



Universidade de Lisboa
Faculdade de Motricidade Humana



Influência da maturação sobre o Perfil de Força-Velocidade em jovens praticantes de futebol

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre em Treino de Alto Rendimento

Orientador: Professora Doutora Maria João de Oliveira Valamatos

JÚRI:

PRESIDENTE

Doutora Anna Georgievna Volossovitch

Professora Associada da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa

VOGAIS

Doutora Filipa Oliveira da Silva João

Professora Auxiliar da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa

Doutora Maria João de Oliveira Valamatos

Professora Auxiliar da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade de Lisboa

Miguel Filipe Figueiredo Nunes

2022

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à componente basilar da minha vida, a minha família. Agradeço aos meus pais, Amílcar Manuel Mendes Nunes e Ana Paula de Jesus Figueiredo Nunes, por todo o esforço e sacrifício que tiveram para proporcionar a educação que tenho, tal como os valores que me foram passados e que me tornam no homem que sou. Ao meu irmão Paulo Filipe Figueiredo Nunes, pela paciência ao longo destes 23 anos e pelo companheirismo e amizade que nos une para sempre. Aos meus avós, por todos os valores e ensinamentos passados. E à minha companheira de vida e amiga, Raquel Afonso Magina, pelo apoio e incentivo que me deu em todas as decisões que tomei.

Agradeço à Faculdade de Motricidade Humana e a todos os professores, pela formação académica e profissional rica que me foi transmitida. À professora Maria João de Oliveira Valamatos, por ter aceitado ser a minha orientadora de estágio, e por todo o acompanhamento e disponibilidade que me proporcionou na realização desta dissertação. À professora Júlia Maria Vitorino Teles, pela ajuda disponibilizada na componente estatística presente neste estudo.

Obrigado ao Clube Desportivo Cova da Piedade, mais em concreto ao coordenador Henrique Silva, por toda a abertura e disponibilidade demonstrada para que eu pudesse utilizar as instalações do clube, tal como aceder a todos os escalões de formação para a recolha de dados.

Por último, agradeço a todos os que me inspiram, motivam e incentivam a ser cada vez melhor e a ser eu próprio, porque: Ser diferente é a arte de causar o caos na normalidade.

Resumo

A obtenção do perfil de força-velocidade (PFV) com a realização de um *sprint*, é uma ferramenta útil na caracterização, avaliação e prescrição de treino individualizado. Porém, apesar das suas vastas utilizações, não houve ainda um foco na utilização deste método na caracterização de perfis maturacionais. Devido a esta lacuna, o objetivo deste estudo foi caracterizar e comparar as variáveis do PFV horizontal em três etapas distintas do processo de maturação de jovens futebolistas, com o intuito de analisar a influência da maturação sobre as diferentes variáveis do PFV: força horizontal máxima (F_0), velocidade horizontal máxima (V_0), potência horizontal máxima (P_{max}), declive da reta relativa à relação linear entre a F_0 e a V_0 (*Slope*), eficiência mecânica da aplicação de força na direção horizontal (RF_{max}) e a taxa de decremento da eficiência mecânica com o aumento da velocidade (D_{RF}).

Participaram no estudo 146 jovens praticantes de futebol, divididos em três grupos maturacionais distintos: Pre-PVA (n=58), Mid-PVA (n=30) e Post-PVA (n=58). A maturação somática foi estimada a partir dos anos em relação ao pico de velocidade em altura (PVA). O PFV foi determinado a partir da realização de dois *sprints* de 30 metros, sendo que o *sprint* com a melhor performance aos 30 metros foi selecionado para análise.

O grupo Post-PVA demonstrou valores significativamente superiores para todas as variáveis do PFV: F_0 absoluta, F_0 relativa, V_0 , P_{max} absoluta, P_{max} relativa, *Slope*, RF_{max} e D_{RF} . O grupo Mid-PVA apresentou incrementos em relação ao grupo Pre-PVA nas variáveis, F_0 absoluta, F_0 relativa, V_0 , P_{max} absoluta, P_{max} relativa, RF_{max} e D_{RF} .

Estes resultados demonstraram que as variáveis F_0 , V_0 e P_{max} , aumentaram a partir do período do PVA. Os atletas próximos deste pico, apresentaram um PFV mais orientado para a força, comparativamente aos atletas que já tinham ultrapassado o PVA, sendo que estes últimos otimizarão a P_{max} devido ao incremento da V_0 .

Quanto às variáveis de eficiência mecânica, a RF_{max} e a D_{RF} , estas incrementaram em todos os grupos maturacionais, podendo ter como fator montante o aumento da capacidade de produção de força a velocidades superiores com o avançar da maturação.

Este estudo providencia dados referência para diferenciar atletas praticantes da modalidade de futebol pertencentes a níveis maturacionais distintos, tal como pretende incentivar e agregar a

avaliação maturacional como mais uma ferramenta importante no processo formativo longo e complexo de seleção de talentos.

Palavras-chave: Perfil de Força-Velocidade, Maturação, Sprint, Futebol, Força, Velocidade, Potência, Slope, Eficiência Mecânica, Jovens.

Abstract

The sprint force-velocity profile (PFV) is a useful tool in the characterization, evaluation and prescription of individualized training. However, despite its extensive uses, there has not yet been a focus on the use of this method in the characterization of maturational profiles. Due to this gap, the aim of this study was to characterize and compare the variables of horizontal PFV in three distinct stages of the maturation process of young soccer players, with the aim of analyze the influence of maturation over the different variables of PFV: maximum horizontal force (F_0), maximum horizontal speed (V_0), maximum horizontal power (P_{max}), slope of the line relative to the linear relationship between F_0 and V_0 (*Slope*), mechanical efficiency of the application of force in the horizontal direction (RF_{max}), and the decrement rate of mechanical efficiency with increasing speed (D_{RF}).

The study included 146 young soccer players, divided into three maturational groups: Pre-PVA (n=58), Mid-PVA (n=30) and Post-PVA (n=58). Somatic maturation was estimated over the years in relation to peak height velocity (PVA). The PFV was determined from the realization of two 30 meter sprints, and the sprint with the best 30 meter performance was selected for analysis.

The Post-PVA group showed significantly higher values for all variables: absolute F_0 , relative F_0 , V_0 , absolute P_{max} , relative P_{max} , *slope*, RF_{max} and D_{RF} . The Mid-PVA group presented increments in relation to the Pre-PVA group in the variables, absolute F_0 , relative F_0 , V_0 , absolute P_{max} , relative P_{max} , RF_{max} and D_{RF} .

These results demonstrated that the variables F_0 , V_0 and P_{max} , increased from the PVA period. The athletes close to this peak presented a more force oriented PFV, compared to athletes who had already surpassed the PVA, the latter of which optimized the P_{max} at the expense of V_0 .

As for the variables of mechanical efficiency, the RF_{max} and D_{RF} , they all increased in all maturational groups and may have as an amount factor the increase of the force production capacity at higher speeds, as maturation advances.

This study provides reference data to differentiate athletes practicing soccer and belonging to different maturational levels, as it intends to encourage and aggregate maturational evaluation as another important tool in the long and complex formative process of talent selection.

Keywords: Force-Velocity Profile, Maturation, Sprint, Football, Force, Velocity, Power, Slope, Mechanical Efficiency, Youth.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo.....	iii
Abstract	vii
Índice de tabelas	xix
Índice de figuras	xi
Lista de Acrónimos	xiii
Capítulo 1: Introdução.....	1
1.1. Apresentação e definição do problema de estudo	3
1.2. Objetivos de estudo	4
1.3. Pressupostos e limitações do estudo	4
Capítulo 2: Revisão da Literatura	7
2.1. A montante da potência muscular	9
2.2. Relação força-comprimento.....	9
2.2. Relação força-velocidade	10
2.3. Perfil Força-Velocidade	11
2.4. Perfil Força-Velocidade e o Sprint.....	12
2.5. Perfil Força-Velocidade e o Futebol	13
2.6. Perfil Força-Velocidade e a Maturação	14
2.7. Perfil Força-Velocidade e a Seleção de Talentos.....	17
2.8. Métodos de terreno de análise do PFV dos membros inferiores	18
Capítulo 3: Metodologia.....	21
3.1. Desenho experimental	23
3.2. Amostra	23
3.3. Recolha e Processamento de dados.....	24
3.4. Variáveis de estudo	28
3.5. Análise Estatística	29
Capítulo 4: Apresentação de Resultados	31
4.1. Perfil Força-Velocidade – Diferenças entre grupos.....	33

Capítulo 5: Discussão de Resultados	37
5.1. Força máxima teórica – F_0	39
5.2. Velocidade máxima teórica – V_0	41
5.3. Potência máxima teórica – P_{max}	42
5.4. Slope.....	43
5.5. RFmax	44
5.6. DRF	44
Capítulo 6: Conclusões	47
Capítulo 7: Futuros estudos	47
Referências Bibliográficas	55

Índice de tabelas

Tabela 1 - Valores médios \pm SD de, F_0 , V_0 , P_{max} , slope, D_{RF} , erro sistemático, erro sistemático absoluto e intervalos de confiança a 95%, correspondentes à validade do método computacional proposto por Samozino et al. (2016), em comparação com o método de plataforma de forças (adaptado de Samozino et al., 2016) 18

Tabela 2 - Valores médios \pm SD de, F_0 , V_0 , P_{max} , slope, D_{RF} , coeficiente de variação, diferenças nos valores médios e erro padrão de estimação, correspondentes à confiabilidade do método computacional proposto por Samozino et al. (2016), em comparação com o método de plataforma de forças (adaptado de Samozino et al., 2016) 18

Tabela 3 - Características da amostra, diferenças significativas e magnitude dos efeitos, de acordo com os grupos Pre-PVA, Mid-PVA e Post-PVA. Os dados são apresentados em valores médios \pm DP. * Significativamente diferente do grupo Mid-PHV, $P < 0,05$. # Significativamente diferente do grupo Post-PHV, $P < 0,05$ 23

Tabela 4 - Comparação do PFV entre os grupos, Pre-PVA, Mid-PVA e Post-PVA. Os dados são apresentados em valores médios \pm DP. * Significativamente diferente do grupo Mid-PHV, $P < 0,05$. # Significativamente diferente do grupo Post-PHV, $P < 0,05$ Escrever título do capítulo (nível 3) 34

Tabela 5 - Magnitude dos efeitos correspondentes à comparação do PFV entre os grupos, Pre-PVA, Mid-PVA e Post-PVA 35

Índice de figuras

Figura 1 - Relação de força-comprimento (adaptado de Ward, Winters & Blemker, 2010))	10
Figura 2 - Relação de força-velocidade em contrações concêntricas (adaptado de (Alcazar, Csapo, Ara & Alegre, 2019))	10
Figura 1 - Perspetiva do protocolo de medição da massa corporal (Clube Desportivo Cova da Piedade)	25
Figura 2 - Perspetiva do protocolo de medição da altura sentado (Clube Desportivo Cova da Piedade).	25
Figura 3 - Perspetiva do protocolo de medição da estatura (Clube Desportivo Cova da Piedade).	25
Figura 4 - Perspetiva experimental do protocolo de sprint de 30 metros (Clube Desportivo Cova da Piedade).....	27
Figura 5 - Perspetiva do protocolo de medição da velocidade do vento (Clube Desportivo Cova da Piedade).....	27

Lista de Acrónimos

CCI	Coeficiente de correlação Intra-classe
CMAE	Ciclo muscular alongamento-encurtamento
CV	Coeficiente de variação
d	Effect size de Cohen para variáveis paramétricas
D_{RF}	Taxa de decremento da eficiência mecânica com o aumento da velocidade
F_0	Força horizontal máxima
F_{max}	Força máxima
F_V	Força vertical
IR	Idade Relativa
Mid-PVA	Indicador referente aos indivíduos que se encontram no seu pico de velocidade de crescimento em altura
PFV	Perfil de Força-Velocidade
P_{max}	Potência horizontal máxima
Post-PVA	Indicador referente aos indivíduos que já ultrapassaram o seu pico de velocidade de crescimento em altura
Pre-PVA	Indicador referente aos indivíduos que ainda não atingiram o seu pico de velocidade de crescimento em altura
PVA	Pico de velocidade de crescimento em altura
r	Effect size proposto por Rosenthal para variáveis não paramétricas
RF_{max}	Eficiência mecânica da aplicação de força na direção horizontal
rp	Coeficiente de correlação de Pearson
$Slope$	Declive da reta relativa à relação linear entre a F_0 e a V_0
V_0	Velocidade horizontal máxima
r	Coeficiente de correlação

Capítulo 1: Introdução

Este capítulo apresenta o tema de estudo, a sua pertinência e os respetivos objetivos.

1.1. Apresentação e definição do problema de estudo

O jogo de futebol é caracterizado por um esforço intermitente, com picos de esforço de alta intensidade, sendo estes caracterizados por movimentos balísticos (Bangsbo et al., 2006; Reynolds et al., 2021). Dentro deste tipo de movimentos realça-se o *sprint* retilíneo, representando-se como uma das ações mais frequentes em jogadas de golo, tendo-se observado um aumento da ocorrência destes com o decorrer dos anos (Faude et al., 2012; Haugen et al., 2014). Complementando este aumento, registou também um aumento crescente do número de *sprints* de curta duração e um conseqüente desenvolvimento da capacidade de aceleração, tal como da velocidade máxima atingida (Di Salvo et al., 2010; Morin et al., 2011; Morin & Samozino, 2016).

No sentido de caracterizar as componentes de aceleração e velocidade máxima de *sprint*, foi desenvolvido por Samozino et al. (2016), um método de terreno simples com recurso à realização de um *sprint*, que permite obter os valores máximos teóricos de força (F_0), velocidade (V_0), potência (P_{max}), a relação (declive) entre a F_0 e a V_0 (*slope*), a eficiência mecânica horizontal (RF_{max}) e a taxa de declínio da eficiência mecânica horizontal (D_{RF}), através das distâncias intermédias de *sprint* e dos tempos registados (velocidade de deslocamento). A partir destes dados é exequível, não só traçar o perfil de força-velocidade (PFV) de cada atleta, possibilitando a individualização do treino, como também a comparação entre sujeitos, modalidades e níveis de prática (Haugen et al., 2019; Jimenez-Reyes et al., 2016; Jimenez-Reyes et al., 2018; Mendiguchia et al., 2016; Mendiguchia et al., 2014; Morin & Samozino, 2016; Samozino et al., 2012). Acrescentando a estas possibilidades, junta-se a viabilidade, porém ainda não muito investigada, de comparar os PFV de diferentes grupos maturacionais (Fernandez-Galvan et al., 2021; Meylan et al., 2014; Nikolaidis, 2012; Runacres et al., 2019).

A obtenção do PFV com o objetivo de constatar e comparar as diferentes variáveis entre grupos maturacionais distintos, permite uma caracterização e otimização das capacidades mais deficitárias de cada atleta com recurso ao treino, como por exemplo a utilização de *sprints* resistidos (Cahill et al., 2020). Esta caracterização predispõe o sucesso formativo dos atletas, visto que visa dar um maior foco e compreensão à componente biológica de cada atleta (S. Gil et al., 2007; S. M. Gil et al., 2007; Malina & Bouchard, 1991; Valente-Dos-Santos et al., 2012). Este foco, permite combater um grande problema que o processo formativo atravessa nos dias de hoje, que é o efeito da idade relativa (Wattie et al., 2015). Este efeito caracteriza-se por uma primazia dada à idade cronológica de cada atleta, em que estes são divididos em

escalões baseados no seu ano de nascimento (Folgado et al., 2006; Musch & Grondin, 2021). A principal preocupação deste efeito advém de existirem inúmeras diferenças entre indivíduos da mesma faixa etária, o que pode resultar em diferenças significativas no desempenho (Wattie et al., 2015). Estas dissimilaridades entre os indivíduos num mesmo escalão, podem ser explicadas por diferenças maturacionais, estando os atletas nascidos nos períodos iniciais do ano, maturacionalmente mais avançados e em vantagem em relação aos demais (Altimari et al., 2021; Dimundo et al., 2021; Folgado et al., 2021; Malina et al., 2005; Malina et al., 2004; Valente-Dos-Santos et al., 2012). Esta vantagem leva a uma maior preferência por estes atletas, provocando um desânimo e abandono por parte dos restantes, suscitado pelas desigualdades de oportunidades e práticas discriminatórias (Delorme et al., 2011; Figueiredo et al., 2009; Musch & Grondin, 2021).

Sendo assim, devido à escassez de dados relativos à influência da maturação sobre o PFV de *sprint* na literatura, a obtenção das variáveis dos PFV serve, em conjunto com os restantes dados na literatura, para caracterizar o PFV característico de cada grupo maturacional em atletas de futebol de formação, tal como formular PFV de *sprint* otimais, permitindo incrementar assim a aplicação desta relação no treino de inúmeros atletas pertencentes a diversos grupos competitivos e maturacionais. Serve igualmente como mais uma ferramenta no processo formativo longo e complexo de seleção de talentos.

A hipótese inicial referente ao estudo, preme que haja aumentos significativos em todas as variáveis, para todos os grupos maturacionais (Pre-PVA, Mid-PVA, Post-PVA).

1.2. Objetivos de estudo

O presente estudo pretendeu caracterizar e comparar os PFV de três grupos maturacionais (Pre-PVA, Mid-PVA, Post-PVA), nas suas variáveis de F_0 , V_0 , P_{max} , $Slope$, RF_{max} e D_{RF} , em atletas praticantes da modalidade de futebol. Este objetivo passou por verificar a existência ou não, de diferenças significativas nestas variáveis, entre os três grupos.

1.3. Pressupostos e limitações do estudo

Na realização deste estudo foram considerados os seguintes pressupostos:

- a) Os atletas apresentarem-se nas melhores condições físicas possíveis para a realização do teste de sprint.
- b) Os atletas realizarem os testes à máxima velocidade possível.

Na conceção e operacionalização deste estudo, houve algumas limitações que se apresentam relevantes de serem referidas, entre as quais:

- a) Os diversos escalões não realizaram os testes no mesmo dia, nem na mesma altura do dia, podendo haver algum efeito do ritmo circadiano nos resultados.
- b) Não foi utilizado, na medição da velocidade do vento, o equipamento *gold-standard*.

Capítulo 2: Revisão da Literatura

A revisão da literatura contextualiza a investigação e apresenta uma visão geral sobre a temática de estudo.

2.1. A montante da potência muscular

A força máxima (F_{max}), designa-se como “o valor mais elevado de força que o sistema neuromuscular é capaz de produzir contra uma resistência inamovível, independente do fator tempo” (Mil-Homens, 2015, p. 115). Intitula-se como a componente base, devido à influência que demonstra sobre todas as demais componentes de manifestação da força (Mil-Homens, 2015). A força máxima é preponderante na realização de movimentos desportivos, porém estes apresentam tempos limitados de produção de força, não chegando esta a manifestar-se no seu valor máximo, ganhando relevância a força rápida (Cormie et al., 2011; Haff & Nimphius, 2012; Haff & Stone, 2015; Maffiuletti et al., 2016). A força rápida expressa-se pela “capacidade do sistema neuromuscular de produzir o maior impulso num determinado intervalo de tempo”, desdobrando-se em duas componentes, a taxa de produção de força e a potência (Cormie et al., 2011; Haff & Nimphius, 2012; Haff & Stone, 2015; Mil-Homens, 2015, p. 119; Maffiuletti et al., 2016). A taxa de produção de força ou força explosiva, descreve a capacidade que o sistema neuromuscular tem de produzir um determinado valor de força em função do tempo, sendo a variável velocidade de contração um elemento fulcral neste processo (Cormie et al., 2011; Haff & Nimphius, 2012; Haff & Stone, 2015; Maffiuletti et al., 2016; Mil-Homens, 2015). Por último, a potência caracteriza-se pelo produto entre as variáveis força e velocidade (Cormie et al., 2011; Haff & Nimphius, 2012; Haff & Stone, 2015; Mil-Homens, 2015).

2.2. Relação força-comprimento

A força muscular depende do número de pontes cruzadas formadas, sendo que a capacidade de produção desta está intimamente relacionada com o comprimento das fibras musculares (Hill, 1938). Pela relação de força-comprimento, inicialmente descrita por Blix (1892), é possível estabelecer a relação entre o comprimento dos sarcómeros e o número de pontes cruzadas estabelecidas, e a sua consequente capacidade de produção de força. Como se pode observar na figura 1, a tensão máxima produzida depende da sobreposição ótima entre os miofilamentos finos de actina e grossos de miosina (secção B), sendo que um superior encurtamento da fibra muscular, traduz-se numa sobreposição dos filamentos finos, diminuindo a sua ligação com os filamentos grossos, tal como a tensão produzida (secção A). Analogamente, se a fibra sofrer um alongamento superior ao seu comprimento de repouso, a tensão desenvolvida é inferior, suscitada por uma diminuição de pontes cruzadas formadas (secção C).

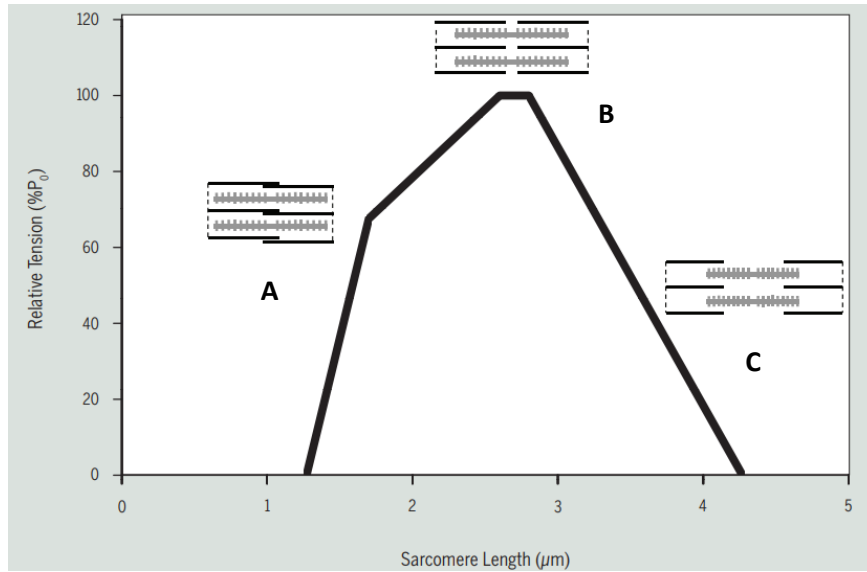


Figura 1 - Relação de força-comprimento (adaptado de (Ward, Winters & Blemker, 2010)).

2.2. Relação força-velocidade

Tal como na anterior relação, o número de pontes cruzadas formadas revela-se fundamental na capacidade de produção de força, sendo que em contrações concêntricas, com o aumento da velocidade, há uma diminuição da capacidade de produção de força devido a um decréscimo do número de pontes ativas dos miofilamentos de actina e miosina (Frontera & Ochala, 2015; Hill, 1938; Mukund & Subramaniam, 2020). Por conseguinte, a velocidades menores o músculo apresenta uma capacidade de produção de força superior (Figura 2) (Frontera & Ochala, 2015; Hill, 1938; Mukund & Subramaniam, 2020).

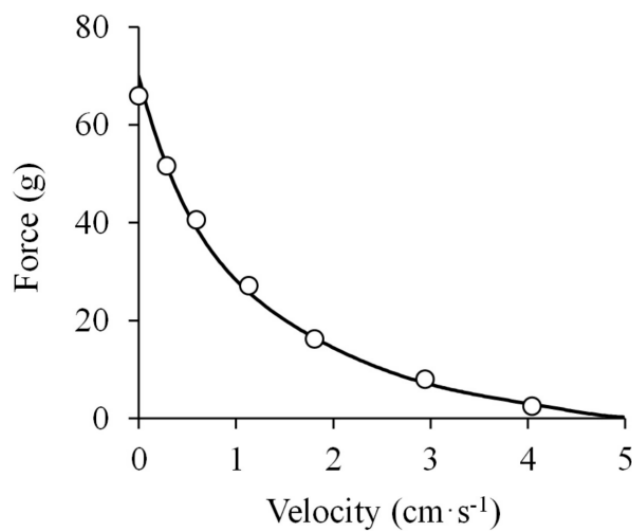


Figura 2- Relação de força-velocidade em contrações concêntricas (adaptado de (Alcazar, Csapo, Ara & Alegre, 2019)).

Esta relação entre a força e a velocidade influencia os valores de potência, em que uma otimização desta passa pelo aumento dos valores de força ou de velocidade, ou de ambas (Cormie et al., 2011; Haff & Nimphius, 2012; Haff & Stone, 2015; Jaric, 2015; Maffiuletti et al., 2016). Assim, o aprimoramento da potência pode ser emparcelado de várias formas entre elas com o recurso a cargas elevadas, desenvolvendo a potência à custa da força máxima, conseguida pela relação elevada que existe entre estas duas variáveis, mas também em consequência do princípio de recrutamento das unidades motoras, estimulando assim fibras de limiar superior, associadas a performances potentes (Baker & Nance, 1999; Cormie et al., 2011; Haff & Nimphius, 2012; Harris et al., 2000; Henneman & Olson, 1965; Henneman et al., 1965; Kawamori & Haff, 2004; McBride et al., 2002; Mukund & Subramaniam, 2020; Nuzzo et al., 2008; Stone et al., 2003; Suchomel et al., 2018; Turner, 2009). A utilização de cargas leves permite o desenvolvimento da potência no espectro da velocidade, com uma maior especificidade com a performance desportiva (Cormie et al., 2011; Cronin & Hansen, 2005; Cronin & Sleivert, 2005; Haff & Nimphius, 2012; Harris et al., 2000; Kawamori & Haff, 2004; McBride et al., 2002; Morin & Samozino, 2016; Suchomel et al., 2018; Turner, 2009). De ambos os métodos, o mais recomendado é o método misto que compreende cargas elevadas e cargas leves, percorrendo assim todo o espectro de força-velocidade, com adaptações na potência em toda a sua curva (Cormie et al., 2007; Cormie et al., 2011; Haff & Nimphius, 2012; Harris et al., 2000; Kawamori & Haff, 2004; McBride et al., 2002; Suchomel et al., 2018; Turner, 2009).

2.3. Perfil Força-Velocidade

A determinação do PFV permite aceder a parâmetros de potência e às suas variáveis constituintes de força e velocidade sendo que, como anteriormente exposto, um mesmo valor de potência pode ser alcançado com diversas combinações entre força e velocidade (Cormie et al., 2011; Haff & Nimphius, 2012; Haff & Stone, 2015; Jaric, 2015; Maffiuletti et al., 2016). Com base nesta relação, pode analisar-se em que componente (força ou velocidade) o atleta é mais forte, sendo que um atleta cujo PVF exiba um declive (*slope*) mais acentuado, apresenta o desenvolvimento da potência máxima mais dependente da força, contrariamente a um atleta exibindo um declive (*slope*) menos acentuado, que associa a sua potência máxima à componente de velocidade (Morin & Samozino, 2016). Porém, para alcançar uma otimização da curva força-velocidade, é crucial verificar em que componente, força ou velocidade, o sujeito é mais deficitário, e consequentemente necessita de um treino individualizado para reduzir esse défice e alcançar o seu perfil ótimo (Jimenez-Reyes et al., 2016; Jimenez-Reyes et al., 2018; Morin & Samozino, 2016;

Samozino et al., 2012). Para além de permitir esta individualização do treino, o PFV demonstra-se como uma variável multifacetada, facultando comparações entre sujeitos, grupos e modalidades, assim como possibilita o controlo de lesões e da retoma do atleta à competição em segurança (Haugen et al., 2019; Jimenez-Reyes et al., 2016; Jimenez-Reyes et al., 2018; Mendiguchia et al., 2016; Mendiguchia et al., 2014; Morin & Samozino, 2016; Samozino et al., 2012).

2.4. Perfil Força-Velocidade e o *Sprint*

O *sprint* retrata-se pela capacidade de atingir a velocidade máxima, assim como a capacidade de percorrer uma determinada distância num menor tempo possível (Samozino et al., 2016). Este apresenta duas etapas capitais: a fase de aceleração e o atingir da velocidade máxima (Morin et al., 2011). A aceleração rege-se pela F_0 , demonstrando-se esta assim eficaz no incremento da performance de *sprint*, em distâncias curtas (Los Arcos et al., 2014; Morin et al., 2012; Morin et al., 2011; Rabita et al., 2015; Randell et al., 2010). Pelo contrário, Morin et al. (2011) constatarem que a força vertical (F_V) é determinante no desempenho de *sprint* a velocidades máximas. Em suma, a capacidade de produção de F_0 ganha maior preponderância na fase de aceleração, enquanto para atingir velocidades elevadas de corrida, estas dependem da produção de quantidades elevadas de produção de F_V (Devismes et al., 2021; Morin et al., 2012; Morin et al., 2011).

Para além das componentes de F_0 e F_V , existem outras que são equitativamente preponderantes na aprimoração da performance aquando da realização de um *sprint* sendo estas, a RF_{max} e a D_{RF} (Morin & Samozino, 2016). Valores superiores de RF_{max} , representam uma produção F_0 no início do *sprint* mais elevada e com uma maior eficácia na aplicação de força, sendo que quanto menos negativo for o valor de D_{RF} , menor é o ritmo de decréscimo da eficiência mecânica com o aumento da velocidade (Morin et al., 2012; Morin & Samozino, 2016).

A otimização destas componentes do PFV com recurso ao *sprint*, pode passar pelo treino da componente de F_0 mediante cargas superiores, permitindo ao atleta aumentar a sua capacidade de aceleração, produzindo valores superiores e mais eficientes de força contra o solo no sentido horizontal (Cahill et al., 2020; Rabita et al., 2015). Outro método baseia-se na utilização de cargas mais leves ou de cargas assistidas, facultando o desenvolvimento da V_0 tal como a manutenção da eficácia mecânica ao longo do *sprint* (Buchheit et al., 2014; Cahill et al., 2020; Morin et al., 2017; Rabita et al., 2015).

2.5. Perfil Força-Velocidade e o Futebol

Os movimentos balísticos são imprescindíveis para o sucesso da *performance* desportiva, sendo que estes albergam a capacidade de acelerar um corpo o mais rapidamente possível (Faude et al., 2012; Samozino et al., 2016). Em desportos coletivos como o futebol, caracterizado por um esforço intermitente com picos de esforço de alta intensidade, os movimentos balísticos como o *sprint* retilíneo são preponderantes na obtenção do sucesso, sendo este uma das ações mais frequentes em jogadas de golo (Bangsbo et al., 2006; Faude et al., 2012; Haugen et al., 2014; Reynolds et al., 2021).

No decurso dos anos verificou-se uma evolução nos parâmetros de *sprint* no futebol, havendo um aumento da frequência na ocorrência destes e da velocidade máxima atingida (Barnes et al., 2014; Bush et al., 2015; Di Salvo et al., 2010). Dissecando este progresso, predomina um número elevado de *sprints* de curta duração, sendo elementar ao nível do PFV, a capacidade de aceleração e a F_0 , ao invés da F_V (Di Salvo et al., 2010; Morin et al., 2011; Morin & Samozino, 2016). Quando comparados jogadores de modalidades semelhantes (futebol e futsal), mas com perfis de esforço distintos, os jogadores de futsal mostraram um PFV mais orientado para a F_0 , enquanto os atletas de futebol evidenciaram valores superiores de V_0 (Jimenez-Reyes et al., 2019). Estas dissimilaridades podem fundamentar-se pela existência de um maior número de acelerações curtas no futsal, e apesar de estas estarem também presentes na modalidade de futebol, existe nesta uma maior exposição a velocidades mais elevadas de corrida (Jimenez-Reyes et al., 2019). No que concerne ao nível etário e competitivo, os atletas mais velhos e os presentes em competições mais avançadas, evidenciaram valores mais elevados em todas as variáveis, F_0 , V_0 , P_{max} , RF_{max} e D_{RF} , espelhando que a otimização do PFV é um fator importante no alto rendimento (Devismes et al., 2021; Haugen et al., 2020; Jimenez-Reyes et al., 2019; Jimenez-Reyes et al., 2018).

Apesar dos estudos realizados em torno dos parâmetros PFV no futebol, é importante frisar que este varia de acordo com diversos fatores de carácter individual, etário e com o nível competitivo, sendo de primária importância individualizar o treino às características de cada atleta, ao invés de prescrever em função dos valores normativos da modalidade (Haugen et al., 2019; Jimenez-Reyes et al., 2019; Jimenez-Reyes et al., 2018).

2.6. Perfil Força-Velocidade e a Maturação

A maturação espelha o tempo que um organismo percorre até atingir um estado biológico maduro (Malina & Bouchard, 1991). Para aceder ao estado maturacional, são utilizados inúmeros indicadores entre os quais, a maturação óssea, a maturação sexual, a maturação somática, a maturação dentária e a maturação hormonal (Beunen et al., 2006; Malina & Bouchard, 1991; Malina et al., 2015). Focando na metodologia utilizada neste estudo observacional, na maturação somática, esta utiliza diversas medidas morfológicas para determinar o estado maturacional (Beunen et al., 2006; Malina & Bouchard, 1991; Malina et al., 2015). Esta engloba três indicadores principais: a idade morfológica, a altura relativa, e a idade em que se atinge o Pico de Velocidade em Altura (PVA) (Beunen et al., 2006; Malina & Bouchard, 1991; Malina et al., 2015). A idade morfológica baseia-se na comparação da altura de um determinado sujeito, com a altura de uma população de referência em função da idade (Beunen et al., 2006; Malina & Bouchard, 1991; Malina et al., 2015). Esta população apresenta um percentil 50 como um valor de referência, sendo que se a altura do sujeito se apresentar anterior ao percentil 50, significa que este é mais baixo do que a média dos sujeitos da sua idade e poderá afirmar-se que este possui uma idade morfológica “atrasada”, e vice-versa, apresentando assim um nível maturacional “avanzado” (Beunen et al., 2006; Malina & Bouchard, 1991; Malina et al., 2015). Se estiver de acordo com o percentil 50, significa que a sua altura é idêntica à média dos sujeitos para a sua idade, sendo este maturacionalmente “normal” (Beunen et al., 2006; Malina & Bouchard, 1991; Malina et al., 2015). A altura relativa num determinado momento baseia-se na estimação da estatura adulta que o sujeito previsivelmente irá atingir, sendo que quanto mais próxima estiver a estatura atual comparativamente com a estatura final predita, mais avançado maturacionalmente se encontrará o sujeito relativamente aos restantes da mesma idade, e vice-versa, exibindo assim uma altura relativa menor (Beunen et al., 2006; Malina & Bouchard, 1991; Malina et al., 2015). Por fim, a idade em que se atinge o PVA permite dissecar quais os sujeitos que atingem o PVA em idades mais baixas, estando estes maturacionalmente “avanzados”, contrariamente aos que atingem o PVA mais tarde, sendo estes maturacionalmente “atrasados” (Beunen et al., 2006; Malina & Bouchard, 1991; Malina et al., 2015).

Tendo o PVA como indicador maturacional, antes de o atingir ocorrem alterações positivas ao nível da velocidade, existindo inúmeras variáveis influenciadoras destas alterações (Beunen & Malina, 1988; Meyers et al., 2017; Philippaerts et al., 2006). Dentro destas, pode destacar-se um desenvolvimento neural espelhado numa aceleração da mielinização das fibras nervosas, contribuindo para uma velocidade de condução de impulsos elétricos mais elevada, e a frequência

de passada, tendo esta um papel primordial no desenvolvimento da velocidade antes do PVA (Hebestreit & Bar-Or, 2008; Kenney et al., 2008; Meyers et al., 2015; Rumpf et al., 2015; Van Praagh & Dore, 2002). Porém, apesar deste facto, registaram-se para este grupo maturacional aumentos nos tempos de contacto e diminuições na frequência de passada, estabilizando-se estes por volta do período do PVA, podendo não favorecer uma aplicação e orientação de força de forma eficaz e veloz, prejudicando a velocidade (Meyers et al., 2015; Rumpf et al., 2015).

Relativamente aos valores de força e de potência antes do PVA, estes não aumentam de forma substancial, podendo ter como um dos fatores a montante o facto de as crianças demonstrarem uma menor massa muscular e de esta ser espelhada numa percentagem de fibras do tipo I superior e inferior na percentagem de fibras do tipo II, comparativamente aos adultos (Radnor et al., 2018; Van Praagh & Dore, 2002). Estas diferenças na tipologia das fibras musculares influenciam negativamente os valores de força e de potência, visto que as fibras do tipo I apresentam uma menor capacidade de produção de força e uma menor velocidade de encurtamento (Radnor et al., 2018; Van Praagh & Dore, 2002). Todavia, algum aumento que possa ser verificado na força e potência muscular acontece maioritariamente devido a mecanismos neurais (Ozmun et al., 1994).

Quando ocorre o PVA, verifica-se um desenvolvimento dos valores de velocidade, podendo estes ter como fatores explicativos, o aumento do comprimento de passada explicado pelo pico de velocidade de crescimento dos membros inferiores, uma superior maturação do sistema neural e uma estabilização dos tempos de contacto e da frequência de passada (Cormie et al., 2011; Hebestreit & Bar-Or, 2008; Kenney et al., 2008; Meyers et al., 2015; Rumpf et al., 2015; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002).

Ocorre igualmente um crescimento exponencial da força e da potência, com a obtenção do pico de crescimento destas depois do PVA (Meylan et al., 2014; Philippaerts et al., 2006). Este crescimento pode ser fruto de uma otimização da hipertrofia muscular, do número de fibras do tipo II, da área de secção transversal e do ângulo de penação, contribuindo assim para um superior número de componentes contráteis ligadas ao tendão para uma produção e transferência de força mais eficiente e com maior velocidade (Radnor et al., 2020; Radnor et al., 2018; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002). Conjuntamente com estes fatores, ocorre uma ampliação do comprimento das miofibrilhas, viabilizando um crescente de sarcómeros dispostos em série, intensificando a produção de força a velocidades superiores, favorecendo a velocidade e a potência (Radnor et al., 2020; Radnor et al., 2018; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002). Fatores hormonais, como o aumento da segregação de testosterona,

podem igualmente influenciar os aumentos de força e de potência registados neste período (Croix Mde, 2007; Kenney et al., 2008).

No que concerne ao sistema neural, ocorre um contínuo aumento da mielinização das fibras nervosas, um aumento do recrutamento de unidades motoras, um aperfeiçoamento da coordenação entre diferentes músculos e uma diminuição da co-contracção (Cormie et al., 2011; Hebestreit & Bar-Or, 2008; Kenney et al., 2008; Radnor et al., 2020; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002). Sucede-se igualmente um desenvolvimento do *stiffness* (resistência do tendão face ao alongamento na fase excêntrica, com acumulação de energia elástica nos elementos elásticos em série, posteriormente aproveitada na fase concêntrica), da pré-ativação muscular e uma potenciação do reflexo de alongamento (alongamento do músculo até zonas próximas do seu alongamento ótimo, pela relação de força-comprimento, permitindo potenciar a produção de força na fase concêntrica), provocando uma diminuição nos tempos de contacto, um aumento da frequência de passada, com finais aumentos na produção e aplicação eficiente de força, velocidade e potência, em toda a cadeia cinética do movimento (Colyer et al., 2020; Meyers et al., 2015; Meyers et al., 2016; Meyers et al., 2017; Radnor et al., 2020; Rumpf et al., 2015; Rumpf et al., 2013; Tumkur Anil Kumar et al., 2021).

Não obstante os conhecidos desenvolvimentos de força, velocidade e potência com a maturação, ainda são escassos os estudos referentes à influência da maturação nestas variáveis quando medidas a partir do PFV. Dos ínfimos estudos que se debruçaram sobre este tópico, Edwards et al. (2021) constataram aumentos significativos entre todos os grupos para a variável de F_0 absoluta com *effect sizes* pequenos (Pre-PVA vs. Mid-PVA), moderados (Mid-PVA vs. Post-PVA) e grandes (Pre-PVA vs. Post-PVA), entre os grupos Pre-PVA e Mid-PVA com o grupo Post-PVA para a variável P_{max} absoluta, com *effect sizes* pequenos, e entre os grupos Post-PVA vs. Mid-PVA, para a variável V_0 , com um *effect size* pequeno. Meylan et al. (2014), com recurso à análise do PFV vertical, denotaram progressos moderados na variável F_0 relativa para o grupo Mid-PVA e grandes para o grupo Post-PVA, em relação ao grupo Pre-PVA. Para a F_0 absoluta, registaram-se efeitos grandes (Pre-PVA vs. Mid-PVA; Pre.PVA vs. Post.PVA) e moderados (Mid-PVA vs. Post-PVA). Para a V_0 , sinalizaram aumentos significativos com efeitos moderados para os grupos Mid-PVA e Post-PVA em relação ao grupo Pre-PVA, e com efeitos grandes para o grupo Post-PVA relativamente ao grupo Mid-PVA. Para a P_{max} relativa, registaram-se progressos com efeitos grandes para os grupos Pre-PVA e Mid-PVA, relativamente ao grupo Post-PVA, e com efeitos pequenos para o grupo Mid-PVA comparativamente ao grupo Pre-PVA. Por fim, para a variável P_{max} absoluta, observaram-se efeitos grandes entre todas as variáveis (Meylan et al., 2014).

2.7. Perfil Força-Velocidade e a Seleção de Talentos

A obtenção e caracterização do PFV em relação à maturação predispõe o sucesso formativo dos atletas, visto que visa dar um maior foco à componente biológica de cada atleta (S. Gil et al., 2007; S. M. Gil et al., 2007; Malina & Bouchard, 1991; Valente-Dos-Santos et al., 2012). Este foco, pode ajudar a combater um grande problema que o processo formativo atravessa nos dias de hoje, que é o efeito da idade relativa (IR) (Wattie et al., 2015). Este efeito caracteriza-se por uma primazia dada à idade cronológica de cada atleta, em que estes são divididos em escalões baseados no seu ano de nascimento (Folgado et al., 2006; Musch & Grondin, 2021). A principal preocupação deste efeito advém de existirem inúmeras diferenças entre indivíduos da mesma faixa etária, o que pode resultar em diferenças significativas no desempenho (Wattie et al., 2015). Estas dissimilaridades entre os indivíduos num mesmo escalão, podem ser explicadas por diferenças maturacionais, sendo estas uma causa primária dos efeitos da IR (Altimari et al., 2021; Dimundo et al., 2021; Folgado et al., 2021; Malina et al., 2005; Malina et al., 2004; Valente-Dos-Santos et al., 2012). Deste modo, os atletas nascidos nos períodos iniciais do ano podem estar mais desenvolvidos em inúmeras estruturas como a estatura, a força e a velocidade, sendo estas capacidades importantes em múltiplas modalidades, como o futebol (Altimari et al., 2021; Dimundo et al., 2021; Folgado et al., 2021; Malina et al., 2005; Malina et al., 2004; Valente-Dos-Santos et al., 2012). Consequentemente, os atletas mais desenvolvidos são escolhidos para almejar jogos e competições mais importantes e muitos dos restantes são desperdiçados e desistem precocemente da modalidade, devido a práticas discriminatórias (Delorme et al., 2011; Figueiredo et al., 2009; Musch & Grondin, 2021). Esta situação pode prejudicar o desenvolvimento de talentos numa perspetiva de futuro, visto que uma vantagem maturacional não é uma garantia de um superior desenvolvimento e aproveitamento a longo prazo (Ostojic et al., 2014). Todavia, a excessiva preocupação com os resultados a curto prazo ao invés de no processo a longo prazo, conduz a apostas nos indivíduos mais desenvolvidos fisicamente nos escalões de formação (Dimundo et al., 2021; Doncaster et al., 2020; Figueiredo et al., 2021; Gil et al., 2021).

Assim, a obtenção do PFV consoante o estado maturacional de cada atleta, ao atribuir um foco sobre a componente biológica, pode servir como mais uma ferramenta de avaliação, conjuntamente com as diversas já existentes (i.e., psicológicas, cognitivas e técnicas), e de apoio à decisão dos treinadores e dos clubes aquando da seleção e desenvolvimento de talentos, não olhando somente para a componente física, mas sim para o sucesso do processo formativo destes a longo prazo (Doncaster et al., 2020).

2.8. Métodos de terreno de análise do PFV dos membros inferiores

Compreendendo a avaliação do PFV dos membros inferiores, existem duas metodologias que convergem na utilização de saltos verticais e de *sprints* (Samozino et al., 2008; Samozino et al., 2016). A utilização de saltos verticais permite obter as componentes verticais de força, potência e velocidade, enquanto o segundo método, através da realização de um *sprint*, viabiliza calcular as componentes horizontais de força (F_0), velocidade (V_0) e potência (P_{max}), como também a eficiência mecânica na aplicação de força na direção horizontal (RF_{max}) e a taxa de decremento dessa eficiência mecânica ao longo do percurso (D_{RF}) (Samozino et al., 2008; Samozino et al., 2016).

Salientando o método que examina o *sprint*, podem ser empregues testes exercidos em passadeira, porém estes apresentaram algumas limitações, entre as quais a sua reduzida validade ecológica (Morin et al., 2010; Morin & Seve, 2011). O uso de plataformas de forças é considerado o método *gold standard*, contudo engloba um conjunto de plataformas que apresentam um comprimento total de 6,60 metros, representando apenas uma pequena parte do *sprint*, sendo também um método bastante dispendioso (Lockie et al., 2013; Rabita et al., 2015). Tendo estes dois métodos inúmeras desvantagens, foi desenvolvido por Samozino et al. (2016), um método para avaliar o PFV com base em dinâmica inversa. A operacionalização requer o uso de radares ou de células fotoelétricas em que, através de uma abordagem de dinâmica inversa, são estimadas as forças de reação do solo durante todo o percurso de *sprint* mediante dados antropométricos e espaciotemporais (Samozino et al., 2016). Como se pode verificar nas tabelas 1 e 2, este método exibiu uma alta taxa de validade e de confiabilidade em relação ao método *gold standard* de plataforma de forças (Samozino et al., 2016).

Tabela 1 - Valores médios \pm SD de, F_0 , V_0 , P_{max} , $slope$, D_{RF} , erro sistemático, erro sistemático absoluto e intervalos de confiança a 95%, correspondentes à validade do método computacional proposto por Samozino et al. (2016), em comparação com o método de plataforma de forças (adaptado de Samozino et al., 2016).

	Método de plataforma de forças (<i>gold standard</i>)	Método proposto por Samozino et al. (2016)	Erro padrão de medição	Erro sistemático absoluto (%)	Intervalos de confiança a 95%
F_0 (N)	654 \pm 80	638 \pm 84	-15,9 \pm 25,7	3,74 \pm 2,69	(-66,3;34,5)
V_0 (m/s)	10,20 \pm 0,36	10,51 \pm 0,74	0,32 \pm 0,52	4,77 \pm 3,26	(-0,7;1,3)
P_{max} (W)	1669 \pm 253	1680 \pm 280	10,56 \pm 45,01	1,88 \pm 1,88	(-77,7;98,8)

<i>slope</i> (N/s/m)	-64,06 ± 6,30	-60,8 ± 7,71	3,26 ± 5,22	7,93 ± 5,32	(-6,97;13,49)
D_{RF} (%/s/m)	-6,80 ± 0,28	-6,80 ± 0,74	-0,002 ± 0,58	6,04 ± 5,70	(-1,139;1,135)

Tabela 2 - Valores médios ± SD de, F_0 , V_0 , P_{max} , *slope*, D_{RF} , coeficiente de variação, diferenças nos valores médios e erro padrão de estimação, correspondentes à confiabilidade do método computacional proposto por Samozino et al. (2016), em comparação com o método de plataforma de forças (adaptado de Samozino et al., 2016).

	Coeficiente de variação (%)	Diferenças nos valores médios	Erro padrão de estimação (%)
F_0 (N)	2,93 ± 2,00	-1,53 ± 32,2	3,57
V_0 (m/s)	1,11 ± 0,86	-0,171 ± 0,776	1,40
P_{max} (W)	1,87 ± 1,36	-0,167 ± 0,66	2,33
<i>slope</i> (N/s/m)	4,04 ± 2,72	-0,20 ± 4,18	4,94
D_{RF} (%/s/m)	3,99 ± 2,80	-0,110 ± 0,45	4,86

Acrescentando a este método, foi desenvolvido uma aplicação para telemóvel (*My Sprint*), em que, utilizando apenas a câmara de um *iPhone* ou *iPad*, é possível computar as variáveis mecânicas do *sprint* (Romero-Franco et al., 2017). Este método apresentou uma elevada validade e confiabilidade comparativamente à utilização de células fotoelétricas (Coeficiente de correlação intra-classe (CCI) = 1,00; Coeficiente de correlação de *Pearson* (rp) = 0,989– 0,999, $p < 0,001$; Coeficiente de variação (CV) do *MySprint* = 0,027%; CV das células fotoelétricas = 0,028%) e de radares (CCI= 0,979– 1,0; rp = 0,974–0,999, $p < 0,001$; CV do *MySprint* = 0,14%; CV dos radares = 0,11%) (Romero-Franco et al., 2017).

Capítulo 3: Metodologia

Este capítulo inclui a descrição dos meios e métodos utilizados na fase experimental do estudo e os respetivos procedimentos de análise

3.1. Desenho experimental

O presente estudo observacional analítico transversal, pretendeu examinar diferenças no PFV e em todas as suas variáveis integrantes (i.e., F_0 absoluta e relativa, V_0 , P_{max} absoluta e relativa, $Slope$, RF_{max} , D_{RF}), em praticantes de futebol de formação, divididos em três grupos maturacionais (Pre-PVA, Mid-PVA e Post-PVA).

As avaliações foram realizadas no relvado sintético do Clube Desportivo Cova da Piedade. Os testes, por razões de circunstância logística (i.e., horários escolares, horários de treinos, horários de jogos), foram realizados em 3 dias separados na mesma semana. Todos os testes decorreram durante o período competitivo e estes foram executados antes do início do treino ou do jogo, de cada escalão, para minimizar a influência da fadiga nos resultados. Antecedente a cada teste foi realizado um protocolo de aquecimento com duração 13 minutos, mais um período de familiarização com o teste de *sprint*. Todos os participantes desempenharam o teste utilizando o equipamento de treino ou de jogo habitual, tal como o calçado apropriado para o piso sintético.

3.2. Amostra

Cento e quarenta e seis atletas do género masculino, praticantes da modalidade de futebol, pertencentes aos escalões de formação de Sub-10 (22), Sub-11 (14), Sub-12 (18), Sub-13 (21), Sub-14 (19), Sub-15 (18), Sub-16 (16) e Sub-17 (18), voluntariaram-se para participar neste estudo. Estes foram divididos em 3 grupos maturacionais: Pre-PVA (n=58), Mid-PVA (n=30), Post-PVA (n=58). As características da amostra podem ser observadas na Tabela 3. Foi entregue a todos os sujeitos um consentimento informado, livre e esclarecido, com o intuito de informar os participantes e os seus representantes legais sobre os objetivos de estudo, procedimentos de avaliação, os riscos e os benefícios da respetiva participação. O estudo foi elaborado de acordo com a declaração de Helsínquia.

Tabela 3 - Características da amostra, diferenças significativas e magnitude dos efeitos, de acordo com os grupos Pre-PVA, Mid-PVA e Post-PVA. Os dados são apresentados em valores médios \pm DP. * Significativamente diferente do grupo Mid-PVA, $P < 0,05$. # Significativamente diferente do grupo Post-PVA, $P < 0,05$.

	Pre-PVA	Mid-PVA	Post-PVA
N	58	30	58
Idade (anos)	10,43 \pm 1,09	12,93 \pm 0,83	15,10 \pm 1,13
Idade decimal (anos)	-2,55 \pm 0,74	-0,24 \pm 0,45	1,77 \pm 0,87
Massa corporal (kg)	39,50 \pm 7,10 *($r=0,72$) #($r=0,84$)	54,47 \pm 6,91 #($r=0,59$)	65,73 \pm 9,08
Estatura (cm)	144,84 \pm 6,78 *($d=2,92$) #($d=4,60$)	163,90 \pm 5,97 #($d=1,69$)	173,81 \pm 5,78
Altura sentado (cm)	74,80 \pm 3,75 *($d=2,59$) #($d=4,65$)	84,21 \pm 3,39 #($d=2,10$)	91,18 \pm 3,29
Comprimento da perna (cm)	70,04 \pm 4,02 *($r=0,77$) #($r=0,82$)	79,69 \pm 3,91 #($r=0,38$)	82,62 \pm 4,54

Nota: PVA = pico de velocidade em altura.

3.3. Recolha e Processamento de dados

3.3.1. Medidas Antropométricas e Maturação

A estatura (cm) e a altura sentado (cm) foram medidas utilizando um estadiómetro (seca 213, Hamburg, Germany), e a massa corporal (kg) através de uma balança digital (TANITA BC-601, Tokyo, Japan). O comprimento da perna (cm) foi obtido pela subtração da estatura pela altura sentado. A maturação biológica foi mensurada através do método de Mirwald et al. (2002), usando como indicador os anos em relação ao PVA. Foi aplicada a equação indicada para o género masculino: $-9,236 + [0,0002708 \times (\text{comprimento dos membros inferiores} \times \text{altura sentado})] + [-0,001663] \times (\text{idade decimal} \times \text{comprimento dos membros inferiores}) + [0,007216 \times (\text{idade decimal} \times \text{altura sentado})] + (0,02292 \times \text{peso/altura} \times 100)$ (Mirwald et al., 2002). Os participantes foram assim divididos em três grupos maturacionais, com base nos anos relativos ao PVA: Pre-PVA (<-1,0 anos), Mid-PVA (-0,99 a 0,5 anos) e Post-PVA (>0,51 anos) (Murtagh et al., 2018).



Figura 3 - Perspetiva do protocolo de medição da massa corporal (Clube Desportivo Cova da Piedade)



Figura 4 - Perspetiva do protocolo de medição da altura sentado (Clube Desportivo Cova da Piedade).



Figura 5 - Perspetiva do protocolo de medição da estatura (Clube Desportivo Cova da Piedade).

3.3.2. Protocolo de aquecimento

Inicialmente, todos os participantes realizaram um aquecimento geral com uma duração de 8 minutos, que consistiu na execução de 5 minutos de *jogging* seguidos de 3 minutos de alongamentos dinâmicos. Posteriormente realizou-se um aquecimento específico de 5 minutos com exercícios específicos de *sprint*, consumando-se com dois sprints de 30 metros, com descanso de 4 minutos entre estes. A técnica utilizada nestes dois *sprints* foi idêntica à técnica requerida no teste principal de *sprint*, desde a posição de partida até ao final da corrida, no sentido de diminuir quaisquer efeitos provocados pela não familiarização com o teste.

3.3.3. Protocolo de *Sprint*

Todos os participantes realizaram dois *sprints* máximos de 30 metros, num relvado sintético (Figura 4). Para aceder aos tempos em *sprint*, foi utilizado um sistema de células fotoelétricas (Witty; Microgate, Bolzano, Italy). Na execução do teste os atletas partiram numa posição estática de pé, com o pé dianteiro colocado a 0,5 metros da linha de partida. Nesta, estava colocado uma porta de células fotoelétricas a uma altura de 1 metro. Na partida, os atletas eram instruídos para partirem (iniciarem o teste de *sprint*) à sua vontade, não podendo realizar movimentos precedentes de balanço, e para realizarem todo o percurso à máxima velocidade. Este procedimento de início de *sprint* propicia que corpo esteja em movimento antes do tempo começar a contar, podendo sobrestimar os resultados obtidos (Morin & Samozino, 2017). Aplicou-se assim uma correção de 0,5 segundos a todos os tempos, tal como foi recomendado por Haugen et al. (2012). No percurso do *sprint* foram colocadas células fotoelétricas nos 5, 10, 20 e 30 metros, a uma altura de 1,10 metros, 1,10 metros, 1,15 metros e 1,15 metros, respetivamente (Haugen & Buchheit, 2016; Haugen et al., 2020; Haugen et al., 2012). Cada participante realizou dois *sprints*, sendo que o *sprint* que apresentou uma melhor performance nos 30 metros, foi utilizado para análise.

Os tempos aos 5, 10, 20, e 30 metros, foram registados utilizando um controlo manual *wireless*. A velocidade do vento foi coletada com recurso a um anemómetro (SKYWATCH® Xplorer 1; JDC ELECTRONIC SA, Yverdon, Switzerland), e a temperatura atmosférica com recurso ao site do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (<https://www.ipma.pt/pt/index.html>).



Figura 6 - Perspetiva experimental do protocolo de sprint de 30 metros (Clube Desportivo Cova da Piedade).



Figura 7 - Perspetiva do protocolo de medição da velocidade do vento (Clube Desportivo Cova da Piedade).

3.3.4. Perfil de Força-Velocidade / Modelo Biomecânico:

Após o registo do melhor *sprint* de cada participante, foram obtidos numa folha de cálculo desenvolvida por Morin & Samozino (2017), que tem por base o método de Samozino et al. (2016), os valores de F_0 absoluta e relativa, V_0 , P_{max} absoluta e relativa, *Slope*, RF_{max} e D_{RF} .

As posições horizontais em função do tempo ($x(t)$) aos 5, 10, 20 e 30 metros, foram utilizados para determinar a velocidade máxima atingida no final da aceleração (V_{Hmax}) e a constante temporal de aceleração (τ), pela equação: $x(t) = V_{Hmax} * \left(t + \tau * e^{-\frac{t}{\tau}} \right) - V_{Hmax} * \tau$.

Com os valores de V_{Hmax} e de τ obtidos, foi possível alcançar os valores de velocidade horizontal (V_H) pela equação, $V_H(t) = V_{Hmax} * \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$, e de aceleração horizontal (a_H), pela equação, $a_H(t) = \left(\frac{V_{Hmax}}{\tau} \right) * e^{-\frac{t}{\tau}}$, em função do tempo.

Depois de obtidos os valores de a_H , a força aplicada no solo na direção horizontal (F_H) em função do tempo, foi calculada pela seguinte equação: $F_H(t) = m * a_H(t) + F_{aero}(t)$, onde m é a massa corporal (kg) e a F_{aero} é a força aerodinâmica a ser superada durante o *sprint*.

A estimação da F_{aero} foi realizada pela seguinte equação: $F_{aero}(t) = k * (V_H(t) - V_w)^2$, em que k é o coeficiente de fricção aerodinâmica e o V_w é a velocidade do vento (m/s).

O k foi calculado pela equação: $k = 0,5 * p * Af * Cd$, onde p é a densidade do ar (kg^{-3}), Af é a área frontal do corredor (m^2) e o Cd é o coeficiente de resistência aerodinâmica, igual a 0,9.

A p foi obtida pela equação: $p = p_0 * \frac{P_b}{760} * \frac{273}{273+T^o}$, onde p_0 é igual a 1,293 kg/m^3 , a P_b é a pressão barométrica de 760 (Torr), e a T^o é a temperatura atmosférica ($^{\circ}\text{C}$).

A Af foi alcançada pela equação: $Af = (0,2025 * h^{0,725} * m^{0,425}) * 0,266$, sendo h a altura do sujeito (metros) e m a massa corporal (kg).

A potência horizontal relativa (P_H), em W/kg , foi mensurada pela multiplicação da força horizontal (F_H) relativa (N/kg) pela V_H (m/s).

Os PFV foram então determinados, usando regressões de mínimos quadrados lineares (retas) e regressões polinomiais de segunda ordem (curvas). Através destes, foram extrapolados os valores de F_0 e de V_0 , com base na intersecção das retas com o eixo dos y e com o eixo dos x , correspondentemente.

A P_{max} foi obtida utilizando a seguinte equação: $P_{max} = \frac{F_0 * V_0}{4}$.

O valor de *Slope* foi expresso pelo declive reta, relativo à relação de F_0 com a V_0 . Este foi obtido através da equação linear da reta, calculada automaticamente pela folha de cálculo.

A RF (%), calculou-se através da seguinte equação: $RF = \frac{F_H}{F_{Res}} * 100 = \frac{F_H}{\sqrt{F_H^2 + F_V^2}} * 100$.

O valor de D_{RF} (%) foi aferido pelo declive reta, relativo à relação do RF com a V_H . Este foi obtido através da equação linear da reta, calculada automaticamente pela folha de cálculo.

3.4. Variáveis de estudo

Foram definidas e calculadas as seguintes variáveis de estudo:

- (1) F_0 (N): Força máxima aplicada na direção horizontal. Quanto maior o valor de F_0 , maior a produção inicial de força durante a fase de aceleração do *sprint*.
- (2) F_0 (N/kg): Força máxima relativa aplicada na direção horizontal (por unidade de massa corporal).
- (3) V_0 (m/s): Corresponde à máxima velocidade atingida pelo atleta durante o *sprint*.

- (4) P_{max} (W): Capacidade de produção máxima de potência na direção horizontal.
- (5) P_{max} (W/kg): Capacidade de produção máxima de potência relativa, na direção horizontal
- (6) $Slope$ (N/s/m): Representa-se como o declive da reta, relativo à relação de F_0 com a V_0 . Quanto mais negativo for o valor de $Slope$, maior é a inclinação da reta e a orientação do PFV para a componente de força, e vice-versa.
- (7) RF_{max} (%): Diz respeito à eficiência mecânica máxima na aplicação de força, ou seja, à capacidade de orientar a produção total de força na direção horizontal do movimento.
- (8) D_{RF} (%): Apresenta-se como a capacidade que o atleta evidencia de limitar o decréscimo da eficiência mecânica ao longo do *sprint*, ou seja a capacidade de manter a produção de força na direção horizontal com o aumento da velocidade de corrida.

3.5. Análise Estatística

Medidas de estatística descritiva (média e desvio padrão) foram calculadas para todas as variáveis, para cada grupo maturacional. Depois de se verificar a normalidade das variáveis através do teste de *Shapiro-Wilk* e a homogeneidade de variâncias com o teste de *Levene*, foi testada a existência ou não, de diferenças entre os grupos maturacionais nas variáveis do PFV, através do teste ANOVA para mais de 2 amostras independentes. Para discernir as diferenças, realizou-se o teste de *Tukey*. Quando verificada a normalidade das variáveis, porém sem homogeneidade de variâncias, foi testada a existência ou não de diferenças entre os grupos maturacionais, através do teste ANOVA com correção de *Welch*. Nestes casos, para discernir as diferenças, realizou-se o teste de *Games-Howell*. Nos casos em que o pressuposto de normalidade das populações não foi alcançado, aplicou-se o teste de *Kruskal-Wallis* para verificar a aceitação (caso não se denotassem diferenças significativas entre os três grupos maturacionais) ou rejeição (caso se dissecassem diferenças significativas entre os três grupos maturacionais) da hipótese nula. Para discriminar as diferenças, realizou-se o teste *post-hoc* de *Conover-Iman*. A dimensão do efeito foi obtida pelo d de *Cohen* e pelo coeficiente de correlação (r) proposto por Rosenthal (1991), para determinar a magnitude das diferenças para as variáveis paramétricas e para as variáveis não paramétricas, correspondentemente. Para o d de *Cohen* foram estabelecidos valores de 0,2, 0,5 e 0,8, e para o r os valores de 0,1, 0,3 e 0,50, para representar os *effect sizes* como pequenos, moderados e grandes, respetivamente (Cohen, 1988). Todas as significâncias estatísticas foram aceites com um valor de alfa inferior ou igual a 0,05. Todos os procedimentos estatísticos foram

conduzidos utilizando o programa IBM SPSS Statistics (Version 28). O estudo apresentou uma potência igual ou superior a 0,85 para todas as variáveis, exceto para a variável *Slope* que apresentou uma potência de 0,55. Todos os valores de potência foram estimados a *post-hoc*, usando o software estatístico G*Power (Version 3.1.9.7).

Capítulo 4: Apresentação de Resultados

Este capítulo apresenta os resultados alcançados.

4.1. Perfil Força-Velocidade – Diferenças entre grupos

Os resultados relativos às diferenças nas diversas variáveis do PFV estão expostos na tabela 4 e na tabela 5.

Para a variável absoluta de F_0 , observaram-se diferenças significativas entre os grupos, *Pre-PVA* vs. *Mid-PVA* ($212,69 \pm 43,76$ N vs. $314,60 \pm 51,12$ N; $d= 2,20$; $P= <0,001$) com um *effect size* grande, *Pre-PVA* vs. *Post-PVA* ($212,69 \pm 43,76$ N vs. $395,84 \pm 64,20$ N; $d= 3,33$; $P= <0,001$) com um *effect size* grande, e *Mid-PVA* vs. *Post-PVA* ($314,60 \pm 51,12$ N vs. $395,84 \pm 64,20$ N; $d= 1,35$; $P= <0,001$) com um *effect size* grande.

Para a variável relativa de F_0 , observaram-se diferenças significativas entre os grupos, *Pre-PVA* vs. *Mid-PVA* ($5,31 \pm 0,46$ N/kg vs. $5,71 \pm 0,50$ N/kg; $r= 0,38$; $P= <0,001$) com um *effect size* moderado, *Pre-PVA* vs. *Post-PVA* ($5,31 \pm 0,46$ N/kg vs. $5,99 \pm 0,42$ N/kg; $r= 0,65$; $P= <0,001$) com um *effect size* grande, e *Mid-PVA* vs. *Post-PVA* ($5,71 \pm 0,50$ N/kg vs. $5,99 \pm 0,42$ N/kg; $r= 0,27$; $P= <0,05$) com um *effect size* pequeno.

Na variável V_0 , relataram-se diferenças significativas entre todos os grupos, *Pre-PVA* vs. *Mid-PVA* ($6,82 \pm 0,71$ m/s vs. $7,64 \pm 0,74$ m/s; $r= 0,47$; $P= <0,001$) com um *effect size* moderado, *Pre-PVA* vs. *Post-PVA* ($6,82 \pm 0,71$ m/s vs. $8,92 \pm 0,94$ m/s; $r= 0,79$; $P= <0,001$) com um *effect size* grande, e *Mid-PVA* vs. *Post-PVA* ($7,64 \pm 0,74$ m/s vs. $8,92 \pm 0,94$ m/s; $r= 0,60$; $P= <0,001$) com um *effect size* grande.

Para a variável absoluta de P_{max} , observaram-se diferenças significativas entre os grupos, *Pre-PVA* vs. *Mid-PVA* ($356,26 \pm 81,41$ W vs. $592,50 \pm 117,39$ W; $d= 2,48$; $P= <0,001$) com um *effect size* grande, *Pre-PVA* vs. *Post-PVA* ($356,26 \pm 81,41$ W vs. $872,24 \pm 175,68$ W; $d= 3,77$; $P= <0,001$) com um *effect size* grande, e *Mid-PVA* vs. *Post-PVA* ($592,50 \pm 117,39$ W vs. $872,24 \pm 175,68$ W; $d= 1,77$; $P= <0,001$) com um *effect size* grande.

Igualmente para a variável relativa P_{max} , notou-se diferenças significativas entre todos os grupos, com *effect sizes* grandes: *Pre-PVA* vs. *Mid-PVA* ($9,08 \pm 1,38$ W/kg vs. $10,93 \pm 1,56$ W/kg; $d= 1,28$; $P= <0,001$), *Pre-PVA* vs. *Post-PVA* ($9,08 \pm 1,38$ W/kg vs. $13,35 \pm 1,70$ W/kg; $d= 2,76$; $P= <0,001$), e *Mid-PVA* vs. *Post-PVA* ($10,93 \pm 1,56$ W/kg vs. $13,35 \pm 1,70$ W/kg; $d= 1,47$; $P= <0,001$).

Os valores de *Slope* amenizaram-se significativamente entre os grupos, *Pre-PVA* vs. *Post-PVA* ($-0,78 \pm 0,10$ N/s/m vs. $-0,67 \pm 0,08$ N/s/m; $r= 0,52$; $P= <0,001$), e *Mid-PVA* vs. *Post-PVA* ($-0,75 \pm 0,09$ N/s/m vs. $-0,67 \pm 0,08$ N/s/m; $r= 0,40$; $P= <0,001$), com *effect sizes*, grande e moderado, respetivamente. Não se observou diferenças significativas entre os grupos *Pre-PVA* vs. *Mid-PVA*.

Adicionalmente, os principais resultados denotam crescentes valores de RF_{max} com o avançar da maturidade, havendo diferenças significativas com grandes *effect sizes* entre todos os grupos: *Pre-PVA* vs. *Mid-PVA* ($34,02 \pm 2,20$ % vs $36,70 \pm 2,23$ %; $r = 0,50$; $P = <0,001$), *Pre-PVA* vs. *Post-PVA* ($34,02 \pm 2,20$ % vs. $39,59 \pm 2,04$ %; $r = 0,80$; $P = <0,001$), e *Mid-PVA* vs. *Post-PVA* ($36,70 \pm 2,23$ % vs. $39,59 \pm 2,04$ %; $r = 0,56$; $P = <0,001$).

Por fim, para a variável D_{RF} denotam-se diferenças significativas entre todos os grupos, *Pre-PVA* vs. *Mid-PVA* ($-7,58 \pm 0,87$ % vs. $-6,22 \pm 3,78$ %; $r = 0,30$; $P = <0,05$) com um *effect size* moderado, *Pre-PVA* vs. *Post-PVA* ($-7,58 \pm 0,87$ % vs. $-5,93 \pm 2,59$ %; $r = 0,61$; $P = 0,001$) com um *effect size* grande, e *Mid-PVA* vs. *Post-PVA* ($-6,22 \pm 3,78$ % vs. $-5,93 \pm 2,59$ %; $r = 0,37$; $P = <0,05$) com um *effect size* moderado.

Tabela 4- Comparação do PFV entre os grupos, *Pre-PVA*, *Mid-PVA* e *Post-PVA*. Os dados são apresentados em valores médios \pm DP. * Significativamente diferente do grupo *Mid-PVA*, $P < 0,05$. # Significativamente diferente do grupo *Post-PVA*, $P < 0,05$.

	Pre-PVA	Mid-PVA	Post-PVA
F_0 (N)	212,69 \pm 43,76 *#	314,60 \pm 51,12 #	395,84 \pm 64,20
F_0 (N/kg)	5,31 \pm 0,46 *#	5,71 \pm 0,50 #	5,99 \pm 0,42
V_0 (m/s)	6,82 \pm 0,71 *#	7,64 \pm 0,74 #	8,92 \pm 0,94
P_{max} (W)	356,26 \pm 81,41 *#	592,50 \pm 117,39 #	872,24 \pm 175,68
P_{max} (W/kg)	9,08 \pm 1,38 *#	10,93 \pm 1,56 #	13,35 \pm 1,70
<i>Slope</i> , (N/s/m)	-0,78 \pm 0,10 #	-0,75 \pm 0,09 #	-0,67 \pm 0,08

RF_{max} (%)	34,02 ± 2,20 *#	36,70 ± 2,23 #	39,59 ± 2,04
D_{RF} (%)	-7,58 ± 0,87 *#	-6,22 ± 3,78 #	-5,93 ± 2,59

Tabela 5- Magnitude dos efeitos (*d* e *r* de Cohen) correspondentes à comparação do PFV entre os grupos, Pre-PVA, Mid-PVA e Post-PVA.

	Pre-PVA vs. Mid-PVA	Pre-PVA vs. Post-PVA	Mid-PVA vs. Post-PVA
F_0 (N)	<i>d</i> = 2,20 (grande)	<i>d</i> = 3,33 (grande)	<i>d</i> = 1,35 (grande)
F_0 (N/kg)	<i>r</i> = 0,38 (moderado)	<i>r</i> = 0,65 (grande)	<i>r</i> = 0,27 (pequeno)
V_0 (m/s)	<i>r</i> = 0,47 (moderado)	<i>r</i> = 0,79 (grande)	<i>r</i> = 0,60 (grande)
P_{max} (W)	<i>d</i> = 2,48 (grande)	<i>d</i> = 3,77 (grande)	<i>d</i> = 1,77 (grande)
P_{max} (W/kg)	<i>d</i> = 1,28 (grande)	<i>d</i> = 2,76 (grande)	<i>d</i> = 1,47 (grande)
<i>Slope</i> , (N/s/m)	<i>r</i> = 0,14 (pequeno)	<i>r</i> = 0,52 (grande)	<i>r</i> = 0,40 (moderado)
RF_{max} (%)	<i>r</i> = 0,50 (grande)	<i>r</i> = 0,80 (grande)	<i>r</i> = 0,56 (grande)
D_{RF} (%)	<i>r</i> = 0,30 (moderado)	<i>r</i> = 0,61 (grande)	<i>r</i> = 0,37 (moderado)

Capítulo 5: Discussão de Resultados

Este capítulo discute os resultados alcançados.

O objetivo do presente estudo consistiu em caracterizar e comparar as variáveis do PFV horizontal em três grupos maturacionais distintos, utilizando uma metodologia proposta por Samozino et al. (2016).

Os principais resultados mostraram diferenças significativas entre grupos nas variáveis, F_0 absoluta (Pre-PVA vs. Mid-PVA ($d= 2,20$), Pre-PVA vs. Post-PVA ($d= 3,33$), Mid-PVA vs. Post-PVA ($d= 1,35$), F_0 relativa (Pre-PVA vs. Mid-PVA ($r= 0,38$), Pre-PVA vs. Post-PVA ($r= 0,65$), Mid-PVA vs. Post-PVA ($r= 0,27$), V_0 (Pre-PVA vs. Mid-PVA ($r= 0,47$), Pre-PVA vs. Post-PVA ($r= 0,79$), e Mid-PVA vs. Post-PVA ($r= 0,60$), P_{max} absoluta (Pre-PVA vs. Mid-PVA ($d= 2,48$), Pre-PVA vs. Post-PVA ($d= 3,77$), e Mid-PVA vs. Post-PVA ($d= 1,77$), P_{max} relativa (Pre-PVA vs. Mid-PVA ($d= 1,28$), Pre-PVA vs. Post-PVA ($d= 2,76$), e Mid-PVA vs. Post-PVA ($d= 1,47$), RF_{max} (Pre-PVA vs. Mid-PVA ($r= 0,50$), Pre-PVA vs. Post-PVA ($r= 0,80$), e Mid-PVA vs. Post-PVA ($r= 0,56$)) e D_{RF} (Pre-PVA vs. Mid-PVA ($r= 0,30$), Pre-PVA vs. Post-PVA ($r= 0,61$), e Mid-PVA vs. Post-PVA ($r= 0,37$)). Para a variável *Slope* (Pre-PVA vs. Post-PVA ($r= 0,52$), e Mid-PVA vs. Post-PVA ($r= 0,40$)), não se verificou diferenças significativas entre os grupos Pre-PVA vs. Mid-PVA. Estes resultados apoiam na generalidade a hipótese inicial, em que se esperava haver aumentos significativos em todas as variáveis com a maturação, desde o grupo Pre-PVA até ao Post-PVA.

Face à escassez de estudos relativos à caracterização do PFV no sprint de diversos grupos maturacionais, só nos foi possível comparar os nossos resultados com o estudo de Edwards et al. (2021), realizado com atletas de futebol australiano.

5.1. Força máxima teórica – F_0

O presente estudo evidenciou crescentes valores de F_0 absolutos e relativos com o avançar da maturidade. Comparativamente ao estudo de Edwards et al. (2021), foram verificados no presente estudo valores inferiores de F_0 absolutos (Pre-PVA: $212,69 \pm 43,76$ N vs. $342,70 \pm 65,85$ N; Mid-PVA: $314,60 \pm 51,12$ N vs. $399,88 \pm 62,85$ N; Post-PVA: $395,84 \pm 64,20$ N vs. $492,65 \pm 80,53$ N) e de F_0 relativos (Pre-PVA: $5,31 \pm 0,46$ N/kg vs. $7,25 \pm 0,70$ N/kg; Mid-PVA: $5,71 \pm 0,50$ N/kg vs. $7,50 \pm 0,92$ N/kg; Post-PVA: $5,99 \pm 0,42$ N/kg vs. $7,36 \pm 0,65$ N/kg). O estudo realizado por Edwards et al. (2021), denotou diferenças significativas entre os três grupos maturacionais apenas para a variável F_0 absoluta, tal como *effect sizes* pequenos (Pre-PVA vs. Mid-PVA), grandes (Pre-PVA vs. Post-PVA) e moderados (Mid-PVA vs. Post-PVA). Contrariamente, o presente estudo reporta diferenças significativas entre todos os grupos e efeitos grandes para todas as comparações na variável F_0 absoluta. Para a variável F_0 relativa, foram registadas diferenças

significativas entre todos os grupos e efeitos moderados, grandes e pequenos para as comparações, Pre-PVA vs. Mid-PVA, Pre-PVA vs. Post-PVA e Mid-PVA vs. Post-PVA, respetivamente.

Os valores inferiores de F_0 apresentados no grupo Pre-PVA comparativamente aos restantes dois grupos, podem ser explicados pelo facto de as crianças apresentarem uma menor massa muscular e uma inferior percentagem de fibras tipo II, comparativamente aos adultos, prejudicando a capacidade de produção de força (Radnor et al., 2018; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002).

No período alusivo ao PVA, o aumento de F_0 pode ter múltiplos fatores adjacentes: um aumento da hipertrofia muscular, aumento do número de fibras do tipo II, aumento da área de secção transversal e do ângulo de penação, havendo por parte destes uma relação íntima com a força produzida (Cormie et al., 2011; Radnor et al., 2020; Radnor et al., 2018; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002). Sucede-se inclusive, um desenvolvimento do *stiffness* e uma potenciação da pré ativação muscular e do reflexo de alongamento, potenciando os valores de força na fase concêntrica pela acumulação de energia elástica no tendão e pelo alongamento do musculo até zonas ótimas na fase excêntrica (Colyer et al., 2020; Meyers et al., 2017; Radnor et al., 2018; Rumpf et al., 2015; Rumpf et al., 2013; Tumkur Anil Kumar et al., 2021). Adicionando a estes fatores, refere-se um aumento da segregação de testosterona, que pode ocorrer um ano antes do PVA, podendo assim contribuir para o aumento da F_0 a partir do grupo Mid-PVA (Croix Mde, 2007; Round et al., 1999).

A existência de diferenças significativas entre os grupos Mid-PVA e Post-PVA, ancora num contínuo aumento de fatores musculares, neuromusculares e hormonais que contribuem para o pico do desenvolvimento de força que se desenrola após o PVA (Croix Mde, 2007; Meylan et al., 2014; Philippaerts et al., 2006; Radnor et al., 2020; Radnor et al., 2018; Round et al., 1999; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002). No entanto, a medida de *effect size* pequeno entre os grupos Mid-PVA e Post-PVA, pode indicar um período designado na literatura por *adolescent awkwardness*, que representa um período de controlo motor alterado, que resulta num controlo postural menos eficiente (Quatman-Yates et al., 2012). A existência ou não deste fenómeno é motivo de discordância entre inúmeros estudos, sendo que os que denotam a sua possível existência realçam várias causas tais como, a maturação incompleta dos mecanismos sensoriomotores na adolescência e a ocorrência, no período do PVA, de um rápido crescimento dos membros inferiores e posteriormente ao PVA de uma aceleração de crescimento do tronco (John et al., 2019; Quatman-Yates et al., 2012; Wachholz et al., 2020). Estes fatores podem levar a uma disrupção motora, comprometendo a coordenação e por sua vez a aplicação

eficaz de força, sobretudo em movimentos complexos como o sprint (Meylan et al., 2014; Rommers et al., 2019; Rumpf et al., 2015).

5.2. Velocidade máxima teórica – V_0

A análise da variável V_0 desenrolou-se num crescente com o avançar da maturidade, havendo diferenças significativas entre os grupos experimentais. Comparando os resultados obtidos no presente estudo com os do estudo de Edwards et al. (2021), os valores relativos ao grupo Pre-PVA ($6,82 \pm 0,71$ m/s vs. $7,54 \pm 0,68$ m/s) demonstraram-se inferiores, e os relativos ao grupo Mid-PVA ($7,64 \pm 0,74$ m/s vs. $7,50 \pm 0,60$ m/s) e ao grupo Post-PVA ($8,92 \pm 0,94$ m/s vs. $7,89 \pm 0,69$ m/s) foram superiores no presente estudo, respetivamente. Edwards et al. (2021) apenas observaram diferenças significativas entre os grupos Mid-PVA e Post-PVA e entre os grupos Pre-PVA e Post-PVA, com pequenos efeitos. Contrariamente, o nosso estudo demonstrou diferenças significativas entre todos os grupos, e efeitos grandes entre a maioria dos grupos, havendo apenas efeitos moderados entre os grupos Pre-PVA vs. Mid-PVA.

Anteriormente ao PVA, qualquer alteração positiva que possa ocorrer ao nível da V_0 pode ser explicada por um desenvolvimento neural espelhado numa aceleração da mielinização das fibras nervosas, contribuindo para uma velocidade de condução de impulsos elétricos mais elevada, e a frequência de passada, tendo esta um papel primordial no desenvolvimento da velocidade antes do PVA (Beunen & Malina, 1988; Hebestreit & Bar-Or, 2008; Kenney et al., 2008; Meyers et al., 2017; Philippaerts et al., 2006; Rumpf et al., 2015; Van Praagh & Dore, 2002). Porém, apesar destes progressos, diversos estudos registaram para este grupo maturacional, aumentos nos tempos de contacto e diminuições na frequência de passada, estabilizando-se estes por volta do período do PVA, não favorecendo uma aplicação e orientação de força de forma eficaz e veloz, podendo prejudicar a velocidade (Meyers et al., 2015; Rumpf et al., 2015).

A partir do grupo Mid-PVA, o contínuo aumento dos valores de V_0 pode ser atribuído ao aumento do comprimento de passada explicado pelo pico de velocidade de crescimento dos membros inferiores e pelo amadurecimento de fatores musculares (Beunen & Malina, 1988; Meyers et al., 2016; Radnor et al., 2020; Radnor et al., 2018; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002). Neste processo de desenvolvimento e maturação muscular, aponta-se o aumento do comprimento das miofibrilas como tendo um papel primordial na otimização da velocidade, conduzindo este a um maior número de sarcómeros dispostos em série, intensificando a velocidade de contração (Meyers et al., 2016; Radnor et al., 2020; Radnor et al., 2018; Tumkur

Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002). Além destes fatores, salientam-se também outros fatores neurais, como o aumento da mielinização das fibras nervosas, da coordenação e do *stiffness* muscular, uma diminuição da co-contracção e uma potenciação da pré-ativação muscular e do reflexo de alongamento, espelhando-se estes numa diminuição dos tempos de contacto e num aumento da frequência de passada, com consequentes aumentos da velocidade de deslocamento (Colyer et al., 2020; Cormie et al., 2011; Hebestreit & Bar-Or, 2008; Kenney et al., 2008; Meyers et al., 2017; Radnor et al., 2018; Rumpf et al., 2015; Rumpf et al., 2013; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002).

5.3. Potência máxima teórica – P_{max}

Relativamente às variáveis P_{max} absoluta e P_{max} relativa, foram verificadas diferenças significativas entre todos os grupos, cimentadas por grandes *effect sizes*. Comparativamente ao estudo de Edwards et al. (2021), o nosso estudo apresentou valores absolutos (Pre-PVA: $356,26 \pm 81,41$ W vs. 647.53 ± 1574.65 W; Mid-PVA: $592,50 \pm 117,39$ W vs. 750.87 ± 142.46 W; Post-PVA: $872,24 \pm 175,68$ W vs. 970.77 ± 178.06 W) e relativos (Pre-PVA: $9,08 \pm 1,38$ W/kg vs. 13.62 ± 1.59 W/kg; Mid-PVA: $10,93 \pm 1,56$ W/kg vs. 14.04 ± 2.06 W/kg; Post-PVA: $13,35 \pm 1,70$ W/kg vs. 14.50 ± 1.77 W/kg) inferiores de P_{max} , em todos os grupos experimentais. No entanto, contrariamente aos nossos resultados, Edwards et al. (2021) apenas salientaram diferenças significativas para a variável P_{max} absoluta, nos grupos Pre-PVA e Mid-PVA, em relação ao grupo Post-PVA, tal como *effect sizes* pequenos (Pre-PVA vs. Mid-PVA), moderados (Mid-PVA vs- Post-PVA) e grandes (Pre-PVA vs. Post-PVA) nesta variável.

Os valores mais reduzidos de P_{max} observados no grupo Pre-PVA, podem ser explicados por uma diminuta produção de força, por eventuais elevados tempos de contacto e uma menor frequência de passada, não favorecendo a eficaz aplicação de força, com consequência direta no desenvolvimento de potência muscular (Meyers et al., 2015; Radnor et al., 2018). No entanto, algumas alterações positivas que possam ocorrer na P_{max} no período Pre-PVA, podem dever-se a desenvolvimentos na velocidade, que acontecem nesta altura sobretudo em consequência da maturação de fatores neurais (Hebestreit & Bar-Or, 2008; Kenney et al., 2008; Ozmun et al., 1994; Rumpf et al., 2015; Van Praagh & Dore, 2002).

A partir do período Mid-PVA sucede-se um aumento nos valores de P_{max} , podendo estes estarem ancorados na otimização de fatores musculares e hormonais, que conduzem à intensificação da F_0 e da V_0 (Croix Mde, 2007; Kenney et al., 2008; Radnor et al., 2020; Radnor et al., 2018;

Round et al., 1999; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002). Juntado a estes fatores, constatam-se os fatores neurais que se encontram cada vez mais maturados, beneficiando a utilização do complexo músculo-tendinoso em ações explosivas que dependam do ciclo muscular alongamento-encurtamento (CMAE), como o sprint, com impacto positivo na potência desenvolvida (Colyer et al., 2020; Cormie et al., 2011; Hebestreit & Bar-Or, 2008; Kenney et al., 2008; Meyers et al., 2017; Radnor et al., 2018; Rumpf et al., 2015; Rumpf et al., 2013; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002).

Todos estes elementos amplificam os valores de P_{max} verificados após o PVA, visto que todos estes se exponenciam, coadjuvando o pico de desenvolvimento de potência que acontece após o PVA (Meylan et al., 2014; Philippaerts et al., 2006).

5.4. *Slope*

Para a variável *Slope*, os valores penderam-se menos acentuados para todos os grupos relativamente ao estudo de Edwards et al. (2021): Pre-PVA ($-0,78 \pm 0,10$ N/m/s vs. $-0,97 \pm 0,14$ N/m/s), Mid-PVA ($-0,75 \pm 0,09$ N/m/s vs. $-1,01 \pm 0,14$ N/m/s) e Post-PVA ($-0,67 \pm 0,08$ N/m/s vs. $-0,94 \pm 0,12$ N/m/s), respetivamente. Os nossos dados evidenciam diferenças significativas apenas entre os grupos Pre-PVA vs. Post-PVA e Mid-PVA vs. Post-PVA, com *effect sizes* grandes e moderados, respetivamente. Comparativamente, o estudo de Edwards et al. (2021) não demonstrou diferenças significativas, porém observou um efeito de magnitude pequena entre os grupos Mid-PVA vs. Post-PVA.

Estes resultados suportam um PFV mais orientado para a componente F_0 nos grupos Pre-PVA e Mid-PVA, em contraste com um PFV mais orientado para a V_0 no grupo Post-PVA. Após o PVA, este foco sobre a variável V_0 pode ser explicado por um lado por uma superior eficiência mecânica na produção de força no sentido do movimento e por uma superior manutenção dessa eficiência com o aumento da velocidade, contribuindo para o aumento da velocidade e da influência desta no PFV, e por outro lado pelo facto de o terreno de jogo e o tempo de jogo aumentarem de acordo com o avançar dos escalões de formação, estando assim os jogadores expostos a uma maior frequência e distância de *sprints*, atingindo velocidades máximas superiores e produzindo valores de força a velocidades superiores, favorecendo a componente de velocidade (Barbero-Alvarez et al., 2017; Goto et al., 2019). Em contraste, nos escalões inferiores, uma inferior eficiência mecânica e o facto do terreno de jogo ser de dimensões inferiores tal como o

tempo de jogo, os jogadores realizam menos *sprints*, sendo estes de distância mais curta, estando assim mais orientados para a variável de força (Barbero-Alvarez et al., 2017; Goto et al., 2019).

5.5. RF_{max}

Continuamente, para a variável RF_{max} o presente estudo evidenciou diferenças significativas ao longo dos três grupos maturacionais, com *effect sizes* grandes. Comparativamente ao estudo de Edwards et al. (2021), todos os grupos, Pre-PVA ($34,02 \pm 2,20\%$ vs. $0.41 \pm 0.02\%$), Mid-PVA ($36,70 \pm 2,23\%$ vs. $0.41 \pm 0.03\%$) e Post-PVA ($39,59 \pm 2,04\%$ vs. $0.42 \pm 0.02\%$), apresentaram valores superiores, respetivamente. Edwards et al. (2021) não denotaram diferenças significativas nem *effect sizes* relevantes.

Os resultados mais reduzidos registados antes do PVA, podem ter como fatores montantes os baixos valores de força que, juntamente com tempos de contacto elevados, frequências de passada inferiores e um menor desenvolvimento do sistema neuromuscular, não favorecem uma aplicação de força de forma eficaz (Meyers et al., 2015; Rumpf et al., 2015).

Com o avançar da maturação, é evidente um aumento da capacidade de produção de força e da eficiência na orientação da produção de força na direção horizontal, isto é, na direção da corrida. Esta eficiência pode ter sido alcançada por um superior desenvolvimento de numerosos mecanismos, nomeadamente do sistema neural, o aumento do *stiffness* e uma utilização do CMAE mais vantajosa, que em conjunto podem contribuir para um incremento da frequência de passada e uma diminuição dos tempos de contacto (Colyer et al., 2020; Kenney et al., 2008; Meyers et al., 2015; Meyers et al., 2017; Radnor et al., 2020; Radnor et al., 2018; Rumpf et al., 2015; Rumpf et al., 2013; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002).

5.6. D_{RF}

Por fim, para a segunda variável referente à eficiência mecânica, o D_{RF} , assinalaram-se valores percentuais menos negativos em todos os grupos maturacionais para o presente estudo, relativamente ao estudo de Edwards et al. (2021): Pre-PVA ($-7,58 \pm 0,87\%$ vs. $-9,16 \pm 1,39\%$), Mid-PVA ($-6,22 \pm 3,78\%$ vs. $9,48 \pm 1,32\%$) e Post-PVA ($-5,93 \pm 2,59\%$ vs. $-8,85 \pm 1,22\%$), respetivamente. O estudo realizado por Edwards et al. (2021) não denotou diferenças significativas entre

os três grupos maturacionais, porém registou um *effect size* pequeno entre os grupos Mid-PVA vs. Post-PVA. Contrariamente, o presente estudo reporta diferenças significativas entre todos os grupos com efeitos, moderados (Pre-PVA vs. Mid-PVA), grandes (Pre-PVA vs. Post-PVA) e moderados (Mid-PVA vs. Post-PVA).

O crescimento verificado do grupo Pre-PVA até ao grupo Mid-PVA, caracteriza-se por este último apresentar um desenvolvimento do sistema neuromuscular, podendo este contribuir para uma estabilização nos valores de tempo de contacto e de frequência de passada que se verifica no período do PVA, favorecendo assim uma aplicação de força de forma eficaz a velocidades elevadas (Colyer et al., 2020; Cormie et al., 2011; Hebestreit & Bar-Or, 2008; Kenney et al., 2008; Meyers et al., 2015; Meyers et al., 2017; Radnor et al., 2018; Rumpf et al., 2015; Rumpf et al., 2013; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002).

Uma menor perda de eficácia na aplicação de força após o PVA, pode ser sustentada pelo superior desenvolvimento do sistema neuromuscular, do *stiffness* e da utilização do CMAE, comparativamente aos restantes dois grupos, refletindo-se numa diminuição dos tempos de contacto, num aumento da frequência de passada e num aumento da eficiência na produção de força a velocidades elevadas (Colyer et al., 2020; Cormie et al., 2011; Hebestreit & Bar-Or, 2008; Kenney et al., 2008; Meyers et al., 2015; Meyers et al., 2017; Radnor et al., 2018; Rumpf et al., 2015; Rumpf et al., 2013; Tumkur Anil Kumar et al., 2021; Van Praagh & Dore, 2002).

Capítulo 6: Conclusões

Este capítulo apresenta as conclusões gerais desta investigação, com base nos resultados obtidos.

O presente estudo teve como objetivo caracterizar e comparar as variáveis do PFV horizontal em três etapas distintas do processo de maturação de jovens futebolistas.

Na generalidade, os resultados evidenciaram que a maioria das variáveis constituintes do PFV demonstram incrementos estatisticamente significativos com a maturação, assumindo preponderâncias particulares ao longo das diferentes etapas maturacionais. À exceção da variável *slope*, que só não demonstrou diferenças significativas entre os grupos Pre-PVA vs. Mid-PVA, todas as restantes variáveis registaram melhorias significativas ao longo de todo o processo de maturação, que foram acompanhadas por *effect sizes* de todos os espectros (grandes, médios e pequenos), desde a etapa Pre-PVA até à etapa Post-PVA.

Os atletas próximos do PVA demonstraram um desenvolvimento da F_0 , V_0 e P_{max} , expondo um PFV mais orientado para a força. Comparativamente, os atletas que já tinham ultrapassado o PVA, não exibiram um desenvolvimento tão substancial da F_0 , otimizando a P_{max} superiormente à custa da produção de força a velocidades superiores. No que concerne a eficiência mecânica, registou-se o seu aumento ao longo de todos os grupos maturacionais, com uma superior aplicação de F_0 na direção horizontal, tal como a sua manutenção com o aumento da velocidade de *sprint*.

No que concerne à aplicabilidade, todos estes dados indicam que as alterações maturacionais que ocorrem nas diversas componentes fisiológicas, favorecem uma evolução da performance em *sprint*. Este estudo, providencia dados referência para diferenciar atletas de formação praticantes da modalidade de futebol, pertencentes a níveis maturacionais distintos, tal como pretende incentivar e agregar a avaliação maturacional como mais uma ferramenta para treinadores, preparadores físicos e clubes caracterizarem e otimizarem, no processo formativo longo e complexo de seleção de talentos, as capacidades mais deficitárias de cada atleta através de métodos de treinos delineados para a F_0 ou para a V_0 .

Capítulo 7: Futuros estudos

Este capítulo apresenta sugestões para futuros estudos, dentro da presente temática.

Para futuras investigações, sugerimos:

- O incremento de estudos que se foquem na avaliação do PFV de *sprint*, em diversas modalidades, contextos competitivos, grupos maturacionais e em ambos os géneros, de modo transversal e longitudinal.
- A realização de comparações entre diversos estudos, com um intuito final de desenvolver PFV otimais, permitindo incrementar assim a eficácia da aplicação desta relação no treino de inúmeros atletas.
- Será igualmente interessante perceber se a formulação de perfis otimais de acordo com a idade maturacional do atleta (perfis otimais para cada grupo maturacional) será útil na prescrição de treino para atletas de formação.
- Por fim, será importante e interessante que futuros estudos comparem o efeito da idade relativa na performance e seleção de atletas de formação, com suporte da avaliação do PFV de *sprint*, para discriminar se existem diferenças significativas entre os atletas mais privilegiados em relação aos restantes.

Referências Bibliográficas

Este capítulo apresenta todas as referências que fundamentaram e suportaram este estudo.

- Alcazar, J., Csapo, R., Ara, I., & Alegre, L. M. (2019). On the Shape of the Force-Velocity Relationship in Skeletal Muscles: The Linear, the Hyperbolic, and the Double-Hyperbolic. *Frontiers in physiology*, *10*, 769. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00769>
- Altimari, J. M., Altimari, L. R., Bortolotti, H., Junior, A. F., Gabardo, J. M., Buzzachera, C. F., Frisselli, A., & de Moraes, A. C. (2021). The Relative Age Effect on Anthropometry, Body Composition, Biological Maturation and Motor Performance in Young Brazilian Soccer Players. *J Hum Kinet*, *77*, 147-157. <https://doi.org/10.2478/HUKIN-2021-0017>
- Baker, D. G., & Nance, S. (1999). The Relation Between Strength and Power in Professional Rugby League Players. *J Strength Cond Res*, *13*, 224-229.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*, *24*(7), 665-674. <https://doi.org/10.1080/02640410500482529>
- Barbero-Alvarez, J. C., Gomez-Lopez, M., Castagna, C., Barbero-Alvarez, V., Romero, D. V., Blanchfield, A. W., & Nakamura, F. Y. (2017). Game Demands of Seven-A-Side Soccer in Young Players. *J Strength Cond Res*, *31*(7), 1771-1779. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001143>
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *Int J Sports Med*, *35*(13), 1095-1100. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1375695>
- Beunen, G., & Malina, R. M. (1988). Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. *Exerc Sport Sci Rev*, *16*, 503-540. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3292266>
- Beunen, G. P., Rogol, A. D., & Malina, R. M. (2006). Indicators of biological maturation and secular changes in biological maturation. *Food Nutr Bull*, *27*(4 Suppl Growth Standard), S244-256. <https://doi.org/10.1177/15648265060274S508>
- Blix, M. (1892). Die Länge und die Spannung des Muskels. *Skandinavisches Archiv Für Physiologie*, *3*, 295-318. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1892.tb00660.x>
- Buchheit, M., Samozino, P., Glynn, J. A., Michael, B. S., Al Haddad, H., Mendez-Villanueva, A., & Morin, J. B. (2014). Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *J Sports Sci*, *32*(20), 1906-1913. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.965191>
- Bush, M., Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., & Bradley, P. S. (2015). Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Hum Mov Sci*, *39*, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.10.003>
- Cahill, M. J., Oliver, J. L., Cronin, J. B., Clark, K. P., Cross, M. R., & Lloyd, R. S. (2020). Influence of resisted sled-push training on the sprint force-velocity profile of male high school athletes. *Scand J Med Sci Sports*, *30*(3), 442-449. <https://doi.org/10.1111/sms.13600>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed. ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Colyer, S. L., Nagahara, R., Takai, Y., & Salo, A. I. T. (2020). The effect of biological maturity status on ground reaction force production during sprinting. *Scand J Med Sci Sports*, *30*(8), 1387-1397. <https://doi.org/10.1111/sms.13680>
- Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T., & McBride, J. M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Med Sci Sports Exerc*, *39*(2), 340-349. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000246993.71599.bf>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 1--biological basis of maximal power production. *Sports Med*, *41*(1), 17-38. <https://doi.org/10.2165/11537690-000000000-00000>
- Croix Mde, S. (2007). Advances in paediatric strength assessment: changing our perspective on strength development. *J Sports Sci Med*, *6*(3), 292-304. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24149415>

- Cronin, J. B., & Hansen, K. T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *J Strength Cond Res*, 19(2), 349-357. <https://doi.org/10.1519/14323.1>
- Cronin, J. B., & Sleivert, G. G. (2005). Challenges in Understanding the Influence of Maximal Power Training on Improving Athletic Performance. *Sports Med*, 35, 213-234.
- Delorme, N., Chalabaev, A., & Raspaud, M. (2011). Relative age is associated with sport dropout: evidence from youth categories of French basketball. *Scand J Med Sci Sports*, 21(1), 120-128. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01060.x>
- Devismes, M., Aeles, J., Philips, J., & Vanwanseele, B. (2021). Sprint force-velocity profiles in soccer players: impact of sex and playing level. *Sports Biomech*, 20(8), 947-957. <https://doi.org/10.1080/14763141.2019.1618900>
- Di Salvo, V., Baron, R., Gonzalez-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *J Sports Sci*, 28(14), 1489-1494. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.521166>
- Dimundo, F., Cole, M., Blagrove, R. C., McAuley, A. B. T., Till, K., & Kelly, A. L. (2021). Talent Identification in an English Premiership Rugby Union Academy: Multidisciplinary Characteristics of Selected and Non-selected Male Under-15 Players. *Front Sports Act Living*, 3, 688143. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.688143>
- Doncaster, G., Medina, D., Drobnic, F., Gomez-Diaz, A. J., & Unnithan, V. (2020). Appreciating Factors Beyond the Physical in Talent Identification and Development: Insights From the FC Barcelona Sporting Model. *Front Sports Act Living*, 2, 91. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.00091>
- Edwards, T., Weakley, J., Banyard, H. G., Cripps, A., Piggott, B., Haff, G. G., & Joyce, C. (2021). Influence of age and maturation status on sprint acceleration characteristics in junior Australian football. *J Sports Sci*, 39(14), 1585-1593. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1886699>
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci*, 30(7), 625-631. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.665940>
- Fernandez-Galvan, L. M., Boullosa, D., Jimenez-Reyes, P., Cuadrado-Penafiel, V., & Casado, A. (2021). Examination of the Sprinting and Jumping Force-Velocity Profiles in Young Soccer Players at Different Maturational Stages. *Int J Environ Res Public Health*, 18(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph18094646>
- Figueiredo, A. J., Goncalves, C. E., Coelho, E. S. M. J., & Malina, R. M. (2009). Characteristics of youth soccer players who drop out, persist or move up. *J Sports Sci*, 27(9), 883-891. <https://doi.org/10.1080/02640410902946469>
- Figueiredo, P., Seabra, A., Brito, M., Galvao, M., & Brito, J. (2021). Are Soccer and Futsal Affected by the Relative Age Effect? The Portuguese Football Association Case. *Front Psychol*, 12, 679476. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.679476>
- Folgado, H., Bravo, J., Quintas, A., Raimundo, A., & Goncalves, B. (2021). Relative Age Effect in Physical Fitness of South Portugal Students between 10 and 18 Years Old. *Int J Environ Res Public Health*, 18(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph18116092>
- Folgado, H. A., Caixinha, P. F., Sampaio, J., & Maças, V. (2006). Efeito da idade cronológica na distribuição dos futebolistas por escalões de formação e pelas diferentes posições específicas. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 6(3), 349-355. <https://doi.org/10.5628/rpcd.06.03.349>
- Frontera, W. R., & Ochala, J. (2015). Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcif Tissue Int*, 96(3), 183-195. <https://doi.org/10.1007/s00223-014-9915-y>
- Gil, S., Ruiz, F., Irazusta, A., Gil, J., & Irazusta, J. (2007). Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *J Sports Med Phys Fitness*, 47(1), 25-32. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17369794>

- Gil, S. M., Bidaurrezaga-Letona, I., Larruskain, J., Esain, I., & Irazusta, J. (2021). The relative age effect in young athletes: A countywide analysis of 9-14-year-old participants in all competitive sports. *PLoS One*, *16*(7), e0254687. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254687>
- Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *J Strength Cond Res*, *21*(2), 438-445. <https://doi.org/10.1519/R-19995.1>
- Goto, H., Morris, J. G., & Nevill, M. E. (2019). Influence of Biological Maturity on the Match Performance of 8- to 16-Year-Old, Elite, Male, Youth Soccer Players. *J Strength Cond Res*, *33*(11), 3078-3084. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002510>
- Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training Principles for Power. *Strength and Conditioning Journal*, *34*(6), 2-12. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826db467>
- Haff, G. G., & Stone, M. H. (2015). Methods of Developing Power With Special Reference to Football Players. *Strength and Conditioning Journal*, *37*(6), 2-16. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000153>
- Harris, G. R., Stone, M. H., O'bryant, H. S., Proulx, C., & Johnson, R. L. (2000). Short Term Performance Effects of High Power, High Force, or Combined Weigh" Training Methods. *J Strength Cond Res*, *14*, 1T 20.
- Haugen, T., & Buchheit, M. (2016). Sprint Running Performance Monitoring: Methodological and Practical Considerations. *Sports Med*, *46*(5), 641-656. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0446-0>
- Haugen, T., Tonnessen, E., Hisdal, J., & Seiler, S. (2014). The role and development of sprinting speed in soccer. *Int J Sports Physiol Perform*, *9*(3), 432-441. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0121>
- Haugen, T. A., Breitschadel, F., & Seiler, S. (2019). Sprint mechanical variables in elite athletes: Are force-velocity profiles sport specific or individual? *PLoS One*, *14*(7), e0215551. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215551>
- Haugen, T. A., Breitschadel, F., & Seiler, S. (2020). Sprint mechanical properties in soccer players according to playing standard, position, age and sex. *J Sports Sci*, *38*(9), 1070-1076. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1741955>
- Haugen, T. A., Tonnessen, E., & Seiler, S. K. (2012). The difference is in the start: impact of timing and start procedure on sprint running performance. *J Strength Cond Res*, *26*(2), 473-479. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318226030b>
- Hebestreit, H., & Bar-Or, O. (2008). Development of Maximal Anaerobic Performance: An Old Issue Revisited. In *The Young Athlete* (pp. 27-38).
- Henneman, E., & Olson, C. B. (1965). Relations between Structure and Function in the Design of Skeletal Muscles. *J Neurophysiol*, *28*, 581-598. <https://doi.org/10.1152/jn.1965.28.3.581>
- Henneman, E., Somjen, G., & Carpenter, D. O. (1965). Functional Significance of Cell Size in Spinal Motoneurons. *J Neurophysiol*, *28*, 560-580. <https://doi.org/10.1152/jn.1965.28.3.560>
- Hill, A. V. (1938). The Heat of Shortening and the Dynamic Constants of Muscle. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *126*(843), 136-195. <https://doi.org/10.1098/rspb.1938.0050>
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2005). Relationships between ground reaction force impulse and kinematics of sprint-running acceleration. *Journal of applied biomechanics*, *21* 1, 31-43.
- Jaric, S. (2015). Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-joint Maximum Performance Tasks. *Int J Sports Med*, *36*(9), 699-704. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1547283>

- Jimenez-Reyes, P., Garcia-Ramos, A., Cuadrado-Penafiel, V., Parraga-Montilla, J. A., Morcillo-Losa, J. A., Samozino, P., & Morin, J. B. (2019). Differences in Sprint Mechanical Force-Velocity Profile Between Trained Soccer and Futsal Players. *Int J Sports Physiol Perform*, *14*(4), 478-485. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0402>
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2016). Effectiveness of an Individualized Training Based on Force-Velocity Profiling during Jumping. *Front Physiol*, *7*, 677. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>
- Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., Garcia-Ramos, A., Cuadrado-Penafiel, V., Brughelli, M., & Morin, J. B. (2018). Relationship between vertical and horizontal force-velocity-power profiles in various sports and levels of practice. *PeerJ*, *6*, e5937. <https://doi.org/10.7717/peerj.5937>
- John, C., Rahlf, A. L., Hamacher, D., & Zech, A. (2019). Influence of biological maturity on static and dynamic postural control among male youth soccer players. *Gait Posture*, *68*, 18-22. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.10.036>
- Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res*, *18*(3), 675-684. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18<675:TOTLFT>2.0.CO;2)
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2008). Children and Adolescents in Sport and Exercise. In *Physiology of Sport and Exercise* (Sixth Edition ed.).
- Lockie, R. G., Murphy, A. J., Schultz, A. B., Jeffriess, M. D., & Callaghan, S. J. (2013). Influence of Sprint Acceleration Stance Kinetics on Velocity and Step Kinematics in Field Sport Athletes. *J Strength Cond Res*, *27*, 2494-2503.
- Los Arcos, A., Yanci, J., Mendiguchia, J., Salinero, J. J., Brughelli, M., & Castagna, C. (2014). Short-term training effects of vertically and horizontally oriented exercises on neuromuscular performance in professional soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*, *9*(3), 480-488. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0063>
- Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol*, *116*(6), 1091-1116. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6>
- Malina, R. M., & Bouchard, C. (1991). *Growth, maturation and physical activity*. Champaign (IL): Human Kinetics.
- Malina, R. M., Cumming, S. P., Kontos, A. P., Eisenmann, J. C., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2005). Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13-15 years. *J Sports Sci*, *23*(5), 515-522. <https://doi.org/10.1080/02640410410001729928>
- Malina, R. M., Eisenmann, J. C., Cumming, S. P., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2004). Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *Eur J Appl Physiol*, *91*(5-6), 555-562. <https://doi.org/10.1007/s00421-003-0995-z>
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *Br J Sports Med*, *49*(13), 852-859. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A., & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *J Strength Cond Res*, *16*(1), 75-82. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11834109>
- Mendiguchia, J., Edouard, P., Samozino, P., Brughelli, M., Cross, M., Ross, A., Gill, N., & Morin, J. B. (2016). Field monitoring of sprinting power-force-velocity profile before, during and after hamstring injury: two case reports. *J Sports Sci*, *34*(6), 535-541. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1122207>
- Mendiguchia, J., Samozino, P., Martinez-Ruiz, E., Brughelli, M., Schmikli, S., Morin, J. B., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Progression of mechanical properties during on-field

- sprint running after returning to sports from a hamstring muscle injury in soccer players. *Int J Sports Med*, 35(8), 690-695. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363192>
- Meyers, R. W., Oliver, J. L., Hughes, M. G., Cronin, J. B., & Lloyd, R. S. (2015). Maximal sprint speed in boys of increasing maturity. *Pediatr Exerc Sci*, 27(1), 85-94. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0096>
- Meyers, R. W., Oliver, J. L., Hughes, M. G., Lloyd, R. S., & Cronin, J. B. (2016). The Influence of Maturation on Sprint Performance in Boys over a 21-Month Period. *Med Sci Sports Exerc*, 48(12), 2555-2562. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001049>
- Meyers, R. W., Oliver, J. L., Hughes, M. G., Lloyd, R. S., & Cronin, J. B. (2017). New Insights into the Development of Maximal Sprint Speed in Male Youth. *Strength and Conditioning Journal*.
- Meylan, C. M., Cronin, J., Hopkins, W. G., & Oliver, J. (2014). Adjustment of measures of strength and power in youth male athletes differing in body mass and maturation. *Pediatr Exerc Sci*, 26(1), 41-48. <https://doi.org/10.1123/pes.2013-0029>
- Mil-Homens, P. (2015). Formas de Manifestação da Força. In P. Mil-Homens, P. P. Correia, & G. V. Mendonça (Eds.), *Treino da Força. Princípios Biológicos e Métodos de Treino* (Vol. 1, pp. 113-125). Edições FMH.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc*, 34(4), 689-694. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
- Morin, J. B., Bourdin, M., Edouard, P., Peyrot, N., Samozino, P., & Lacour, J. R. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *Eur J Appl Physiol*, 112(11), 3921-3930. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2379-8>
- Morin, J. B., Edouard, P., & Samozino, P. (2011). Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 43(9), 1680-1688. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318216ea37>
- Morin, J. B., Petrakos, G., Jimenez-Reyes, P., Brown, S. R., Samozino, P., & Cross, M. R. (2017). Very-Heavy Sled Training for Improving Horizontal-Force Output in Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(6), 840-844. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0444>
- Morin, J. B., & Samozino, P. (2016). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(2), 267-272. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>
- Morin, J. B., & Samozino, P. (2017). A spreadsheet for Sprint acceleration Force-Velocity-Power profiling. *JB Morin, PhD - Sport Science, Available from URL: https://jbmorin.net/2017/12/13/aspreadsheet-for-sprint-acceleration-force-velocity-powerprofiling/*.
- Morin, J. B., Samozino, P., Bonnefoy, R., Edouard, P., & Belli, A. (2010). Direct measurement of power during one single sprint on treadmill. *J Biomech*, 43(10), 1970-1975. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2010.03.012>
- Morin, J. B., & Seve, P. (2011). Sprint running performance: comparison between treadmill and field conditions. *Eur J Appl Physiol*, 111(8), 1695-1703. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1804-0>
- Mukund, K., & Subramaniam, S. (2020). Skeletal muscle: A review of molecular structure and function, in health and disease. *Wiley Interdiscip Rev Syst Biol Med*, 12(1), e1462. <https://doi.org/10.1002/wsbm.1462>
- Murtagh, C. F., Brownlee, T. E., O'Boyle, A., Morgans, R., Drust, B., & Erskine, R. M. (2018). Importance of Speed and Power in Elite Youth Soccer Depends on Maturation Status. *J Strength Cond Res*, 32(2), 297-303. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002367>
- Musch, J., & Grondin, S. (2021). Unequal Competition as an Impediment to Personal Development: A Review of the Relative Age Effect in Sport. *Developmental Review*, 21(2), 147-167. <https://doi.org/https://doi.org/10.1006/drev.2000.0516>

- Nikolaidis, P. T. (2012). Age-related differences in force-velocity characteristics in youth soccer. *Kinesiology, 44*, 130-138.
- Nuzzo, J. L., McBride, J. M., Cormie, P., & McCaulley, G. O. (2008). Relationship between countermovement jump performance and multijoint isometric and dynamic tests of strength. *J Strength Cond Res, 22*(3), 699-707. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816d5eda>
- Ostojic, S. M., Castagna, C., Calleja-Gonzalez, J., Jukic, I., Idrizovic, K., & Stojanovic, M. (2014). The biological age of 14-year-old boys and success in adult soccer: do early maturers predominate in the top-level game? *Res Sports Med, 22*(4), 398-407. <https://doi.org/10.1080/15438627.2014.944303>
- Ozmun, J. C., Mikesky, A. E., & Surburg, P. R. (1994). Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Med Sci Sports Exerc, 26*(4), 510-514. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8201908>
- Philippaerts, R. M., Vaeyens, R., Janssens, M., Van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., Bourgois, J., Vrijens, J., Beunen, G., & Malina, R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci, 24*(3), 221-230. <https://doi.org/10.1080/02640410500189371>
- Quatman-Yates, C. C., Quatman, C. E., Meszaros, A. J., Paterno, M. V., & Hewett, T. E. (2012). A systematic review of sensorimotor function during adolescence: a developmental stage of increased motor awkwardness? *Br J Sports Med, 46*(9), 649-655. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2010.079616>
- Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Saez-de-Villarreal, E., Couturier, A., Samozino, P., & Morin, J. B. (2015). Sprint mechanics in world-class athletes: a new insight into the limits of human locomotion. *Scand J Med Sci Sports, 25*(5), 583-594. <https://doi.org/10.1111/sms.12389>
- Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Myer, G. D., & Lloyd, R. S. (2020). The Influence of Maturity Status on Muscle Architecture in School-Aged Boys. *Pediatr Exerc Sci, 32*(2), 89-96. <https://doi.org/10.1123/pes.2019-0201>
- Radnor, J. M., Oliver, J. L., Waugh, C. M., Myer, G. D., Moore, I. S., & Lloyd, R. S. (2018). The Influence of Growth and Maturation on Stretch-Shortening Cycle Function in Youth. *Sports Med, 48*(1), 57-71. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0785-0>
- Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W. L., & Gill, N. D. (2010). Transference of Strength and Power Adaptation to Sports Performanc... Horizontal and Vertical Force Production. *Strength and Conditioning Journal, 32*, 100-106.
- Reynolds, J., Connor, M., Jamil, M., & Beato, M. (2021). Quantifying and Comparing the Match Demands of U18, U23, and 1ST Team English Professional Soccer Players. *Front Physiol, 12*, 706451. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.706451>
- Romero-Franco, N., Jimenez-Reyes, P., Castano-Zambudio, A., Capelo-Ramirez, F., Rodriguez-Juan, J. J., Gonzalez-Hernandez, J., Toscano-Bendala, F. J., Cuadrado-Penafiel, V., & Balsalobre-Fernandez, C. (2017). Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app: Comparison with existing reference methods. *Eur J Sport Sci, 17*(4), 386-392. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1249031>
- Rommers, N., Mostaert, M., Goossens, L., Vaeyens, R., Witvrouw, E., Lenoir, M., & D'Hondt, E. (2019). Age and maturity related differences in motor coordination among male elite youth soccer players. *J Sports Sci, 37*(2), 196-203. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1488454>
- Rosenthal, R. (1991). Defining Research Results. In R. Rosenthal (Eds.), *Meta-analytic procedures for social research. Applied Social Research Methods* (Vol. 6, pp.13-35). Newbury Park, CA: Sage Publications
- Round, J. M., Jones, D. A., Honour, J. W., & Nevill, A. M. (1999). Hormonal factors in the development of differences in strength between boys and girls during adolescence: a

- longitudinal study. *Ann Hum Biol*, 26(1), 49-62. <https://doi.org/10.1080/030144699282976>
- Rumpf, M. C., Cronin, J. B., Oliver, J., & Hughes, M. (2015). Kinematics and Kinetics of Maximum Running Speed in Youth Across Maturity. *Pediatr Exerc Sci*, 27(2), 277-284. <https://doi.org/10.1123/pes.2014-0064>
- Rumpf, M. C., Cronin, J. B., Oliver, J. L., & Hughes, M. G. (2013). Vertical and leg stiffness and stretch-shortening cycle changes across maturation during maximal sprint running. *Hum Mov Sci*, 32 4, 668-676.
- Runacres, A., Bezodis, N. E., Mackintosh, K. A., & McNarry, M. A. (2019). The reliability of force-velocity-power profiling during over-ground sprinting in children and adolescents. *J Sports Sci*, 37(18), 2131-2137. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1622316>
- Samozino, P., Morin, J. B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *J Biomech*, 41(14), 2940-2945. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>
- Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez de Villarreal, E., & Morin, J. B. (2016). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scand J Med Sci Sports*, 26(6), 648-658. <https://doi.org/10.1111/sms.12490>
- Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: citius or fortius? *Med Sci Sports Exerc*, 44(2), 313-322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>
- Stone, M. H., O'Bryant, H. S., McCoy, L., Coglianese, R., Lehmkuhl, M., & Schilling, B. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J Strength Cond Res*, 17(1), 140-147. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0140:pamsrd>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0140:pamsrd>2.0.co;2)
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The Importance of Muscular Strength: Training Considerations. *Sports Med*, 48(4), 765-785. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>
- Tumkur Anil Kumar, N., Oliver, J. L., Lloyd, R. S., Pedley, J. S., & Radnor, J. M. (2021). The Influence of Growth, Maturation and Resistance Training on Muscle-Tendon and Neuromuscular Adaptations: A Narrative Review. *Sports (Basel)*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/sports9050059>
- Turner, A. (2009). Training for power: principles and practice.
- Valente-Dos-Santos, J., Coelho, E. S. M. J., Severino, V., Duarte, J., Martins, R. S., Figueiredo, A. J., Seabra, A. T., Philippaerts, R. M., Cumming, S. P., Elferink-Gemser, M., & Malina, R. M. (2012). Longitudinal study of repeated sprint performance in youth soccer players of contrasting skeletal maturity status. *J Sports Sci Med*, 11(3), 371-379. <https://doi.org/http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24149342>
- Van Praagh, E., & Dore, E. (2002). Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med*, 32(11), 701-728. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232110-00003>
- Wachholz, F., Tiribello, F., Mohr, M., van Andel, S., & Federolf, P. (2020). Adolescent Awkwardness: Alterations in Temporal Control Characteristics of Posture with Maturation and the Relation to Movement Exploration. *Brain Sci*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/brainsci10040216>
- Ward, S. R., Winters, T. M., & Blemker, S. S. (2010). The architectural design of the gluteal muscle group: implications for movement and rehabilitation. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 40(2), 95-102. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3302>
- Wattie, N., Schorer, J., & Baker, J. (2015). The relative age effect in sport: a developmental systems model. *Sports Med*, 45(1), 83-94. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0248-9>