{pico} obtida durante a realização das rotinas. Abreviaturas: FC_{pico} , pico da frequência cardíaca. *Significativamente diferente do pré ($p < 0.05$)

O valor mais alto de $\dot{V}O_{2\ ext}$ relativo foi obtido durante as rotinas do solo e das paralelas assimétricas, e o valor mais baixo obtido nesta variável foi pela rotina do salto ([Anexo 11 “Suplemento 3”](#)). Adicionalmente, a rotina do salto foi a única a mostrar valores $< 90\%$ da $\%FC_{max}$ (Tabela 3). Ajustamentos foram feitos para o estadio de maturação e para a ordem das rotinas, não havendo alteração nos resultados.

Tabela 3 - Efeitos dos programas de treino de ST e KB+ no consumo de oxigénio, lactato e frequência cardíaca antes e durante as rotinas.

	ST				KB+				Tempo		Rotina		Condição		Interação	
	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2
$\dot{V}O_{2\ pre}$ (mL.kg. ⁻¹ .min ⁻¹)	<i>Rotina*tempo</i>															
Pré	4.35 (1.62)# δ †	6.68 (2.23)	7.73 (1.39)	10.09 (2.99) † δ †	8.93 (3.25) # δ †	11.12 (2.66)	11.57 (2.04)	14.71 (3.56) † δ †	<0.001	0.16	<0.001	0.50	0.002	0.67	0.03	0.08
Pós	4.87(1.78)# δ †	6.32 (0.96)	5.73 (1.08)	8.26 (1.63)*	7.054 (2.3) # δ †	10.43 (1.37)	10.26 (2.46)	10.5 (2.41)*								
$Bla_{\ pre}$ (mmol.L ⁻¹)																
Pré	2.98 (0.93) δ #	3.36 (1.107) δ #	2.27 (1.11)	2.08 (0.70)	2.58 (0.86) δ #	2.31 (0.50) δ #	1.74 (0.40)	1.46 (0.31)	<0.001	0.14	<0.001	0.45	<0.001	0.45		
Pós	3.00 (0.42)*	2.78 (0.60)*	1.88 (0.49) *	1.81 (0.29)*	2.04 (0.67)*	1.75 (0.53)*	1.44 (0.42)*	1.23 (0.29)*								
$FC_{\ pré}$ (b.min ⁻¹)																
Pré	109 (17)	114 (16)	114 (9)	111 (16)	115 (19)	110 (17)	118 (13)	114 (20)	<0.001	0.19	0.06	0.07	0.49	0.03		
Pós	107 (9)*	107 (7)*	107 (9)*	103 (5)*	108 (16)*	108 (16)*	116 (16)*	109 (21)*								
$FC_{\ max}$ (%)																
Pré	82 (11)# δ †	101 (5)	102 (6)	89 (40)	90 (11)# δ †	102 (4)	103 (3)	108 (5)	0.05	0.03	<0.001	0.41	0.04	0.23		
Pós	72 (9)# δ †	93 (8)	99 (6)	103 (5)	78 (8)# δ †	98 (6)	101 (3)	100 (12)								

Dados apresentados como média (DP); Abreviaturas: ST, treino específico, KB+, treino de *kettlebell* + treino específico, $FC_{\ max}$, frequência cardíaca máxima, $FC_{\ pré}$, frequência cardíaca de repouso, $FC_{\ pico}$, pico da frequência cardíaca durante as rotinas, $\dot{V}O_{2\ pré}$, consumo de oxigénio em repouso, $Bla_{\ pré}$, concentração de lactato sanguíneo em repouso, $\dot{V}O_{2\ ext}$, consumo máximo de oxigénio extrapolado durante as rotinas. Foram feitas comparações post-hoc para a interação rotina*tempo separadamente para o grupo; e para as rotinas e para o efeito principal do tempo e para a interação condição*rotina separadamente para o efeito principal da rotina. Só são reportadas interações significativas.

* Significativamente diferente do pré ($p < 0.01$). # Significativamente diferente da rotina do solo ($p < 0.01$). † Significativamente diferente da rotina do salto ($p < 0.01$). δ Significativamente diferente da rotina da trave ($p < 0.01$). † Significativamente diferente da rotina das paralelas assimétricas ($p < 0.01$).

Tabela 3 (continuação) - Efeitos dos programas de treino de ST e KB+ no consumo de oxigênio, lactato e frequência cardíaca antes e durante as rotinas.

	ST				KB+				Tempo		Rotina		Condição		Interação	
	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2
$\dot{V}O_{2\ ext}$ (mL.kg. ⁻¹ min ⁻¹)																
Pré	22.88 (6.77)#†	38.37 (4.36)	29.02 (4.98)#†	31.87 (14.49)	35.42 (10.47)#†	43.59 (9.43)	40.01 (10.08)#†	46.91 (10.76)	0.82	0	<0.001	0.28	<0.001	0.49		
Pós	25.94 (6.17)	33.4 (5.03)	29.86 (2.70)	41.58 (6.28)	38.11 (11.06)	42.82 (7.12)	37.72 (5.15)	39.14 (6.78)								
$\dot{V}O_{2\ ext}$ (L.min ⁻¹)																Condição*rotina
Pré	1109 (393.2)	1826 (279.2)	1416 (433.5)	1785 (406)	1531 (360)	1789 (302.2)	1675 (276.3)	1964 (190.7)	0.71	0	<0.001	0.39	0.15	0.12	0.02	0.09
Pós	1260 (519.4)	1597 (470.1)	1404 (203.7)	1970 (468.3)	1602 (211.8)	1859 (402.2)	1642 (324.6)	1699 (345.6)								
$\dot{V}O_{2\ ext}$ (%)																Condição*tempo
Pré	53 (17)	89 (12)	68 (14)	64 (40)	103 (36)#§†	128 (40)#§ †	116 (37)#† †	135 (31)† †§	<0.001	0.13	0.08	0.05	<0.001	0.53	0.006	0.06
Pós	50 (23)	66 (27)	64 (27)	89 (39)	85 (23)*	96 (10)*	85 (13)*	87 (10)*								

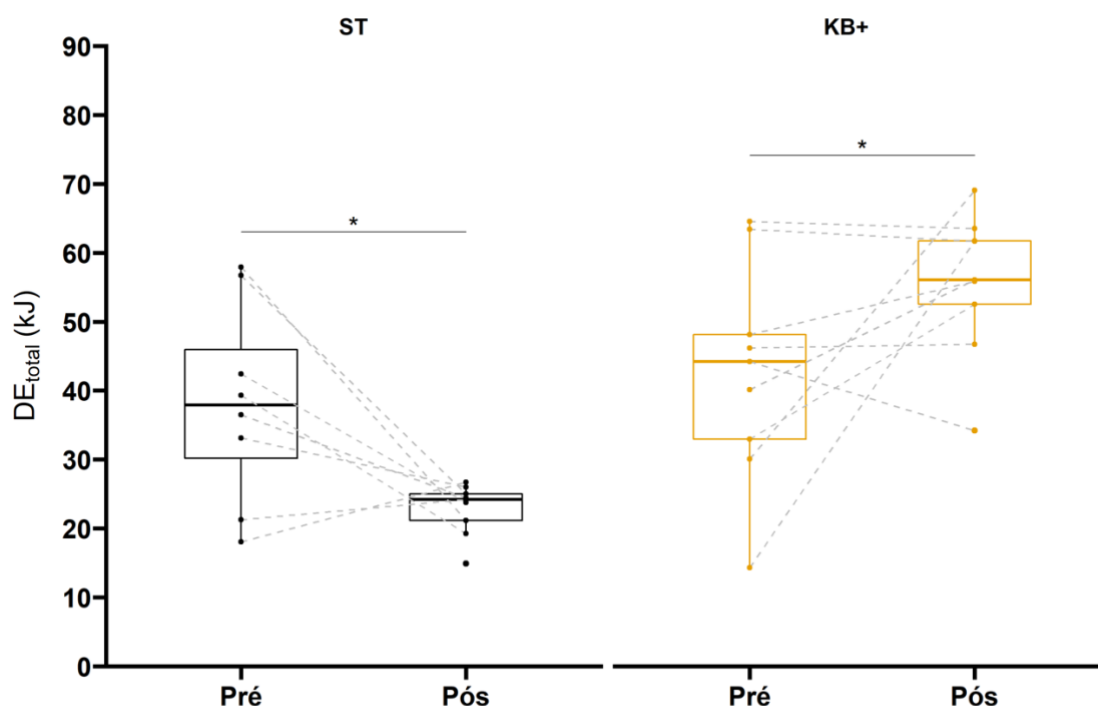
Dados apresentados como média (DP); Abreviaturas: ST, treino específico, KB+, treino de *kettlebell* + treino específico, FC_{max} , frequência cardíaca máxima, $FC_{pré}$, frequência cardíaca de repouso, FC_{pico} , pico da frequência cardíaca durante as rotinas, $\dot{V}O_{2\ pré}$, consumo de oxigênio em repouso, $Bla_{pré}$, concentração de lactato sanguíneo em repouso, $\dot{V}O_{2\ ext}$, consumo máximo de oxigênio extrapolado durante as rotinas. Foram feitas comparações post-hoc para a interação rotina*tempo separadamente para o grupo; e para as rotinas e para o efeito principal do tempo e para a interação condição*rotina separadamente para o efeito principal da rotina. Só são reportadas interações significativas.

* Significativamente diferente do pré ($p < 0.01$). # Significativamente diferente da rotina do solo ($p < 0.01$). † Significativamente diferente da rotina do salto ($p < 0.01$). § Significativamente diferente da rotina da trave ($p < 0.01$). † Significativamente diferente da rotina das paralelas assimétricas ($p < 0.01$).

4.4.3. Recuperação

Efeitos de interação entre a condição*tempo foram observados para o dispêndio energético aeróbio total (DE_{total}) ($F(1,122) = 97.2, p < 0.001, \eta^2 = 0.44$) e para o dispêndio energético aeróbio (DE_{aer}) ($F(1,110) = 15.48, p < 0.001, \eta^2 = 0.12$) uma vez que o ST reduziu o DE_{total} ($d = -35.76$; 95% CI: -48.0 a -23.49 kJ, $p < 0.001$) e o DE_{aer} ($d = -8.34$; 95% CI: -11.9 a -4.79 kJ, $p < 0.001$), enquanto que o KB+ não (Figura 9 e Tabela 4). O maior valor de DE_{aer} foi atingido na rotina do solo, enquanto que o valor mais baixo foi atingido na rotina do salto ($d = 7.50$, 95% CI: 4.13 a 10.84 kJ, $p < 0.001$). Após ajustamentos para o estadió de maturação e ordem das rotinas, não houve alteração de resultados.

Figura 9 - Valores médios e DP de DE_{total} pré e pós rotinas consoante ambos os programas de treino.



Nota: DE_{total} obtido e calculado após as rotinas. Abreviaturas: ST, treino específico; KB+, treino de *kettlebell* + treino específico; DE_{total} , dispêndio energético aeróbio total. *Significativamente diferente do pré ($p < 0.05$)

Efeitos de interação entre as rotinas*tempo foram observados para o $BLa^-_{pós1}$, sugerindo que ambos os programas de treino reduziram $BLa^-_{pós1}$ após a rotina do solo ($d = -1.76$; 95% CI: -2.95 a -0.56 mmol.L^{-1} , $p < 0.001$). Os resultados mostram que também houve diminuição do $BLa^-_{pós3}$ após ambos os programas de treino ($d = -0.70$; 95% CI: -0.98 a -0.42 mmol.L^{-1} , $p < 0.001$) (Tabela 4). Tanto o $BLa^-_{pós1}$ como o $BLa^-_{pós3}$ atingiram os seus valores mais altos após as rotinas do solo, enquanto que os valores mais baixos foram obtidos após as rotinas do salto e da trave ($BLa^-_{pós1}$, $d = 2.77$; 95% CI: 2.06 a 3.48 mmol.L^{-1} , $p < 0.001$; $BLa^-_{pós3}$, $d = 3.11$; 95% CI: 2.60 a 3.62 mmol.L^{-1} , $p < 0.001$) ([Anexo 11 “Suplemento 3”](#)). Os valores mais baixos da A_p foram atingidos na rotina do salto em comparação com as outras rotinas (Tabela 4, [Anexo 11 “Suplemento 3”](#)). Os valores mais baixos da FC_{rec1} e da FC_{rec3} foram observados após a rotina do salto em comparação com as outras rotinas (Tabela 4, [Anexo 11 “Suplemento 3”](#)).

Tabela 4 - Efeitos dos *programas de treino* ST e KB+ no consumo de oxigénio e lactato sanguíneo após as rotinas.

	ST				KB+				Tempo		Rotina		Condição		Interação	
	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2
τ_p (s)																
Pré	47 (19)	50 (7)	38 (8)	50 (6)	49 (10)	48 (10)	45 (8)	49 (7)	0.26	0.01	0.64	0.02	0.35	0.11		
Pós	56 (17)	55 (11)	134 (242)	57 (9)	57 (15)	49 (10)	48 (5)	51 (12)								
A_p (mL.min ⁻¹)																
Pré	1009 (342)†‡#	1574 (477)	1475 (385)	1583 (510)	1195 (389) †‡#	1624 (389)	1390 (322)	1603 (157)	0.12	0.02	<0.001	0.31	0.87	0		
Pós	1247 (356)	1532 (353)	1407 (267)	1811 (462)	1294 (184)	1497 (191)	1473 (285)	1435 (255)								
$BLa_{pós1}$ (mmol.L ⁻¹)																Rotina*tempo
Pré	2.90 (0.89)	4.46 (1.70) †‡	3.08 (0.78)	5.95 (2.35)†‡‡	2.53 (0.58)	3.68 (0.79) †‡	2.31 (0.47)	6.41 (3.20) ††‡	<0.001	0.14	<0.001	0.57	0.64	0.01	0.03	0.08
Pós	2.59 (0.52)	3.35 (0.24)	2.42 (0.45)	4.27 (0.87)*†‡	2.28 (0.65)	3.09 (0.81)	2.43 (0.62)	4.70 (1.44) *†‡								

Dados apresentados como média (DP); Abreviaturas: ST, treino específico, KB+, treino de *kettlebell* + treino específico, τ_p , constante do tempo da componente rápida e lenta do $\dot{V}O_2$, A_p , amplitude da componente rápida e lenta do $\dot{V}O_2$, DE_{aer} , dispêndio energético aeróbio, $BLa_{pós1}$ e $BLa_{pós3}$, concentração de lactato nos minutos 1 e 3 após cada rotina, respetivamente, FC_{rec1} e FC_{rec3} , frequência cardíaca de recuperação nos minutos 1 e 3 após cada rotina. Foram feitas comparações post-hoc para a interação condição*tempo, rotina*tempo separadamente para cada grupo; e para os efeitos principais do tempo e das rotinas. Só são reportadas interações significativas. * Significativamente diferente do pré ($p < 0.01$), # Significativamente diferente da rotina do solo ($p < 0.01$). † Significativamente diferente da rotina do salto ($p < 0.01$). ‡ Significativamente diferente da rotina da trave ($p < 0.01$). † Significativamente diferente da rotina das paralelas assimétricas ($p < 0.01$).

Tabela 4 (continuação) - Efeitos dos programas de treino ST e KB+ no consumo de oxigénio e lactato sanguíneo após as rotinas.

	ST				KB+				Tempo		Rotina		Condição		Interação	
	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2
<i>BLa_{pós3}</i> (mmol.L ⁻¹)																
Pré	2.80 (0.74) †§	4.11 (1.27)	2.60 (0.61)	6.42 (2.28) ††§	2.30 (0.48) †§	3.47 (0.60)	2.32 (0.83)	5.63 (1.07) ††§	<0.001	0.18	<0.001	0.76	0.23	0.09		
Pós	2.41 (0.57)*	3.39 (0.54)*	2.25 (0.48)*	4.68 (0.97)*	1.93 (0.40)*	2.84 (1.12)*	2.02 (0.67)*	4.90 (1.47)*								
<i>FC_{rec1}</i> (b.min ⁻¹)																<i>Rotina*tempo</i>
Pré	30 (10)	48 (18)	35 (12)	41 (13)	41 (24)	45 (15)	38 (9)	42 (17)	0.08	0.03	<0.001	0.27	0.5	0.03	<0.001	0.22
Pós	13 (11) *#§†	35 (16)	51 (10)*	38 (13)	23 (8)*#§†	41 (16)	48 (14)*	41 (36)								
<i>FC_{rec3}</i> (b.min ⁻¹)																<i>Rotina*tempo</i>
Pré	36 (10) #†	48 (18)	51 (10) #†	76 (16)	47 (20) #†	45 (15)	52 (11) #†	70 (12)	0.36	0	<0.001	0.66	0.87	0	<0.001	0.25
Pós	21 (10) *#§†	57 (12)	66 (6)	73 (13)	30 (10) *#§†	62 (15)	67 (10)	65 (30)								

Dados apresentados como média (DP); Abreviaturas: ST, treino específico, KB+, treino de *kettlebell* + treino específico, τ_p , constante do tempo da componente rápida e lenta do $\dot{V}O_2$, A_p , amplitude da componente rápida e lenta do $\dot{V}O_2$, DE_{aer} , dispêndio energético aeróbio, *BLa_{pós1}* and *BLa_{pós3}*, concentração de lactato nos minutos 1 e 3 após cada rotina, respetivamente, *FC_{rec1}* and *FC_{rec3}*, frequência cardíaca de recuperação nos minutos 1 e 3 após cada rotina. Foram feitas comparações post-hoc para a interação condição*tempo, rotina*tempo separadamente para cada grupo; e para os efeitos principais do tempo e das rotinas. Só são reportadas interações significativas. * Significativamente diferente do pré ($p < 0.01$), # Significativamente diferente da rotina do solo ($p < 0.01$). † Significativamente diferente da rotina do salto ($p < 0.01$). § Significativamente diferente da rotina da trave ($p < 0.01$). † Significativamente diferente da rotina das paralelas assimétricas ($p < 0.01$).

4.5. Aptidão neuromuscular

Ambos os programas de treino aumentaram a Hg ($d = 1.44$; 95% CI: 2.09 to 0.79 N, $p < 0.001$) (Tabela 5). Ajustamentos foram feitos para o estadio de maturação e para a ordem das rotinas, sem alteração de resultados. O SJ e o RJ mantiveram-se inalterados após ambos os programas de treino (Tabela 5).

Tabela 5 - Efeitos dos programas de treino ST e KB+ nos testes do handgrip, squat jump e rope jump.

	ST				KB+				Tempo		Rotina		Condição		Interação	
	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2
Hg (N)																
Pré	23.88 (5.54)	24.38 (5.23)	24.25 (5.33)	24.62 (7.19)	22.56 (3.81)	23.82 (3.42)	23.11 (3.14)	23.56 (3.08)	<0.001	0.12	0.16	0.05	0.79	0		
Pós	25.62 (6.43)*	26 (7.72)*	24.62 (6.69)*	25 (7.30)*	24.44 (3.74)*	26.33 (3.67)*	24.78 (4.05)*	24.78 (3.56)*								
SJ (m.s ⁻¹)																
Pré	387.6 (1009)	32.53 (5.81)	37.42 (4.21)	32.52 (4.38)	31.52 (3.45)	30.69 (3.67)	32.09 (3.21)	32.61 (2.55)	0.28	0	0.34	0.03	0.30	0.06		
Pós	30.9 (5.17)	32.12 (4.03)	31.19 (5.39)	32.27 (5.41)	30.35 (2.65)	30.82 (3.39)	31.48 (4.46)	31.17 (3.28)								
RJ (n°)																
Pré	130 (14)		125 (15)		130 (15)		131 (19)		0.56	<0.001			0.25	0.08		
Pós	123 (17)		120 (17)		130 (14)		138 (10)									

Dados apresentados como média (DP); Abreviaturas: ST, treino específico, KB+, treino de *kettlebell* + treino específico, Hg, *handgrip*, SJ, *squat jump*, RJ, *rope jump*. Foram feitas comparações post-hoc para o efeito principal do tempo e condição. Só são reportadas interações significativas.

* Significativamente diferente do pré ($p < 0.01$).

5. Discussão

Os resultados obtidos no presente estudo não suportam a nossa hipótese, uma vez que o KB+ não provocou quaisquer melhorias nas exigências fisiológicas e padrões de recuperação na GAF durante a simulação de competição, quando comparado ao ST. Ambos os programas de treino reduziram as exigências cardiorrespiratórias (FC_{pico}) e metabólicas ($BLa^-_{pós1}$) da GAF, promovendo uma recuperação entre rotinas mais rápida. Observou-se, no entanto, aumentos significativos nos limiares maximais e submaximais do $\dot{V}O_2$ durante o teste progressivo, apenas após o protocolo do KB+.

5.1. Exigências fisiológicas das rotinas

Ginastas artísticas do sexo feminino podem alcançar valores de BL_a^- entre 4.7 e 10.5 mmol.L⁻¹ nas rotinas do solo e das paralelas assimétricas (Isacco et al., 2017; Marina & Rodríguez, 2014), demonstrando que a via glicolítica tem um papel predominante nesta modalidade. Os nossos resultados estão de acordo com o previamente descrito, reportando maiores valores de concentração de $BLa^-_{pós1}$ e $BLa^-_{pós3}$ na rotina do solo e das paralelas assimétricas. A FC durante as rotinas do solo, paralelas assimétricas e trave, alcançou valores de cerca de 90% dos valores da FC_{max} obtidos na prova de esforço máxima efetuada no cicloergómetro, estando de acordo com resultados prévios (Isacco et al., 2017; Marina & Rodríguez, 2014). A trave é considerada por diversos ginastas artísticos como a rotina mais difícil, stressante e perigosa (Marina & Rodríguez, 2014; Montgomery & Beaudin, 1982; Sharkey et al., 1966). Sendo uma rotina que requer contrações isométricas prolongadas (Montgomery & Beaudin, 1982), isso poderá em parte explicar os nossos resultados. A rotina do salto demonstrou ter os valores mais baixos de FC_{pico} , $BLa^-_{pós1}$, $BLa^-_{pós3}$ e A_p de todas as rotinas da ginástica, o que poderá ser explicado pela sua curta duração e consequente contribuição energética da via ATP-PCr (Gastin, 2001). O $\dot{V}O_{2\ ext}$ demonstrou valores mais elevados na rotina do solo, como previamente descrito por Marina e Rodríguez (2014), seguido das paralelas assimétricas, e posteriormente suportado pela alta A_p . Isto sugere e reforça observações prévias (Isacco et al., 2017; Lange et al., 2005; Marina & Rodríguez, 2014) que as exigências cardiorrespiratórias e metabólicas estão dependentes do aparelho e da duração das rotinas, mas também que a produção de ATP proveniente da glicólise anaeróbia é predominante na GAF.

5.2. Aptidão cardiorrespiratória

Pesquisas realizadas em ginastas artísticas do sexo feminino reportaram valores de $\dot{V}O_{2\max}$ entre 50.20 mL.kg.⁻¹min⁻¹ e 56.40 mL.kg.⁻¹min⁻¹ em resposta ao exercício máximo, no teste de Léger e passadeira, respetivamente (Isacco et al., 2017; Marina & Rodríguez, 2014), enquanto que os nossos valores estão, aproximadamente, entre 36.00 mL.kg.⁻¹min⁻¹ e 43.25 mL.kg.⁻¹min⁻¹. Verifica-se que desportos predominantemente aeróbios, como atletismo e natação de longa duração, atingem valores mais elevados de $\dot{V}O_{2\max}$ (63.24 mL.kg.⁻¹min⁻¹ e 46.2-55.9 mL.kg.⁻¹min⁻¹), quando comparados a desportos mais intensos, explosivos e de curta duração, como a ginástica (Burke & Brush, 1979; Cunningham & Eynon, 1973). As ginastas do presente estudo apresentam também valores mais baixos de potência aeróbia quando comparados a outros desportos predominantemente anaeróbios, como atletismo de curta duração, levantamento de peso (Mero et al., 1990) ou *wrestling* (Sady et al., 1984), mas mais altos quando comparados a ginástica rítmica (Sprynarová & Parizková, 1969), ainda que não seja uma evidência universal (Guidetti et al., 2000).

5.3. Efeito das intervenções

Do nosso conhecimento, este é o primeiro estudo focado em examinar os efeitos de um programa de exercício adicional em relação ao treino habitual ou treino técnico, na potência aeróbia, exigências fisiológicas e padrões de recuperação durante a simulação de uma competição na GAF. O treino de KB+ foi pensado de acordo com as recomendações de Marina e Rodríguez (2014) para realização de um protocolo de treino especializado para trabalhar a potência aeróbia (Falatic et al., 2015), complementado com alta produção de força (Lake & Lauder, 2012), de forma a facilitar a recuperação e aumentar o dificultado e complexo perfil imposto ao ginasta. Neste estudo, o KB+ levou a um aumento do AT2 durante o teste progressivo, enquanto que o ST não. O DE_{total} também aumentou após o KB+, suportando a ideia de que o KB+ melhorou as contribuições aeróbias durante a recuperação. No entanto, os resultados mostraram que o KB+ não foi superior ao ST na promoção de uma recuperação mais rápida ou na redução das exigências fisiológicas durante as rotinas da GAF, como evidenciado pelas reduções similares da FC_{pico} , $BLa_{pós1}$, $BLa_{pós3}$. Isto poderá estar relacionado com a carga selecionada (Bishop et al., 2005; Castellano, 2009; Fung & Shore, 2010; Hulseley et al., 2012; Lanier et al., 2005; Porcari et al., 2010), duração (Hickson et al., 1981) ou falta de especificidade do protocolo de KB+. O presente estudo, utilizou uma carga para o *kettlebell* de ¼ da massa corporal, como sugerido em estudos anteriores (Budnar Jr et

al., 2014; Lake & Lauder, 2012; Raymond et al., 2018). No entanto, Fung and Shore (2010) estudaram as respostas metabólicas durante um protocolo de exercício progressivo com o *kettlebell*, até à exaustão, e recomendaram utilizar um peso de *kettlebell* de menos que 13% do peso corporal se o objetivo for provocar stress no sistema aeróbio. No entanto, existe falta de consenso sobre a carga adequada a utilizar num protocolo com o *kettlebell*. Ainda para mais, só se aplicou o KB+ apenas 3 vezes por semana, durante 4 semanas. Finalmente, o KB+ pode não ter preenchido os requisitos necessários da modalidade. A alta complexidade dos esquemas, realizados nos aparelhos, com altos níveis de equilíbrio e controlo isométrico da massa corporal podem não se refletir no exercício do *swing* do *kettlebell*.

Ambas as intervenções reduziram as exigências fisiológicas durante e após as rotinas da GA, evidenciado pelas reduções na FC_{pico} , $BLa^-_{pós1}$ e $BLa^-_{pós3}$. No entanto, o $\dot{V}O_{2\ ext}$ não seguiu a mesma tendência, uma vez que a linearidade existente entre a FC e o $\dot{V}O_2$ foi perturbada do exercício máximo para o supra-máximo, como no caso das rotinas da GA (Marina & Rodríguez, 2014).

5.4. Limitações do estudo

Este estudo apresenta limitações. Primeiro, utilizámos uma amostra de conveniência que pode ter afetado a potência estatística de forma a suportar os nossos resultados. O facto de se ter utilizado um cicloergómetro para determinar a potência aeróbia pode não ter transferido ou ser relevante para a GA. Outra limitação está relacionada com o número de horas exaustivo que a GA treina por dia, praticamente todos os dias, com foco em todos os grupos musculares. O facto de o KB+ apenas utilizar o movimento do *swing* pode ter influenciado os resultados. Aliás, a componente horizontal do movimento do *swing* pode ser identificada nas rotinas do solo, salto e trave, mas não na rotina das paralelas assimétricas, classificadas como a segunda rotina mais exigente na GA.

5.5. Conclusão

O treino de KB+ não demonstrou melhorias nas exigências fisiológicas e padrões de recuperação da GAF quando equiparado ao ST, durante as simulações de competição. Ambas as intervenções reduziram a FC_{pico} durante as rotinas e os níveis de BLa^- após as rotinas. Os cientistas do desporto devem continuar a investigar protocolos acessíveis e rentáveis para melhorar os padrões de recuperação da GAF em competição.

6. Reflexão

Este estudo destaca-se pela ousadia de investigar variáveis fisiológicas e metabólicas em atletas de elite do sexo feminino, dois fatores que, por si só, dificultam a investigação. Burden, Shill & Bishop (2021), relataram isso mesmo. Uma vez que não existe tanta evidência de estudos realizados no sexo feminino, e ainda, em atletas consideradas de elite, o estudo perde credibilidade. No entanto, este é o passo que devemos querer dar. Evoluir e formar atletas, juntando o que hoje em dia se sabe com o que há ainda por descobrir, para que se caminhe ao encontro do que realmente necessitam para chegar ao topo, sem grandes desvios, e para que haja um número maior de atletas nesse patamar. Se a mentalidade for que os desportos de elite requerem uma abordagem prática baseada em evidências, irá dar-se menos atenção a significância estatística – o mágico “ $p < 0.05$ ”, e começa a entender que atletas de elite, por si só, são uma população com diversas especificidades, ou seja, considerados como *outliers*, pelo que a resposta individual, e qualquer alteração nas variáveis estudadas podem ter importância, ainda que não sejam estatisticamente significativa, como acontece no nosso estudo. O mesmo acontece quando se estuda o sexo feminino, conjugando uma série de fatores que podem adulterar os resultados, como por exemplo, hormonais.

Realizando uma introspeção dos resultados reportados, e tendo em consideração os diversos fatores mencionados na discussão que podem ter influenciado os mesmos, coloco em questão se uma sequência de exercícios diferentes, uma espécie de circuito com diferentes saltos, *swings* com o *kettlebell*, e, por ventura força de membros superiores, entre outros que poderia colocar aqui, não traria mais benefícios para as ginastas por envolver diversos padrões de movimentos associados à modalidade. Ainda, numa visão mais integrativa, reconhecendo que esta é uma modalidade predominantemente anaeróbia e que não conseguimos simplesmente deixar de utilizar esta via e passar só a utilizar a via aeróbia, avaliar as duas em conjunto, através da avaliação cardiorrespiratória com recurso a intensidades supra-máximas, como por exemplo estimando o défice de acumulação máximo de oxigénio, poderia fornecer mais detalhes relevantes de serem estudados nesta modalidade.

Posto isto, o meu contributo pessoal à instituição tornou-se uma simbiose perfeita entre a parte da performance e a parte laboratorial de todo o meu estágio, tornando-o muito gratificante. Também, o empenho, dedicação e espírito de entreajuda prestado por toda a equipa GCP Lab, pelas ginastas participantes, respetiva treinadora e preparador físico, impulsionou ao sucesso desta investigação.

7. Conclusão

Após dois anos de estudos investidos na realização e término de mestrado, fazendo uma apreciação global do mestrado em Exercício e Saúde, posso afirmar que este me deu bases e fundamentos para alcançar competências e conhecimentos em áreas relacionadas com a saúde e também com o treino desportivo, numa vertente não só prática, mas também científica. O facto de ter tido contacto com a área do treino desportivo, e ter conseguido juntar duas áreas que se afirmam distintas, desbloqueou a ideia de que não é possível que se unam e se auxiliem uma à outra, dando maiores frutos. Forneceram-me, de ambas as partes, livros, guias, artigos e sessões de esclarecimento para que mais rapidamente me pudesse inteirar da forma de trabalho e passar para a prática.

A escolha por desenvolver estágio curricular prendeu-se no facto de sentir que necessitava de colocar em prática o que aprendi até ao dia de hoje, estar em contacto com diferentes formas de trabalho, nomeadamente dos profissionais que seguia, aprender e absorver os seus conhecimentos. Foi-me dada bastante autonomia e confiança no desempenho das tarefas, que seguiam um grau de dificuldade crescente ao longo do ano, tendo culminado num ano de muita aprendizagem, esforço e superação, indo ao encontro do que eu pretendia quando decidi optar pelo estágio no GCP. Uma característica, para mim fundamental, que noto que desenvolvi durante o estágio foi o espírito crítico, principalmente durante as sessões semanais do *Pints of Science*. Não me contentar só com o que vejo a ser realizado, mas questionar e tentar entender os fundamentos de trabalho, e até mesmo, ter uma opinião distinta que me leve a discutir positivamente sobre o assunto, parece-me essencial para qualquer trabalhador que queira singrar na sua área. De um modo geral, sinto que evolui como pessoa e profissional. Também, toda a equipa com quem trabalhei teve um papel importante no desenrolar do meu estágio, tendo-o tornado mais proveitoso.

A título de conclusão, não descorando tudo o que foi dito para trás, apenas salientar que, por razões externas ao local de estágio e ao GCP Lab, poderia ter realizado a parte prática do meu contributo à instituição mais previamente, de forma a poder desenvolver toda a análise de dados, resultados e conclusão ainda durante o meu ano de estágio.

Futuramente, tenciono acompanhar equipas de atletas, como fisiologista do exercício, e se se proporcionar, concomitantemente realizar trabalho na área da investigação.

V. Referências bibliográficas

- Ackland, Timothy., Lohman, Timothy., Sundgot-Borgen, Jorunn., Maughan, Ronald., Meyer, Nanna., Stewart, Arthur., & Mü Ller, Wolfram. (2012). *Current Status of Body Composition Assessment in Sport*.
- Alves, P. (2001). *Avaliação e controlo de treino em jovens triatletas*. <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/13343/1/Monografia%20-%20Jorge%20Faria.pdf>
- Anderson, B. E., Neumann, M. L., & Huxel Bliven, K. C. (2015). *FUNCTIONAL MOVEMENT SCREEN DIFFERENCES BETWEEN MALE AND FEMALE SECONDARY SCHOOL ATHLETES*. www.nasca.com
- Arampatzis, A., Bruggemann, G.-P., Bruggemann, B., & Klapsing, G. M. (2001). *Leg stiffness and mechanical energetic processes during jumping on a sprung surface*. <http://www.acsm-msse.org>
- Bacciotti, S., Baxter-Jones, A., Gaya, A., & Maia, J. (2018). Body physique and proportionality of Brazilian female artistic gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 36(7), 749–756. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1340655>
- Bak, K., & Kalms, S. B. (1994). *Epidemiology of injuries in gymnastics*.
- Basterfield, L., Adamson, A. J., Frary, J. K., Parkinson, K. N., Pearce, M. S., & Reilly, J. J. (2011). Longitudinal study of physical activity and sedentary behavior in children. *Pediatrics*, 127(1). <https://doi.org/10.1542/peds.2010-1935>
- Behringer, M., vom Heede, A., Matthews, M., & Mester, J. (2011). Effects of Strength Training on Motor Performance Skills in Children and Adolescents: A Meta-Analysis. In *Pediatric Exercise Science* (Vol. 23).
- Bencke, J., Damsgaard, R., Saekmose, A., Jørgensen, P., Jørgensen, K., Klausen, K., & Bencke, J. (2002). *Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming*.
- Bergman, B., & Brooks, G. (1999). *Respiratory gas-exchange ratios during graded exercise in fed and fasted trained and untrained men*. <http://www.jap.org>
- Bertuzzi, R., Melegati, J., Bueno, S., Ghiarone, T., Pasqua, L. A., Gáspari, A. F., Lima-Silva, A. E., & Goldman, A. (2016). GEDAE-LaB: A free software to calculate the energy system contributions during exercise. *PLoS ONE*, 11(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145733>
- Beunen, G., & Malina, R. (1988). *Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt*.
- Bishop, E., Collins, M. A., & Lanier, A. B. (2005). *Cardiorespiratory responses to kettlebell training exercise*.
- Bradshaw, E., & Sparrow, W. (2004). Gymnastics: Target-directed running in gymnastics: A preliminary exploration of vaulting. *Sports Biomechanics*, 3(1), 125–144. <https://doi.org/10.1080/14763140408522834>

- Bradshaw, Elizabeth., & Rossignol, Peter. (2004). Gymnastics: Anthropometric and biomechanical field measures of floor and vault ability in 8 to 14 year old talent-selected Gymnasts. *Sports Biomechanics*, 3(2), 249–262. <https://doi.org/10.1080/14763140408522844>
- Bradshaw, Elizabeth., & Sparrow, W. (2001). *The approach, vaulting performance, and judge's score in women's artistic gymnastics*.
- Budnar Jr, R. G., Duplanty, A. A., Hill, D. W., Mcfarlin, B. K., & Vingren, J. L. (2014). *THE ACUTE HORMONAL RESPONSE TO THE KETTLEBELL SWING EXERCISE*. www.nsc.com
- Burden, R. J., Shill, A. L., & Bishop, N. C. (2021). Elite female athlete research: stop searching for the 'magic P.' In *Experimental Physiology* (Vol. 106, Issue 10, pp. 2029–2030). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1113/EP089884>
- Burke, E. J., & Brush, F. C. (1979). Physiological and anthropometric assessment of successful teenage female distance runners. *Research Quarterly of the American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance*, 50(2), 180–187. <https://doi.org/10.1080/10671315.1979.10615599>
- Cabral, V. (2003). *O controlo do treino físico*. <https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/13343/1/Monografia%20-%20Jorge%20Faria.pdf>
- Caine, D., Russell, K., & Lim, L. (2013). *Gymnastics*.
- Caine, Dennis., Cochrane, Barbara., Caine, Caroline., & Zemper, Eric. (1989). *An epidemiologic investigation of injuries affecting young competitive female gymnasts*.
- Caine, Dennis., Knutzen, Kathy., Howe, Warren., Keeler, Lindon., Sheppard, Lianne., Henrichs, Deborah., & Fast, Jim. (2003). A three-year epidemiological study of injuries affecting young female gymnasts. *Physical Therapy in Sport*, 4(1), 10–23. [https://doi.org/10.1016/S1466-853X\(02\)00070-6](https://doi.org/10.1016/S1466-853X(02)00070-6)
- Campbell, Rhiannon., Bradshaw, Elizabeth., Ball, Nick., Pease, David., & Spratford, W. (2019). Injury epidemiology and risk factors in competitive artistic gymnasts: A systematic review. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 53, Issue 17, pp. 1056–1069). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099547>
- Castellano, J. (2009). *Metabolic demand of a kettlebell workout routine*.
- Chatzinikolaou, A., Michaloglou, K., Avloniti, A., Leontsini, D., Deli, Chariklia., Vlachopoulos, D., Gracia-Marco, L., Arsenis, S., Athanailidis, I., Draganidis, D., Jamurtas, A. Z., Williams, C. A., & Fatouros, I. G. (2018). The trainability of adolescent soccer players to brief periodized complex training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5), 645–655. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0763>
- Cheetham, M. E., Williams, C., & Lakomy, H. K. (1985). A laboratory running test: metabolic responses of sprint and endurance trained athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 19(2), 81–84. <https://doi.org/10.1136/bjbm.19.2.81>
- Chicharro, J. L., Hoyos, J., Lucía, A., Deportiva Banesto, A., & Hoyos, S. J. (2000). *Efects of endurance training on the isocapnic buffering and hypocapnic*

- hyperventilation phases in professional cyclists. In *Br J Sports Med* (Vol. 34).
www.bjsportmed.com
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*.
<http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- Croft, J. L., Zernicke, C., von Tscharner, V., & Zernicke, R. F. (2008). Movement Variability and Muscle Activity Relative to Center of Pressure During Unipedal Stance on Solid and Compliant Surfaces. In *Motor Control* (Vol. 12).
- Cunningham, D. A., & Eynon, R. B. (1973). The working capacity of young competitive swimmers. *J. Sports Med*, 227–231.
- Difiori, J. P., Benjamin, H. J., Brenner, J. S., Gregory, A., Jayanthi, N., Landry, G. L., & Luke, A. (2013). *Overuse injuries and burnout in youth sports: a position statement from the American Medical Society for Sports Medicine*.
<https://doi.org/10.1136/bjsports>
- Dixon, M., & Fricker, P. (1993). Injuries to elite gymnasts over 10 y. . . *Med Sci Sports Exerc*.
- Enrico Di Prampero, P., & Ferretti, G. (1999). The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. In *Respiration Physiology* (Vol. 118). www.elsevier.com/locate/resphysiol
- Faigenbaum, A. (2004). Can Resistance Training Reduce Injuries in Youth Sports? In © *National Strength and Conditioning Association* (Vol. 26, Issue 3).
<http://journals.lww.com/nsca-scj>
- Faigenbaum, A. (2005). *Effects of Medicine Ball Training on Fitness Performance of High-School Physical Education Students Effects of Integrative Neuromuscular Training on Motor Performance in Prepubertal Soccer Players View project Pediatric Inactivity Triad View project*.
<https://www.researchgate.net/publication/255572574>
- Faigenbaum, Avery., Farrell, Anne., Fabiano, Marc., Radler, Tracy., Naclerio, Fernando., Ratamess, Nicholas., Kang, Jie., & Myer, Gregory. (2011). Effects of Integrative Neuromuscular Training on Fitness Performance in Children. In *Pediatric Exercise Science* (Vol. 23).
- Faigenbaum, Avery., Kraemer, William., Blimkie, Cameron., Jeffreys, Ian., Micheli, Lyle., Nitka, Mike., & Rowland, Thomas. (2009). *YOUTH RESISTANCE TRAINING: UPDATED POSITION STATEMENT PAPER FROM THE NATIONAL STRENGTH AND CONDITIONING ASSOCIATION*. www.nsca-jscr.org
- Faigenbaum, Avery., Mcfarland, James., Keiper, Fred., Tevlin, W., Ratamess, Nicholas., Kang, J., & Hoffman, Jay. (2007). *Effects of a short-term plyometric and resistance training program on fitness performance in boys age 12 to 15 years*.
<http://www.jssm.org>
- Faigenbaum, Avery., Milliken, Laurie., Loud, Rita., Burak, Bernadette., Doherty, Christina., & Westcott, Wayne. (2002). Comparison of 1 and 2 days per week of strength training in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73(4), 416–424. <https://doi.org/10.1080/02701367.2002.10609041>

- Faigenbaum, Avery., Myer, Greg., Naclerio, Fernando., & Casas, Adrian. (2011). *Injury Trends and Prevention in Youth Resistance Training*.
- Faigenbaum, Avery., Myer, Gregory., Faigenbaum, A., & Myer, G. (2010). Pediatric Resistance Training: Benefits, Concerns, and Program Design Considerations. In *Curr. Sports Med. Rep* (Vol. 9, Issue 3). www.acsm-csmr.org
- Faigenbaum, Avery., Zaichkowsky, Leonard., Westcott, Wayne., Micheii, Lyle., Fehlandt, Allan., Faigenbaum, A., Zaichkowsky, L., & Micheli, A. (1993). The Effects of a Twice-a-Week Strength Training Program on Children¹. In *Pediatric Exercise Science* (Vol. 5). Human Kinetics Publishers, Inc.
- Falatic, J. A., Plato, P. A., Holder, C., Finch, D., Han, K., & Cisar, C. J. (2015). *EFFECTS OF KETTLEBELL TRAINING ON AEROBIC CAPACITY*. www.nasca.com
- Farrar, R. E., Mayhew, J. L., & Koch, A. J. (2010). *OXYGEN COST OF KETTLEBELL SWINGS*. www.nasca-jscr.org
- Federação de Ginástica de Portugal. (2019). *Código de ética*.
- Federação de Ginástica de Portugal. (2022). *CÓDIGO PONTUAÇÃO ADAPTADO 2ª DIVISÃO (Todos os escalões)*.
- Fédération Internationale de Gymnastique. (2022). *Technical regulations 2022*.
- Fernandes, J. (2003). *Fórum “O controlo do treino físico.”*
<https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/13343/1/Monografia%20-%20Jorge%20Faria.pdf>
- Fink, H., Dieter, H., & Lilia, O. L. (2017). *Age group development and competition program*. https://www.fgp-ginastica.pt/_usr/downloads/gaf_age_group_por.pdf
- Ford, Kevin., Myer, Gregory., & Hewett, Timothy. (2010). Longitudinal effects of maturation on lower extremity joint stiffness in adolescent athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 38(9), 1829–1837.
<https://doi.org/10.1177/0363546510367425>
- Ford, Kevin., Shapiro, R., Myer, Gregory., van den Bogert, Antonie., & Hewett, Timothy. (2010). Longitudinal sex differences during landing in knee abduction in young athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(10), 1923–1931.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181dc99b1>
- Fransson, P. A., Kristinsdottir, E. K., Hafström, A., Magnusson, M., & Johansson, R. (2004). Balance control and adaptation during vibratory perturbations in middle-aged and elderly humans. *European Journal of Applied Physiology*, 91(5–6), 595–603. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-1013-1>
- Frederiksen, H., Hjelmberg, J., Mortensen, J., Mogue, M., Vaupel, J. W., & Christensen, K. (2006). Age Trajectories of Grip Strength: Cross-Sectional and Longitudinal Data Among 8,342 Danes Aged 46 to 102. *Annals of Epidemiology*, 16(7), 554–562. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2005.10.006>
- French, D. N., Gomez, A. L., Gomez, G., Volek, J. S., Rubin, M. R., Ratamess, N. A., Sharman, M. J., Gotshalk, L. A., Sebastianelli, W. J., Putukian, M., Newton, R. U., Haˆkkinen, K., Haˆkkinen, H., Fleck, S. J., Kraemer, W. J., French, A., Gómez, A. L., Volek, J. S., Rubin, M. R., ... Kraemer, W. J. (2004a). LONGITUDINAL

TRACKING OF MUSCULAR POWER CHANGES OF NCAA DIVISION I COLLEGIATE WOMEN GYMNASTS. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 18, Issue 1).

French, D. N., Gomez, A. L., Gomez, G., Volek, J. S., Rubin, M. R., Ratamess, N. A., Sharman, M. J., Gotshalk, L. A., Sebastianelli, W. J., Putukian, M., Newton, R. U., Haˆkkinen, K., Haˆkkinen, H., Fleck, S. J., Kraemer, W. J., French, A., G3mez, A. L., Volek, J. S., Rubin, M. R., ... Kraemer, W. J. (2004b). LONGITUDINAL TRACKING OF MUSCULAR POWER CHANGES OF NCAA DIVISION I COLLEGIATE WOMEN GYMNASTS. In *Journal of Strength and Conditioning Research* (Vol. 18, Issue 1).

Fung, B. J., & Shore, S. L. (2010). *Aerobic and anaerobic work during kettlebell exercise*. <https://sci-hub.se/10.1249/01.MSS.0000386575.49791.BE>

Gabel, K. A. (2006). Special Nutritional Concerns for the Female Athlete. In *Current Sports Medicine Reports* (Vol. 5).

Gastin, P. B. (2001). *Energy System Interaction and Relative Contribution During Maximal Exercise*.

Genter, A., & Berberet, D. (2018). *Reliability of the gFlight Compared to Force Plates*. <https://www.exsurgo.us/gflight>

George, D., Elias, Z., & George, P. (2013). Physiological profile of elite Greek gymnasts. *Journal of Physical Education and Sport*, 13(1), 27–32. <https://doi.org/10.7752/jpes.2013.01005>

George, K., Batterham, Alan., & Jones, Bryan. (1998). *Echocardiographic evidence of concentric left ventricular enlargement in female weight lifters*.

Georgopoulos, N., Theodoropoulou, A., Roupas, N., Rottstein, L., Tsekouras, A., Mylonas, P., Vagenakis, G., Koukkou, E., Armeni, A., Sakellaropoulos, G., Leglise, M., Vagenakis, A., & Markou, K. (2012). Growth velocity and final height in elite female rhythmic and artistic gymnasts Corresponding and reprint request author. In *HORMONES* (Vol. 2012, Issue 1).

Gittoes, M. J., & Irwin, G. (2012). *Biomechanical approaches to understanding the potentially injurious demands of gymnastic-style impact landings*. <http://www.smartjournal.com/content/4/1/4>

Granacher, U., Goesele, A., Roggo, K., Wischer, T., Fischer, S., Zuerny, C., Gollhofer, A., & Kriemler, S. (2011). Effects and mechanisms of strength training in children. *International Journal of Sports Medicine*, 32(5), 357–364. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1271677>

Guedes, D. (2011). Crescimento e desenvolvimento aplicado à Educa3o F3sica e ao Esporte. In *Rev. bras. Educ. F3s. Esporte* (Vol. 25).

Guidetti, L., Baldari, C., Capranica, L., & Persichini, C. (2000). Energy Cost and Energy Sources of Ball Routine in Rhythmic Gymnasts. *J. Sports Med*, 205–209. <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2000-8879>

Haff, G. G., & Triplett, N. T. (2016). *Essentials of strength training and conditioning*.

- Hall, Randon., Foss, K. Barber., Hewett, Timothy., & Myer, Gregory. (2015). Sport specialization's association with an increased risk of developing anterior knee pain in adolescent female athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, 24(1), 31–35. <https://doi.org/10.1123/jsr.2013-0101>
- Hambidge, S. J., Davidson, A. J., Gonzales, R., & Steiner, J. F. (2002). *Epidemiology of Pediatric Injury-Related Primary Care Office Visits in the United States* (Vol. 109, Issue 4).
- Hansen, C., Cushman, D., Anderson, N., Chen, W., Cheng, C., Hon, S. D., & Hung, M. (2015). *A Normative Dataset of the Balance Error Scoring System in Children Aged Between 5 and 14*. www.cjsportmed.com
- Harrison, J. (2011). *Applications of kettlebells in exercise program design*.
- Hedbávný, P., Sklenaříková, J., Hupka, D., & Kalichová, M. (2013). Balancing in handstand on the floor. *Science of Gymnastics Journal*, 5, 69–79. https://www.researchgate.net/publication/286310059_Balancing_in_handstand_on_the_floor
- Hewett, T., Myer, G., & Ford, K. (2004). *Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15292405/>
- Hewett, Timothy., & Myer, Gregory. (2011). The Mechanistic Connection Between the Trunk, Hip, Knee, and Anterior Cruciate Ligament Injury. In *Exerc. Sport Sci. Rev* (Vol. 39, Issue 4). www.acsm-essr.org
- Hewett, Timothy., Myer, Gregory., Ford, Kevin., Heidt, Robert., Colosimo, Angelo., McLean, Scott., van den Bogert, Antonie., Paterno, Mark., & Succop, Paul. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492–501. <https://doi.org/10.1177/0363546504269591>
- Heyward, V., & Stolarczyk, L. (1996). *Applied Body Composition Assessment*. https://books.google.pt/books/about/Applied_Body_Composition_Assessment.htm?l?id=oepqAAAAMAAJ&redir_esc=y
- Hickson, R. C., Hagberg, J. M., Ehsani, A. A., & Holloszy, J. O. (1981). Time course of the adaptive responses of aerobic power and heart rate to training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.
- Hrysomallis, C. (2011). *Balance Ability and Athletic Performance*.
- Hulsey, C. R., Soto, D. T., Koch, A. J., & Mayhew, J. L. (2012). *Comparison of kettlebell swings and treadmill running at equivalent rating of perceived exertion values*.
- Isacco, L., Ennequin, G., Johan, C., & Tordi, N. (2017). *Isacco, L. et al. (2017) - Physiological pattern changes in response to a simulated competition in elite women artistic gymnasts-annotated*.
- Jemni, M. (2001). Evolution of the physiological profile of gymnasts over the past 40 years. A review of the literature. *Can J Appl Physiol*.
- Jemni, M. (2017). *Energetics of gymnastics*.

- Jemni, M., Friemel, F. O., Lechevalier, J.-M., Origas, M., & 94, A. D. D. M. S. (2000). Heart Rate and Blood Lactate Concentration Analysis During a High-Level Men's Gymnastics Competition. In *National Strength & Conditioning Association J. Strength Cond. Res* (Vol. 14, Issue 4).
- Jemni, M., Sands, W., Salmela, J., Holvoet, P., & Gateva, M. (2017). *The Science of Gymnastics*. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=PRiPAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR2&dq=specific+Physical+and+Physiological+Assessments+of+Gymnasts&ots=wrDejvqgWi&sig=TeGT-sZDxCzkWHoOU_d_H6RMRPQ&redir_esc=y#v=onepage&q=specific%20Physical%20and%20Physiological%20Assessments%20of%20Gymnasts&f=false
- Joyce, D., & Lewindon, D. (2014a). *High-performance training for sports*.
- Joyce, D., & Lewindon, D. (2014b). *High-performance training for sports*.
- Katzmarzyk, P., Malina, R., & Beunen, G. (1997). The contribution of biological maturation to the strength and motor fitness of children. In *ANNALS OF HUMAN BIOLOGY* (Vol. 24, Issue 6).
- Kay, M. C., Register-Mihalik, J. K., Gray, A. D., Djoko, A., Dompier, T. P., & Kerr, Z. Y. (2017). The Epidemiology of severe injuries sustained by national collegiate athletic association student- athletes, 2009-2010 through 2014-2015. In *Journal of Athletic Training* (Vol. 52, Issue 2, pp. 117–128). National Athletic Trainers' Association Inc. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.1.01>
- Kolt, G., & Kirkby, R. (1999). Epidemiology of injury in elite and subelite female gymnasts: a comparison of retrospective and prospective findings. *Br J Sports Med*.
- Kolt, G. S., & Kirkby, R. J. (1995). Epidemiology of injury in australian female gymnasts. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 6(3), 223–231. <https://doi.org/10.1080/15438629509512053>
- Komi, P. v. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. In *Journal of Biomechanics* (Vol. 33).
- Kostikiadis, Ioannis., Methenitis, Spyridon., Tsoukos, Athanasios., Veligeas, Panagiotis., Terzis, Gerasimos., & Bogdanis, G. C. (2018). Effect of Short-Term Sport-Specific Strength and Conditioning Training on Physical Fitness of Well-Trained Mixed Martial Arts Athletes. In *Journal of Sports Science and Medicine* (Vol. 17). <http://www.jssm.org>
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). *ImerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models*. <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>
- Lake, J., & Lauder, M. (2012). *KETTLEBELL SWING TRAINING IMPROVES MAXIMAL AND EXPLOSIVE STRENGTH*. www.nasca.com
- Lange, B., Halkin, A. S., & Bury, T. (2005). *Physiologic requirements of high level gymnastics*. 939–945.
- Lanier, A. B., Bishop, E., & Collins, M. A. (2005). *Energy cost of a basic kettlebell training protocol*.

- Lee, C., Wood, R., & Welsch, M. (2003). Influence of short-term endurance exercise training on heart rate variability. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(6), 961–969. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000069410.56710.DA>
- Lenth, R. (2020). *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. <https://cran.r-project.org/package=emmeans>
- Lillegard, W. A., Brown, E. W., Wilson, D. J., Henderson, R., & Lewis, E. (1997). Efficacy of strength training in prepubescent to early postpubescent males and females: effects of gender and maturity. In *PEDIATRIC REHABILITATION* (Vol. 1, Issue 3).
- Lindner, K., & Caine, D. (1990). Injury patterns of female competitive club gymnasts. *Can J Sport Sci*.
- Lloyd, R., & Oliver, J. (2012). *The youth physical development model: a new approach to long-term athletic development*.
- Lloyd, R., & Oliver, J. (2020). *Strength and conditioning for young athletes* (2nd ed.).
- Lloyd, R., Radnor, J., de Ste Croix, M., Cronin, J., Oliver, J., Lloyd, D., & Ste Croix, O. (2015). *CHANGES IN SPRINT AND JUMP PERFORMANCES AFTER TRADITIONAL, PLYOMETRIC, AND COMBINED RESISTANCE TRAINING IN MALE YOUTH PRE-AND POST-PEAK HEIGHT VELOCITY*. www.nasca.com
- Lloyd, Rhodri., Faigenbaum, Avery., Stone, Michael., Oliver, Jon., Jeffreys, Ian., Moody, Jeremy., Brewer, Clive., Pierce, Kyle., Mccambridge, Teri., Howard, Rick., Herrington, Lee., Hainline, Brian., Micheli, Lyle., Jaques, Rod., Kraemer, William., McBride, Michael., Best, Thomas., Chu, Donald., Alvar, Brent., & Myer, Gregory. (2014). *Position statement on youth resistance training: the 2014 International Consensus Adapted from the position statement of the UK Strength and Conditioning Association on youth resistance training*. <https://doi.org/10.1136/bjsports>
- Lloyd, Rhodri., Meyers, Robert., & Oliver, Jon. (2011). *The Natural Development and Trainability of Plyometric Ability During Childhood THE INCLUSION OF PLYOMETRICS WITHIN YOUTH-BASED STRENGTH AND CONDITIONING PROGRAMS IS BECOMING MORE POPULAR AS A MEANS TO DEVELOP STRETCH-SHORTENING CYCLE ABILITY. PLYOMETRIC TRAINING ADAPTATIONS HAVE PREVIOUSLY BEEN REPORTED FOR RUNNING*. www.nasca-lift.org
- Lloyd, Rhodri., Oliver, Jon., Faigenbaum, Avery., Myer, Gregory., De, Mark., & Croix, Ste. (2014). *CHRONOLOGICAL AGE VS. BIOLOGICAL MATURATION: IMPLICATIONS FOR EXERCISE PROGRAMMING IN YOUTH*. www.nasca.com
- Lloyd, Rhodri., Oliver, Jon., Radnor, John., Rhodes, Benjamin., Faigenbaum, Avery., & Myer, Gregory. (2015). Relationships between functional movement screen scores, maturation and physical performance in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(1), 11–19. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.918642>
- Lockie, Robert. (2018). *A 6-Week Base Strength Training Program for Sprint Acceleration Development and Foundation for Future Progression in Amateur Athletes*. www.nasca-scj.com

- Lohman, T., Going, S., & Wang, Z. (1992). *Advances in human body composition*. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=_WoPgY4KAxgC&oi=fnd&pg=PR10&dq=Human+Kinetics,+1992+ADVANCES+IN+HUMAN+BODY+COMPOSITION&ots=TJK0P4TUE&sig=b-BlqZHQySjHpgVXd0UR4vH_Gxg&redir_esc=y#v=onepage&q=Human%20Kinetics%20%201992%20ADVANCES%20IN%20HUMAN%20BODY%20COMPOSITION&f=false
- Louder, T., Bressel, M., & Bressel, E. (2015). The kinetic specificity of plyometric training: Verbal cues revisited. *Journal of Human Kinetics*, 49(1), 201–208. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0122>
- Ludecke, D. (2020). *Statistical Functions for Regression Models*. <https://cran.r-project.org/package=sjstats>
- Lukaski, H. C., Kyle, U. G., & Kondrup, J. (2017). Assessment of adult malnutrition and prognosis with bioelectrical impedance analysis: Phase angle and impedance ratio. In *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* (Vol. 20, Issue 5, pp. 330–339). Lippincott Williams and Wilkins. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000387>
- MacDougall, J. D. (1991). Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval. *Applied Physiology*. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval
- Malina, R. M. (2007). *Growth, maturation and development: Applications to young athletes and in particular divers* (pp. 3–29).
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed.).
- Marina, M., & Jemni, M. (2014). *PLYOMETRIC TRAINING PERFORMANCE IN ELITE-ORIENTED PREPUBERTAL FEMALE GYMNASTS*. www.nsc.com
- Marina, M., & Rodríguez, F. A. (2013). Usefulness and metabolic implications of a 60-second repeated jumps test as a predictor of acrobatic jumping performance in gymnasts. *Biology of Sport*, 30(1), 9–15. <https://doi.org/10.5604/20831862.1029815>
- Marina, M., & Rodríguez, F. A. (2014). Physiological demands of young women's competitive gymnastic routines. *Biology of Sport*, 31(3), 217–222. <https://doi.org/10.5604/20831862.1111849>
- Marini, E., Campa, F., Buffa, R., Stagi, S., Matias, C. N., Toselli, S., Sardinha, L. B., & Silva, A. M. (2020). Phase angle and bioelectrical impedance vector analysis in the evaluation of body composition in athletes. *Clinical Nutrition*, 39(2), 447–454. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2019.02.016>
- McLeod, T., Decoster, L., Loud, K., Micheli, L., Terry Parker, A., Sandrey, M., & White, C. (2011). *National Athletic Trainers' Association Position Statement: Prevention of Pediatric Overuse Injuries*. www.nata.org/jat
- Mélissa. (2010). *Código de pontuação da ginástica artística*. <http://ginasticaefdb.blogspot.com/2010/01/codigo-de-pontuacao-da-ginastica.html>

- Mero, A., Kauhanen, H., Peltola, E., Vuorimaa, T., & Komi, P. V. (1990). Physiological performance capacity in different prepubescent athletic groups. *J. Sports Med*, 57–66. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2366537/>
- Meyer, T., Lucía, A., Earnest, C., & Kindermann, W. (2005). A Conceptual Framework for Performance Diagnosis and Training Prescription from Submaximal Gas Exchange Parameters. *Int J Sports Med*, 26(1). <https://doi.org/10.1055/s-2004-830514> Published830514 830514 Published
- Meyers, Robert., Oliver, Jonathan., Hughes, Michael., Cronin, John., & Lloyd, Rhodri. (2015). Maximal sprint speed in boys of increasing maturity. *Pediatric Exercise Science*, 27(1), 85–94. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0096>
- Miller, M. R., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Crapo, R., Enright, P., van der Grinten, C. P. M., Gustafsson, P., Jensen, R., Johnson, D. C., MacIntyre, N., McKay, R., Navajas, D., Pedersen, O. F., Pellegrino, R., Viegi, G., & Wagner, J. (2005). Standardisation of spirometry. In *European Respiratory Journal* (Vol. 26, Issue 2, pp. 319–338). <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>
- Moeskops, S., Read, P., Oliver, J., & Lloyd, R. (2018). *Moeskops, S. et al. (2018) - Individual Responses to an 8-Week Neuromuscular Training Intervention in Trained Pre-Pubescent Female Artistic Gymnasts.*
- Moeskops, Sylvia., Oliver, Jon., Read, Paul., Cronin, John., Myer, Gregory., & Lloyd, Rhodri. (2019). The physiological demands of youth artistic gymnastics: Applications to strength and conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 41(1), 1–13. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000404>
- Møller, Merete., Ageberg, Eva., Bencke, Jesper., Zebis, M. K., & Myklebust, G. (2017). Implementing handball injury prevention exercise programs: A practical guideline. In *Handbook of Methods in Leadership Research* (pp. 413–432). Edward Elgar Publishing Ltd. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55892-8_30
- Montgomery, D. L., & Beaudin, P. A. (1982). Blood lactate and heart rate response of young females during gymnastic routines. *J Sports Med Phys Fitness*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7162192/>
- Morris, N. M., & Udry, J. R. (1980a). Validation of a Self-Administered Instrument to Assess Stage of Adolescent Development I. In *Journal of Youth and Adolescence* (Vol. 9, Issue 3).
- Morris, N. M., & Udry, J. R. (1980b). Validation of a Self-Administered Instrument to Assess Stage of Adolescent Development I. In *Journal of Youth and Adolescence* (Vol. 9, Issue 3).
- Mostafavifar, A., Best, Thomas., & Myer, G. (2013). Early sport specialisation, does it lead to long-term problems? In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 47, Issue 17, pp. 1060–1061). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-092005>
- Myer, Gregory., Faigenbaum, Avery., Chu, Donald., Falkel, Jeff., Ford, Kevin., Best, Thomas., & Hewett, Timothy. (2011a). Integrative Training for Children and Adolescents: Techniques and Practices for Reducing Sports-Related Injuries and Enhancing Athletic Performance. *The Physician and Sportsmedicine*, 39(1), 74–84. <https://doi.org/10.3810/psm.2011.02.1854>

- Myer, Gregory., Faigenbaum, Avery., Chu, Donald., Falkel, Jeff., Ford, Kevin., Best, Thomas., & Hewett, Timothy. (2011b). Integrative Training for Children and Adolescents: Techniques and Practices for Reducing Sports-Related Injuries and Enhancing Athletic Performance. *The Physician and Sportsmedicine*, 39(1), 74–84. <https://doi.org/10.3810/psm.2011.02.1854>
- Myer, Gregory., Faigenbaum, Avery., Ford, Kevin., Best, Thomas., Bergeron, Michael., & Hewett, Timothy. (2011). *When to Initiate Integrative Neuromuscular Training to Reduce Sports-Related Injuries and Enhance Health in Youth?* www.acsm-csmr.org
- Myer, Gregory., Ford, Kevin., Barber Foss, Kim., Goodman, Arlene., Ceasar, Adrick., Rauh, Mitchell., Divine, Jon., & Hewett, Timothy. (2010). The incidence and potential pathomechanics of patellofemoral pain in female athletes. *Clinical Biomechanics*, 25(7), 700–707. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.04.001>
- Myer, Gregory., Ford, Kevin., Divine, Jon., Wall, Eric., Kahanov, L., & Hewett, Timothy. (2009). *Longitudinal Assessment of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Factors During Maturation in a Female Athlete: A Case Report*. www.nata.org/jat
- Myer, Gregory., Jayanthi, Neeru., DiFiori, John., Faigenbaum, Avery., Kiefer, Adam., Logerstedt, David., & Micheli, Lyle. (2016). Sports Specialization, Part II: Alternative Solutions to Early Sport Specialization in Youth Athletes. In *Sports Health* (Vol. 8, Issue 1, pp. 65–73). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/1941738115614811>
- Myer, Gregory., Lloyd, Rhodri., Brent, Jensen., & Faigenbaum, Avery. (2013a). How young is too young to start training? *ACSM's Health and Fitness Journal*, 17(5), 14–23. <https://doi.org/10.1249/FIT.0b013e3182a06c59>
- Myer, Gregory., Lloyd, Rhodri., Brent, Jensen., & Faigenbaum, Avery. (2013b). How young is too young to start training? *ACSM's Health and Fitness Journal*, 17(5), 14–23. <https://doi.org/10.1249/FIT.0b013e3182a06c59>
- Myer, Gregory., Sugimoto, Dai., Thomas, Staci., & Hewett, Timothy. (2013). The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: A meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 41(1), 203–215. <https://doi.org/10.1177/0363546512460637>
- Nader, P. R., Bradley, R. H., Houts, R. M., Mcritchie, S. L., & O'brien, M. (2008). *Moderate-to-Vigorous Physical Activity From Ages 9 to 15 Years*. <http://jama.jamanetwork.com/>
- Nashner, L. (1997). *Practical biomechanics and physiology of balance*. https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=ISzJDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA87&dq=Practical+biomechanics+and+physiology+of+balance&ots=0rQlryXp8k&sig=x1ioO_fF_sxNpyNYI8W7KAvkaUQ&redir_esc=y#v=onepage&q=Practical%20biomechanics%20and%20physiology%20of%20balance&f=false
- Nassib, S. H., Mkaouer, B., Riahi, S. H., Wali, S. M., & Nassib, S. (2020). Prediction of Gymnastics Physical Profile Through an International Program Evaluation in Women Artistic Gymnastics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(2), 577–586. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001902>

- Nattiv, A., & Agostini, B. (1994). The female athlete triad. The inter-relatedness of disordered eating, amenorrhea, and osteoporosis. *Clin. Sports Med*, 405–418.
- Nattiv, A., Loucks, A. B., Manore, M. M., Sanborn, C. F., Sundgot-Borgen, J., & Warren, M. P. (2007). The female athlete triad. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(10), 1867–1882. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318149f111>
- Nhanes manual. (2007). *National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) -Anthropometry Procedures Manual*.
- Norman, K., Stobäus, N., Pirlich, M., & Bosy-Westphal, A. (2012). Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis - Clinical relevance and applicability of impedance parameters. In *Clinical Nutrition* (Vol. 31, Issue 6, pp. 854–861). <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2012.05.008>
- Nunes, M. E. (2000). *Reavivando as Memórias* (Federação Portuguesa de Ginástica, Ed.).
- Nyberg, G. A., Nordenfelt, A. M., Ekelund, U., & Marcus, C. (2009). Physical activity patterns measured by accelerometry in 6- to 10-yr-old children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(10), 1842–1848. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a48ee6>
- Octavio, J. M., Folk, A. L., Falini, L., Xie, S., Goudie, B. W., Gidding, S. S., & Robinson, B. W. (2019). Standardization of a Continuous Ramp Ergometer Protocol for Clinical Exercise Testing in Children. *Pediatric Cardiology*, 40(4), 834–840. <https://doi.org/10.1007/s00246-019-02079-2>
- Okane, John., Levy, Marni., Pietila, Kristin., Caine, Dennis., & Schiff, Melissa. (2011). Survey of Injuries in Seattle Area Levels 4 to 10 Female Club Gymnasts. In *Clin J Sport Med* (Vol. 21). <http://usagym.org/pages/aboutus/pages/>
- Ozmun, J., Mikesky, A., & Surburg, P. (1994). *Neuromuscular adaptations following prepubescent strenght training*.
- Paraskeva, M. A., Borg, B. M., & Naughton, M. T. (2011). Spirometry. In *AustRALiAn FAmily PhysiCiAn* (Vol. 40, Issue 4). www.copdx.
- Pfeiffer, R. D., & Francis, R. S. (1986). Effects of Strength Training on Muscle Development in Prepubescent, Pubescent, and Postpubescent Males. *The Physician and Sportsmedicine*, 14(9), 134–143. <https://doi.org/10.1080/00913847.1986.11709173>
- Pion, J., Lenoir, M., Vandorpe, B., & Segers, V. (2015). Talent in Female Gymnastics: A Survival Analysis Based upon Performance Characteristics. *International Journal of Sports Medicine*, 36(11), 935–940. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1548887>
- Poole, D. C., & Jones, A. M. (2012). Oxygen uptake kinetics. *Comprehensive Physiology*, 2(2), 933–996. <https://doi.org/10.1002/cphy.c100072>
- Porcari, J. P., Schnettler, C., Wright, G., Doberstein, S., & Foster, C. (2010). *Energy cost and relative intensity of a kettlebell workout*.
- Pouliot, M.-C., Desprk, J.-P., Lemieux, S., Moorjani, S., Bouchard, C., Tremblay, A., Nadeau, A., & Lupien, P. J. (1994). *Waist Circumference and Abdominal Sagittal*

Diameter: Best Simple Anthropometric Indexes of Abdominal Visceral Adipose Tissue Accumulation and Related Cardiovascular Risk in Men and Women.

- Quatman, Carmen., Ford, Kevin., Myer, Gregory., & Hewett, Timothy. (2006). Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance: A longitudinal study. *American Journal of Sports Medicine*, 34(5), 806–813. <https://doi.org/10.1177/0363546505281916>
- Radnor, J., Lloyd, R., & Oliver, J. (2017). *INDIVIDUAL RESPONSE TO DIFFERENT FORMS OF RESISTANCE TRAINING IN SCHOOL-AGED BOYS*. www.nscs.com
- Ramsay, J., Blimkie, C., Smith, K., Garner, S., Macdougall, J. D., & Sale, D. (1990). *Strength training effects in prepubescent boys*.
- Rantanen, T., Era, P., Kauppinen, M., & Heikkinen, E. (1994). Maximal Isometric Muscle Strength and Socioeconomic Status, Health, and Physical Activity in 75-Year-Old Persons. In *Journal of Aging and Physical Activity* (Vol. 2).
- Raymond, L. M., Renshaw, D., & Duncan, M. J. (2018). *ACUTE HORMONAL RESPONSE TO KETTLEBELL SWING EXERCISE DIFFERS DEPENDING ON LOAD, EVEN WHEN TOTAL WORK IS NORMALIZED*. www.nscs.com
- Riebe, D., Ep-c, A., Ehrman, J. K., Liguori, G., & Magal, M. (2018). *ACSM: Guidelines for Exercise Testing and Prescription*.
- Rizzone, K. H., Ackerman, K. E., Roos, K. G., Dompier, T. P., & Kerr, Z. Y. (2017). The epidemiology of stress fractures in collegiate student-athletes, 2004-2005 through 2013-2014 academic years. *Journal of Athletic Training*, 52(10), 966–975. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-52.8.01>
- Rome, E. S., Ammerman, S., Rosen, D. S., Keller, R. J., Lock, J., Mammel, K. A., O'toole, J., Rees, J. M., Sanders, M. J., Sawyer, S. M., Schneider, M., Sigel, E., & Silber, T. J. (2003). *Children and Adolescents With Eating Disorders: The State of the Art*. <http://www.pediatrics.org/cgi/content/full/111/1/e98>
- Rubini, E., Bacurau, R., & Cabral, L. (2014). *Immediate Effect of Static and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Hip Adductor Flexibility in Female Ballet Dancers*. <https://www.researchgate.net/publication/225034506>
- Sady, S. P., Thomson, W. H., Berg, K., & Savage, M. (1984). Physiological characteristics of high-ability prepubescent wrestlers. *J. Sports Med*, 72–76. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6708783/>
- Sakamoto, Akihiro., Kuroda, Akihiro., Sinclair, P. James., Naito, H., & Sakuma, K. (2018). The effectiveness of bench press training with or without throws on strength and shot put distance of competitive university athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 118(9), 1821–1830. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3917-9>
- Sands, W. (2000). *Injury Prevention in Women's Gymnastics*.
- Sands, W., & McNeal, J. (2014). *Mobility development and flexibility in youths*. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/mobility-development-flexibility-youths-william-sands-jeni-mcneal/e/10.4324/9780203147498-20>
- Sands, W., McNeal, J., Jemni, M., & DeLong, T. (2000). *Should Female Gymnasts Lift Weights?* <http://sports.org/jour/0003/was.html>

- Sands, W., McNeal, J., Stone, M., Russell, E., & Jemni, M. (2006). Flexibility enhancement with vibration: Acute and long-term. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *38*(4), 720–725. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000210204.10200.dc>
- Schoenfeld, B. J. (2010). *The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training*. www.nscj-jscr.org
- Scott, J. P. (1986). *Critical Periods in Organizational Processes*.
- Sharkey, B. J., McDonald, J. F., & Corbridge, L. G. (1966). Pulse rate and pulmonary ventilation as predictors of human energy cost. *Ergonomics*, *9*(3), 223–227. <https://doi.org/10.1080/00140136608964373>
- Sleeper, M. D., Kenyon, L. K., & Casey, E. (2012). MEASURING FITNESS IN FEMALE GYMNASTS: THE GYMNASTICS FUNCTIONAL MEASUREMENT TOOL. In *The International Journal of Sports Physical Therapy* | (Vol. 7, Issue 2).
- Smith, Jordan., Eather, N., Morgan, Philip., Plotnikoff, Ronald., Faigenbaum, Avery., & Lubans, David. (2014). The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. In *Sports Medicine* (Vol. 44, Issue 9, pp. 1209–1223). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0196-4>
- Sobera, M., Siedlecka, B., Piestrak, P., Sojka-Krawiec, K., & Graczykowska, B. (2007). Maintaining body balance in extreme positions. In *Biology of Sport* (Vol. 24, Issue 1).
- Sprynarová, S., & Parizková, J. (1969). Comparison of the functional, circulatory and respiratory capacity in girl gymnasts and swimmers. *J. Sports Med.* <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5351790/>
- Sterkowicz-Przybycień, K., Sterkowicz, S., Biskup, L., Zarów, R., Kryst, Ł., & Ozimek, M. (2019). Somatotype, body composition, and physical fitness in artistic gymnasts depending on age and preferred event. *PLoS ONE*, *14*(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211533>
- Stratton, G., & Oliver, J. (2019). *The impact of growth and maturation on physical performance*. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/impact-growth-maturation-physical-performance-gareth-stratton-jon-oliver/e/10.4324/9781351115346-1>
- Strong, W. B., Malina, R. M., Blimkie, C. J. R., Daniels, S. R., Dishman, R. K., Gutin, B., Hergenroeder, A. C., Must, A., Nixon, P. A., Pivarnik, J. M., Rowland, T., Trost, S., & Trudeau, F. (2005). Evidence based physical activity for school-age youth. *Journal of Pediatrics*, *146*(6), 732–737. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.01.055>
- Sundgot-Borgen, J., & Torstveit, M. K. (2010). Aspects of disordered eating continuum in elite high-intensity sports. In *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* (Vol. 20, Issue SUPPL. 2, pp. 112–121). <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01190.x>
- Tran, D. (2018). Cardiopulmonary exercise testing. In *Methods in Molecular Biology* (Vol. 1735, pp. 285–295). Humana Press Inc. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7614-0_18

- Tsatsouline, Pavel. (2006). *Enter the kettlebell!! : strength secret of the soviet supermen*. Dragon Door Publications.
- Turner, A., & Comfort, P. (2018). *Advanced Strength and Conditioning*.
- Vanderlei, F. M. (2013). *Characteristics of sports injuries and factors associated with injury in beginners of female artistic gymnastics*.
- Vandorpe, B., Vandendriessche, J. B., Vaeyens, R., Pion, J., Lefevre, J., Philippaerts, R. M., & Lenoir, M. (2012). The value of a non-sport-specific motor test battery in predicting performance in young female gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 30(5), 497–505. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.654399>
- Vandorpe, B., Vandendriessche, J., Vaeyens, R., Pion, J., Lefevre, J., Philippaerts, R., & Lenoir, M. (2011). Factors discriminating gymnasts by competitive level. *International Journal of Sports Medicine*, 32(8), 591–597. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1275300>
- Viru, A., Loko, J., Harro, M., Volver, A., Laaneots, L., & Viru, M. (1999). Critical Periods in the Development of Performance Capacity During Childhood and Adolescence. *European Journal of Physical Education*, 4(1), 75–119. <https://doi.org/10.1080/1740898990040106>
- Wang, Z.-I., Pierson, R. N., & Heyms, S. B. (1992). *The five-level model: a new approach to organizing body-composition research* 1'2 (Vol. 56). <https://academic.oup.com/ajcn/article-abstract/56/1/19/4715618>
- Welsh Gymnastics. (2016). *Women´s Artistic Gymnastics (Olympic Discipline)*.
- Weltman, A., Janney, C., Rians, C., Strand, K., Berg, B., Tippitt, S., Wise, J., Cahill, B., & Katch, F. (1986). *The effects of hydraulic resistance strenght training in pre-pubertal males*.
- Wicke, J., Gainey, K., & Figueroa, M. (2013). *A COMPARISON OF SELF-ADMINISTERED PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION TO STATIC STRETCHING ON RANGE OF MOTION AND FLEXIBILITY*. www.nasca.com
- Wilson, G. J., Wood, G. A., & Elliott, B. C. (1991). *Optimal stiffness of series elastic component in a stretch-shorten cycle activity*. www.physiology.org/journal/jappl
- Yeager, K., & Agostini, A. (1993). The female athlete triad: disordered eating, amenorrhea, osteoporosis. *Med. Sci. Sports Exerc*, 775–777.

VI. Anexos

Anexo 1 – Valores normativos do índice de massa corporal.

Classificação	
Magreza	< 18,50
Normal	18,50 – 24,99
Pré-obeso	25,00 – 29,99
Obeso classe I	30,00 – 34,99
Obeso classe II	35,00 – 39,99
Obeso classe III	≥ 40,00

Anexo 2 – Pré-requisitos para realização da avaliação da composição corporal através da bioimpedância.

- Não realizar exercício físico nas 24 horas que precedem a avaliação;
- Não estar com o período menstrual;
- Estar em jejum ou pelo menos evitar comer nas 4 horas que antecedem a avaliação;
- Não ingerir diuréticos como chá ou café;
- Não beber álcool nas 48 horas antes do teste;
- A bexiga e os intestinos devem estar vazios;
- No momento da avaliação, o avaliado e o avaliador devem retirar todos os materiais metálicos que possam estar na sua posse, tais como, pulseiras, fios e brincos;
- A temperatura ambiente deverá estar a cerca de 23°.

Anexo 3 – Indicações gerais para interrupção da prova de esforço cardiorrespiratória.

- Sintomas ou início de angina;
- Descida da pressão arterial sistólica ≥ 10 mmHg com aumento da taxa de trabalho, ou se a pressão arterial sistólica descer abaixo do valor obtido na mesma posição no início da prova de esforço;
- Aumento excessivo da pressão arterial: pressão arterial sistólica > 250 mmHg e/ou diastólica > 115 mmHg;
- Falta de ar, chiar, câibras ou claudicação;
- Sinais de pouca perfusão: tonturas, confusão, ataxias, palidez, cianose, náuseas, calafrios ou pele húmida;
- Falha de aumentos da frequência cardíaca com aumento da taxa de trabalho;
- Alterações no ritmo cardíaco notáveis, através de palpitação ou auscultação;
- Sujeito pede para parar;
- Manifestações físicas ou verbais de fadiga severa;
- Falha por parte do equipamento de avaliação.

Anexo 4 – Exemplo de uma planificação semanal.

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
09:00-10:00		Treino <i>Ultrassom</i>			
10:00-11:00	Performance		Performance	Formação <i>Cosmed</i>	Performance
11:00-12:00		Treino <i>Complior</i>			
12:00-13:00					
13:00-14:00					
14:00-15:00	Treino <i>Ultrassom</i>		Treino <i>Complior</i>		<i>Pint of Science</i>
15:00-16:00					
16:00-17:00	GAM/GAF		Nutrição GAF		
17:00-18:00	GAM/GAF		Nutrição GAF		
18:00-19:00					

Anexo 5 – Exemplo de uma planificação de treino para uma atleta da GAF.

Tempo total	Fase	Exercício	Caraterísticas	Observações	
60'	Aquecimento	Alongamento da anca	10 x	Em 4 apoios (sem os joelhos tocarem no chão), o atleta deve estender a bacia para cima de forma a ficar com os pés totalmente apoiados no chão e voltar à posição inicial.	
		Mobilidade do ombro com rotação do tronco	10 x c/lado		
		Abdominal com <i>fit ball</i>	10 x Bola medicinal peso leve	O atleta deve realizar este exs sempre sem tocar com os pés ou os braços no chão.	
	Exercício acessório	Peso morto unilateral com halteres	3 x (6 + 6) 1' descanso Carga leve	Exercício unilateral. Estabilidade e reforço de tornozelos e bacia. KB com peso confortável para o atleta	
		Fmáx	Peso morto com barra hexagonal (usar decs para a posição inicial ser mais alta)	4 x 4 rep 1' descanso	Exercício unilateral. 1ª posição só com peso da barra. Intensidade próxima de 90% RM (Ter em conta peso do corpo ou pouco mais para peso mais alto).
	Fmáx	Supino com barra	4 x 4 rep 1' descanso	A 1ª repetição é só com o peso da barra. Ir aumentando progressivamente até intensidade próxima de 90% RM (= 60 kg).	
	Supersérie	Remada unilateral com halteres em banco	3 x 6 rep 1' descanso Exs alternados	Exercício unilateral. Atenção: sem rotação do tronco, apenas puxada. Carga não muito pesada	
		Lunge com halteres com pé de trás apoiada em banco		Exercício unilateral. Intensidade próxima de 90% RM.	
		Notas:			

Anexo 6 – Exemplo de um excerto do consentimento informado dado aos encarregados de educação para aprovação do seu educando no grupo de controlo.

7. ...declaro que: *

Por favor clique em todas as caixas

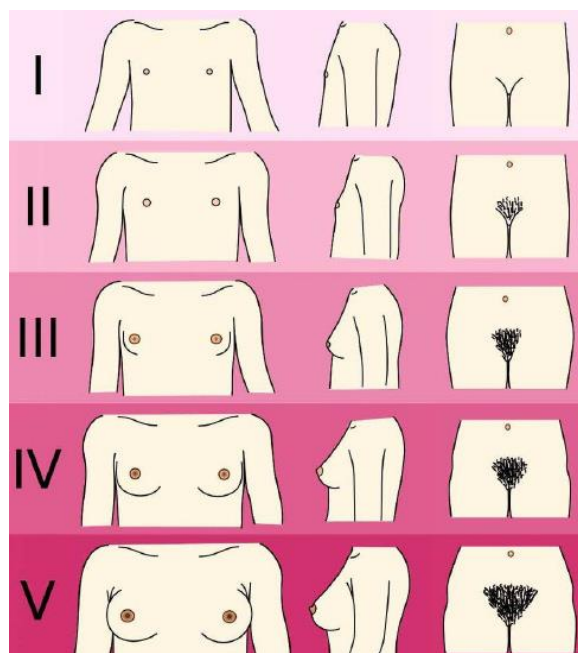
Marcar tudo o que for aplicável.

- 1. No âmbito do estudo de investigação RAISING THE BAR foi solicitada a minha participação como voluntário.
- 2. Fui informado que o estudo visa avaliar efeitos de um programa de treino aeróbio de 12 semanas nas demandas fisiológicas de rotinas competitivas da ginástica artística feminina.
- 3. A minha participação corresponderá à realização de um conjunto de avaliações que inclui:
 - a. Avaliação da composição corporal através da bioimpedância e antropometria
 - b. A medição da minha aptidão aeróbia através do consumo máximo de oxigénio durante uma prova de esforço máxima
 - c. A medição do consumo de oxigénio durante 4 rotinas competitivas de ginástica artística.
 - d. A medição da minha aptidão neuromuscular através de testes de impulsão, velocidade e agilidade.
 - e. Avaliação da produção de lactato sanguíneo.
- 4. Eu percebo que a avaliação das técnicas acima descritas serão efetuadas por profissionais especializados em cada uma das técnicas e fui informado de algumas orientações a cumprir antes e durante as avaliações.
- 5. Eu entendo que no teste de aptidão aeróbia poderei sentir algum desconforto a nível cardiorrespiratório, e que na medição da concentração de lactato sanguíneo sentirei uma ligeira picada.
- 6. Fui informado que estas avaliações serão realizadas no Ginásio Clube Português. Tenho igualmente conhecimento que nesta data terei oportunidade de participar numa visita guiada às instalações do GCP Lab.
- 7. Ao participar no RAISING THE BAR tomarei conhecimento das exigências fisiológicas de rotinas competitivas da ginástica artística feminina, e os meus treinadores e preparadores físicos poderão individualizar a administração de cargas de treino, contribuindo em simultâneo para o avanço do conhecimento científico nesta área.
- 8. Eu entendo que os resultados deste estudo poderão vir a ser publicados, sendo que a minha identidade não será revelada. No sentido de manter a confidencialidade dos meus registos, os investigadores do projeto utilizarão códigos, que serão protegidos pelo acesso restrito à base de dados resultante.
- 9. Estou consciente dos benefícios que poderei usufruir, assumo os riscos envolvidos, e sei que em qualquer momento poderei retirar o meu consentimento e interromper a minha participação no RAISING THE BAR, sem que daí resulte qualquer prejuízo para mim.
- 10. Fui informado que não serei compensado monetariamente pela participação no RAISING THE BAR.
- 11. Eventuais questões que se me coloquem, no que diz respeito ao RAISING THE BAR ou à minha participação no mesmo, serão respondidas pelos investigadores, antes ou depois deste meu consentimento.
- 12. Fui informado que o RAISING THE BAR tem assegurada a cobertura de risco por parte de uma companhia de seguros.
- 13. Eu percebo que em caso de lesão, se tiver alguma questão acerca dos meus direitos como participante no RAISING THE BAR ou se sentir que fui colocado em risco, posso contactar os responsáveis pelo estudo: Prof. Dr. Xavier Melo e Prof. Luís Calheiros.
- 14. Declaro que li a informação referida nos pontos anteriores. A natureza e a exigência do ARTERIX foram-me explicadas.
- 15. Ao assinar este formulário de consentimento, eu não estou a renunciar a quaisquer direitos legais ou hipóteses de reclamação. Uma cópia deste formulário ser-me-á fornecida.

Anexo 7A – Formato de questionário de auto-avaliação usado para avaliação do estadio de maturação das ginastas.

Ginasta (anónimo)	Estadio de Tanner (I-V)	Idade da Menarca (anos de idade)	Menstruação regular (> 4x/ano; Sim ou Não)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Anexo 7B – Imagem referente aos caracteres sexuais secundários usado para avaliação do estadio de maturação das ginastas.



Anexo 8 – Exemplo de um plano nutricional elaborado para uma atleta da GAF.

Pequeno-almoço	1 iogurte grego + 1 colher de mel + 4 bolachas + 1 banana
Meio da manhã	1 pacote de leite achocolatado + 1 sandes (pão de leite) com fiambre
Meio da manhã (2º intervalo)	1 peça de fruta + 3 bolachas
Almoço	Prato com salada/legumes + 100g de carne (sem peles nem gorduras visíveis) OU peixe OU 2 ovos médios + 220g de arroz OU massa OU leguminosas ou 240g batata/batata doce 1 peça de fruta 1 néctar ou sumo de fruta natural
Lanche	1 fruta + 1 pão com manteiga e fiambre de aves
Durante o treino	1 sandes com marmelada ou compota
Depois do treino	Leite achocolatado + ½ banana
Jantar	Sopa de legumes Prato com salada/legumes + 80g de carne sem peles nem gorduras visíveis OU 90g de peixe + 110g de arroz OU massa OU leguminosas OU 120g de batata + 1 peça de fruta
Ceia	1 copo de leite + 1 colher de chá de mel

Anexo 9 “Suplemento 1” - Classificações pré e pós programas de treino

	ST (n=9)				KB+ (n=9)				Tempo		Condição		Interação	
	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	Salto	Paralelas assimétricas	Trave	Solo	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2
Pontuação (pts)														
Pré	11.1 (0.70)	7.79 (1.15)	10.22 (1.16)	11.02 (0.90)	11.12 (0.38)	7.86 (1.05)	9.93 (1.21)	10.69 (0.77)	0.64	0	0.42	0.04	0.46	0
Pós	11.18 (0.69)	8.09 (1.19)	10.13 (1.26)	10.99 (0.84)	10.71 (0.46)	8.06 (1.13)	9.37 (1.30)	10.3 (1.09)						

Dados apresentados como média (DP); Abreviaturas: ST, treino específico, KB+, treino de *kettlebell* + treino específico

Anexo 10 “Suplemento 2” - Efeitos dos programas de treino ST e KB+ nos limiares do consumo de oxigénio e na frequência cardíaca durante o teste de aptidão cardiorrespiratória.

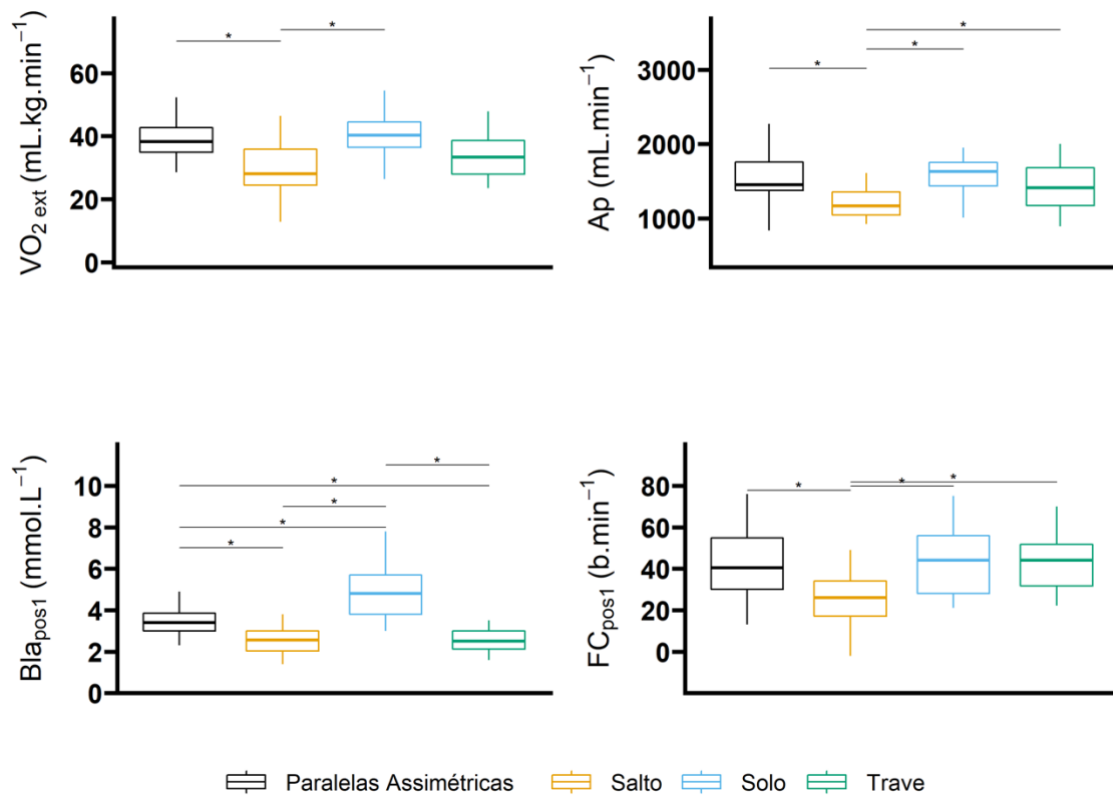
			Tempo		Condição		Interação	
	ST (n=9)	KB+ (n=9)	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2	<i>p</i>	η^2
$\dot{V}O_2$ AT1 (L.min ⁻¹)								
Pre	1.05 (0.53)	1.04 (0.37)	0.32	0.06	0.14	0.13	0.46	0.04
Pós	1.25 (0.61)	1.07 (0.39)						
$\dot{V}O_2$ AT1 (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)								
Pre	24.99 (7.17)	23.83 (6.94)	0.22	0.05	0.17	0.06	0.34	0.03
Pós	30.82 (8.82)	24.58 (7.71)						
$\dot{V}O_2$ AT2 (L.min ⁻¹)								
Pre	1.63 (0.65)	1.41 (0.25)#	0.06	0.22	0.22	0.09	0.008	0.37
Pós	1.54 (0.64)	1.85 (0.35)*						
$\dot{V}O_2$ AT2 (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)								
Pre	38.68 (3.11)	33.25 (6.65)	0.02	0.30	0.1	0	0.01	0.35
Pós	38.16 (6.88)	43.09 (7.63)*						
FC_{max} (b.min ⁻¹)								
Pre	156 (64)	175 (10)	0.32	0.06	0.43	0.04	0.38	0.05
Pós	176 (8)	176 (9)						

Dados apresentados como média (DP); Abreviaturas ST, treino específico, KB+, treino de *kettlebell* + treino específico, FC_{max} , frequência cardíaca máxima; $\dot{V}O_{2max}$ AT1 e $\dot{V}O_{2max}$ AT2, consumo máximo de oxigénio do 1º e 2º limiares ventilatórios. Foram realizadas comparações post-hoc para a interação condição*tempo separadamente para cada grupo, e para o efeito principal do grupo.

* Significativamente diferente do pre ($p < 0.01$).

Significativamente diferente do ST ($p < 0.01$).

Anexo 11 “Suplemento 3” – Valores médios e desvio padrão do $\dot{V}O_{2\ ext}$, A_p , $BLa_{\ pós1}$, $FC_{\ rec1}$ durante e pós rotinas.



Nota: $\dot{V}O_{2\ ext}$, A_p , $BLa_{\ pós1}$ e $FC_{\ rec1}$ obtidos durante e após as rotinas. Abreviaturas: $\dot{V}O_{2\ ext}$, consumo máximo de oxigénio extrapolado durante as rotinas, A_p , amplitude da componente rápida e lenta do $\dot{V}O_2$, $BLa_{\ pós1}$, concentração de lactato no minuto 1 após cada rotina, $FC_{\ rec1}$, frequência cardíaca de recuperação no minuto 1 após cada rotina. *Significativamente diferente entre rotinas ($p < 0.05$).