



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

Variabilidade e sinergia motora no lançamento livre de jovens basquetebolistas

Pedro Martins Leitão

Porto, 2024



FACULDADE DE DESPORTO
UNIVERSIDADE DO PORTO

Variabilidade e sinergia motora no lançamento livre de jovens basquetebolistas

Dissertação apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto com vista à obtenção do grau de Mestre em Treino Desportivo no ramo Treino de Alto Rendimento (Decreto-Lei nº 27/2021, de 13 de abril, que procede à sexta alteração ao Decreto-Lei nº 74/2006, de 24 de março), sob orientação do Professor Doutor Matheus Maia Pacheco e coorientação do Professor Doutor Eduardo Guimarães.

Pedro Martins Leitão

Porto, 2024

FICHA DE CATALOGAÇÃO

Leitão, P. (2024). *Variabilidade e sinergia motora no lançamento livre de jovens basquetebolistas*. Porto: P. Leitão. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Treino Desportivo no ramo Treino de Alto Rendimento, apresentada à Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Palavras-chave: VARIABILIDADE MOTORA, SINERGIAS, LANÇAMENTO, JOVENS ATLETAS, BASQUETEBOL.

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação exigiu um grande esforço, dedicação e investimento pessoal, mas concretizá-la não seria possível sem o auxílio, a colaboração e o apoio de várias pessoas e entidades, às quais estou extremamente agradecimento.

Ao Professor Doutor Matheus Maia Pacheco, orientador desta dissertação, agradeço por todo o acompanhamento, todos os esclarecimentos e toda a disponibilidade demonstrada em ajudar e em fazer parte desta importante fase na minha vida.

Ao Professor Doutor Eduardo Evaristo Guimarães, coorientador desta dissertação e principal impulsionador para a minha entrada nos caminhos da dissertação, ao qual agradeço todo o acompanhamento que me deu ao longo desta caminhada.

Ao meu colega e amigo Miguel Gomes Ferreira, companheiro desde o primeiro ano da licenciatura, coautor do artigo que compõe esta dissertação, agradeço por toda a ajuda prestada ao longo destes 5 anos, tal como todas as conversas, experiências, reflexões e partilhas de ideias para que esta experiência e este trabalho se tornassem o mais ricos possível.

Ao Engenheiro Pedro Filipe Pereira da Fonseca, do LABIOMEP, agradeço a ajuda fundamental no momento da recolha dos dados, tal como toda a disponibilidade e esclarecimentos prestados no manuseamento do software.

Aos meus familiares e amigos chegados, agradeço por toda a preocupação e incentivo dado ao longo desta caminhada.

À minha Inês, a melhor pessoa que podia pedir a meu lado, agradeço por toda a ajuda prestada, por estar sempre disponível para me auxiliar e por me incentivar a ser melhor e a nunca desistir, mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao meu irmão, agradeço por todo o apoio dado, mesmo estando longe.

Aos meus pais, agradeço por toda a ajuda, por toda a motivação dada, por todos os esforços e por todos sacrifícios que fizeram, que me permitiram concluir esta jornada.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE TABELAS.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XV
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	XVII
 CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL, OBJETIVOS E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO... 1	
INTRODUÇÃO GERAL	3
ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	9
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	10
 CAPÍTULO II – METODOLOGIA GERAL	15
METODOLOGIA GERAL.....	17
Amostra	17
Procedimentos	17
Análise de dados	18
Análise estatística.....	20
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
 CAPÍTULO III – ESTUDO EMPÍRICO	23
ARTIGO – THE IMPACT OF MOTOR VARIABILITY ON FREE THROW PERFORMANCE IN YOUNG BASKETBALL PLAYERS	25
ABSTRACT.....	27
INTRODUCTION.....	29
METHODS.....	32
Participants.....	32
Task, equipment, and procedures	32
Data analysis.....	34
Statistical analysis	35
RESULTS	36
DISCUSSION	38
CONCLUSIONS	41
REFERENCES.....	42

CAPÍTULO IV – SÍNTESE FINAL.....	47
CONCLUSÕES FINAIS.....	49
RECOMENDAÇÕES PARA OS TREINADORES	50
LIMITAÇÕES	51
DESAFIOS FUTUROS	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

ÍNDICE DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Estrutura da dissertação	9
---	---

CAPÍTULO III

Table 1. Descriptive statistics for age, basic anthropometrics, training experience, and free throw shooting performance of young selected and non-selected basketball players [Mann–Whitney U test (Z) and effect size (r)]	35
Table 2. Synergy index (position model) during free throw shooting of selected and non-selected young basketball players [Mann–Whitney U test (Z) and effect size (r)].....	36
Table 3. Synergy index (velocity model) during free throw shooting of selected and non-selected young basketball players [Mann–Whitney U test (Z) and effect size (r)].....	36
Table 4. Descriptive statistics for area, radial error and their covariation in area and performance in free throws of young selected and non-selected basketball players. [Mann–Whitney U test (Z) and effect size (r)].....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO III

Figure 1. Marker setup	32
-------------------------------------	----

RESUMO

Pouco se sabe sobre como a variabilidade motora influencia o resultado de um lance livre no basquetebol, embora esteja presente em quase todos os movimentos humanos. O objetivo desta dissertação foi comparar dois grupos de jovens jogadores de basquetebol de diferentes níveis de competência, em termos das suas sinergias motoras no lançamento livre no basquetebol. Nesta investigação participaram 31 jogadores de basquetebol do sexo masculino, que competiam no escalão Sub 14. Os atletas foram divididos em dois grupos, de acordo com o seu nível de competência: selecionados e não selecionados para uma equipa regional. A tarefa realizada consistia em lançar 10 lances livres enquanto os seus movimentos eram monitorizados por câmaras de captura de movimento. Os dados foram analisados e comparados entre os grupos para examinar as sinergias motoras e os padrões de compensação durante a execução do lance livre. Os resultados mostraram que não houve diferenças significativas entre os grupos em termos de padrões de compensação durante os lances livres, apesar da maior percentagem de lances livres dos jogadores selecionados. No entanto, os valores negativos observados na covariância da *performance* sugerem que os atletas covariaram os seus parâmetros de lançamento para manter a distância ao alvo no mínimo. Concluindo, os resultados evidenciam que tanto os jovens basquetebolistas selecionados como os não selecionados demonstraram padrões de movimento compensatórios ao longo da tarefa motora, de forma a otimizar a sua eficácia de lançamento da linha de lance livre.

PALAVRAS-CHAVE: VARIABILIDADE MOTORA, SINERGIAS, LANÇAMENTO, JOVENS ATLETAS, BASQUETEBOL.

ABSTRACT

Little is known about how motor variability influences the outcome of a free throw shot in basketball, although it is present in almost every human movement. The aim of this dissertation was to compare two groups of young basketball players of different skill levels in terms of their motor synergies in the basketball free throw. Thirty-one under 14 male basketball players participated in this research. The athletes were divided into two groups according to their skill level: selected and non-selected for a regional team. The task performed was to shoot 10 free throws while having their movements tracked by motion capture cameras. Data was analyzed and compared between groups to examine motor synergies and compensation patterns throughout free throw execution. The results showed that there were no significant differences between groups in terms of compensation patterns during free throws, in spite of the higher free throw shooting percentage of the selected players. However, the negative values observed in the covariance in performance suggest that athletes covaried their release parameters to maintain distance to the target to a minimum. In summary, the results highlight that both selected and non-selected young basketball players demonstrated compensatory movement patterns throughout the motor task in order to optimize their shooting effectiveness from the free throw line.

KEYWORDS: MOTOR VARIABILITY, SYNERGIES, THROW, YOUTH ATHLETES, BASKETBALL.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

cm	Centímetro ou <i>centimeter</i>
CEFADE	Comissão de Ética da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto
CIFI²D	Centro de Investigação, Formação, Intervenção e Inovação em Desporto
Corp	<i>Corporation</i>
DP	Desvio padrão
e.g.	Por exemplo ou <i>for example</i>
EUA	Estados Unidos da América
g	Grama ou <i>gram</i>
Hz	Hertz
IBM	<i>International Business Machines Corporation</i>
Inc.	<i>Incorporated business</i>
i.e.	Isto é ou <i>that is</i>
kg	Quilograma ou <i>kilogram</i>
LABIOMEPE	Laboratório de Biomecânica do Porto
Ltd	<i>Limited</i>
m	Metro ou <i>meter</i>
m/s	metro por segundo ou <i>meter per second</i>
n	número ou <i>number</i>
NY	<i>New York</i>
p	Valor de <i>p</i> ou <i>p value</i>
s	Segundo ou <i>second</i>
SD	<i>Standard deviation</i>
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
UCM	<i>Uncontrolled Manifold</i>
USA	<i>United States of America</i>
UK	<i>United Kingdom</i>

U14	<i>Under-14</i>
Z	<i>Mann-Whitney U test</i>
r	<i>Glass rank-biserial correlation coefficient</i>
%	Porcentagem ou <i>percentage</i>
=	igual a ou <i>equal to</i>
-	negativo ou <i>negative</i>
±	mais ou menos ou <i>plus or minus</i>
>	maior que ou <i>larger than</i>
<	menor que ou <i>smaller than</i>
*	asterisco ou <i>asterisk</i>
°	graus ou <i>degrees</i>

CAPÍTULO I

Introdução Geral, Objetivos e Estrutura da Dissertação

INTRODUÇÃO GERAL

Apesar de o basquetebol ser considerado uma modalidade coletiva técnica e taticamente complexa, o principal objetivo das equipas durante o jogo não poderia ser mais simples - concretizar mais pontos do que o adversário (Gryko et al., 2018). Para tal, é esperado que, independentemente da idade, os jogadores sejam capazes de executar diferentes tipos de lançamentos tendo em conta a distância a que estão do cesto, o tempo que resta de ataque ou a pressão defensiva a que estão sujeitos (Okazaki et al., 2015). Dependendo do nível de habilidade e, muitas vezes, da posição específica que ocupam dentro do campo, os jovens basquetebolistas tendem a apresentar eficácias de lançamento diferenciadas. Por exemplo, uns tornam-se peritos em concretizar lançamentos de 2 pontos e outros em converter triplos (i.e., lançamentos de 3 pontos). Contudo, à medida que o nível competitivo vai aumentando, mais difícil é manter níveis elevados de eficácia. Importa, por isso, que os jogadores desenvolvam o seu gesto técnico de lançamento desde cedo, por forma a serem o mais eficazes possível ao longo das suas carreiras desportivas (Cabarkapa et al., 2022).

Da panóplia de lançamentos existentes no basquetebol, o lançamento livre tem características peculiares. Isto deve-se ao facto de este ser executado após uma falta sofrida (normalmente em ato de lançamento), sem oposição e sempre à mesma distância do cesto, independentemente da posição, qualidade técnica ou escalão competitivo dos jogadores (Hudson, 1985; Pakosz et al., 2021). A eficácia deste lançamento é crucial visto que a margem de vitória num jogo de basquetebol pode ser bastante pequena e a conversão de um único lançamento livre pode fazer a diferença no resultado final (Pakosz et al., 2021). Aliás, este é o motivo pelo qual o lançamento livre é considerado um dos fatores mais determinantes para a vitória, sobretudo em jogos equilibrados (Csataljay et al., 2009). Dada a natureza repetitiva do lançamento livre, há até quem afirme que a sua eficácia depende maioritariamente da qualidade do lançador (Pakosz et al., 2021).

Tradicionalmente, os treinadores de basquetebol ensinam a técnica de lançamento aos seus jogadores com base num movimento padronizado (Wissel, 2011). Apesar disso, parece existir uma infinidade de técnicas de lançamento, visto que cada jogador aparenta possuir o seu próprio gesto técnico aquando do lançamento da bola ao cesto (França et al., 2021). Aliás, é bem provável que os treinadores mais experientes consigam identificar variações no padrão de movimento quando, em treino, o mesmo jogador realiza lançamentos consecutivos, por exemplo, da linha de lance livre. No entanto, ponderando as condições similares em que se executa este lançamento, coloca-se a questão, por que razão há tanta variação no resultado? Para responder a esta pergunta, urge analisar uma das características universais e intrínsecas nos movimentos do corpo humano, i.e., a variabilidade motora (Newell & Corcos, 1993). Este conceito refere-se às variações naturais nas posturas, nos movimentos e na atividade muscular durante a execução de tarefas motoras (Riley & Turvey, 2002).

A variabilidade motora é comumente vista como algo negativo e prejudicial, que deve ser minimizada para a otimização do desempenho desportivo (Sternad, 2018). De acordo com a literatura disponível (Schöllhorn et al., 2022; Cohen & Sternad, 2009), o domínio de uma habilidade motora e a diminuição na variabilidade advêm da prática sistemática. Nos treinos, a maioria dos basquetebolistas experimenta múltiplas rotinas de lance livre até conseguir gerar uma técnica de lançamento proficiente (Moradi, 2019). Assim sendo, os jogadores repetem sempre o mesmo movimento, automatizando a sua mecânica de lançamento, de modo a tornarem-se mais precisos e eficazes. Este é um dos motivos pelos quais os treinadores de basquetebol tendem a promover o desenvolvimento de uma rotina de lançamento livre muito própria, consistente e uniforme (Wissel, 2011). Contudo, mesmo no desporto de alto rendimento, com lançadores de excelência, a variabilidade motora nunca é totalmente eliminada (Cohen & Sternad, 2009).

Bernstein (1967) reportou que, na sua generalidade, as tarefas motoras contêm mais graus de liberdade do que os estritamente necessários, pelo que o resultado desejado pode ser alcançado de diversas formas. Na verdade, o autor

utilizava a expressão “repetição sem repetição” para se referir a ações nas quais várias tentativas (na mesma tarefa) resultavam em padrões de desempenho distintos (como é o caso do lançamento livre). Para Bernstein (1967), isto simbolizava um problema, daí ter formulado hipóteses sobre como o sistema nervoso conseguia funcionar com os graus de liberdade abundantes, de forma que estes não representassem um problema nas fases iniciais de um processo de aprendizagem motora (Vereijken, 2010). Sugeriu, por isso, que este processo se desenvolvia por etapas, sendo que na primeira se “congelavam” os graus de liberdade redundantes, na segunda eliminavam-se esses graus de liberdade “congelados” e, por fim, o sujeito aprendia a utilizar as forças externas em vez de as combater. Contudo, os estudos realizados por Latash (2000; 2010; 2012) reforçam a ideia de que algumas das premissas básicas de Bernstein parecem ser questionáveis. Considerando, por exemplo, a ideia de controlar um movimento com poucos graus de liberdade “congelados” ser mais fácil do que um objeto com todos os graus de liberdade livres para se moverem. Evitar o movimento de uma articulação não significa um controlo “mais fácil”, mas requer ajustes de comandos na articulação para garantir que esta não se move. Latash (2010) sugeriu uma alternativa, na qual o problema não consistia em eliminar os graus de liberdade aparentemente redundantes, mas sim em organizar todos os graus de liberdade, de forma que um desempenho adequado fosse combinado com a possibilidade de realizar outras tarefas e reagir rapidamente a perturbações inesperadas, comuns aos movimentos habituais. Deste modo, investigadores da área do controlo motor interpretam, atualmente, a variabilidade motora não como um incómodo, mas antes como uma janela para a organização do sistema do movimento humano em ação. Nesta perspetiva, a variabilidade pode representar um comportamento exploratório em direção a novas soluções, (Pacheco et al., 2019), capturar a estabilidade/instabilidade no sistema (Kelso, 2022), tal como fornecer informações sobre a interação dos graus de liberdade (Kelty-Stephen & Mangalam, 2022).

Seguindo esta linha de raciocínio, e dado que o sistema de movimento humano é extremamente redundante (ou abundante) (Latash, 2012), é crucial examinar o desempenho do lançamento livre no basquetebol, a pretexto de que

analisar a variabilidade pode demonstrar de que forma o sistema motor implementa estratégias compensatórias para manter a estabilidade de características essenciais no movimento. O princípio da abundância, descrito por Latash (2010), assume que, quando o sistema nervoso central encara um problema de redundância motora, ao invés de procurar uma solução única e ótima, o mesmo facilita inúmeras soluções que sejam igualmente capazes de resolver a tarefa. Esta ideia facilita a introdução de uma definição para a noção de sinergia motora, definição essa que permite identificar e quantificar sinergias. A definição de uma sinergia passa por uma organização neural que assegura a covariação entre variáveis elementares que estabilizam o valor ou perfil temporal das variáveis de desempenho (Latash, 2010). As variáveis elementares medem a produção de uma ação, enquanto as variáveis de desempenho medem o resultado da ação relevante para a tarefa (Bennett et al., 2024).

Visto que qualquer movimento é sistematicamente perturbado por limitações no seu ambiente, o sistema de movimento humano foi obrigado a desenvolver uma forma de ser suficientemente flexível para se ajustar a essas restrições, mas também suficientemente estável para estabilizar o desempenho (Robalo et al., 2021). Um método computacional para avaliar sinergias foi desenvolvido de acordo com a proposta de Scholz e Schöner (1999) e denominado de *“Uncontrolled Manifold”* (UCM). Este método assume que o controlador de um sistema atua num espaço de variáveis elementares. O mesmo organiza, nesse espaço, um subespaço (i.e., UCM) que corresponde a um valor desejado de uma variável de desempenho (Latash, 2010). Após selecionar um UCM, o controlador restringe a variabilidade dos elementos em direções “essenciais” que não pertençam ao UCM. Isto significa que o controlador permite que os elementos demonstrem uma variabilidade elevada (possuam mais liberdade), desde que não afete o valor desejado da variável (Latash et al., 2002). Por outras palavras, e segundo Latash (2010), as variáveis elementares covariam de forma que a variabilidade das métricas de desempenho seja mínima.

Numa ação de lançamento livre, por exemplo, há uma infinidade de parâmetros de lançamento que podem ser utilizados para este seja bem

sucedido. São inúmeras as associações de ângulos de articulações que permitem alcançar uma certa combinação de posição da bola e de velocidade de lançamento. O controlo de sinergias não é algo intrínseco a todos os movimentos humanos naturais, o que significa que pode ser aprendido e modificado (Robalo et al., 2021).

A variabilidade motora tem suscitado o interesse dos investigadores e alguns estudos com tarefas de lançamentos têm sido publicados (e.g., Cohen & Sternad, 2009; Cohen & Sternad, 2012; Bennett et al., 2024). Todavia, estes trabalhos integram participantes que realizaram (e aprenderam) uma tarefa nova durante um curto período de tempo (30 dias no máximo). Sabendo-se que os atletas estão sujeitos a longos períodos de prática para atingir os seus níveis de competência, fica a dúvida se o aumento nas estratégias “compensatórias” observado em estudos anteriores pode ser generalizado para os atletas. De facto, existem dinâmicas diferentes quando se analisa a variabilidade motora em estudos de aprendizagem motora (Latash, 2010). Os indivíduos podem convergir para soluções únicas (diminuindo estratégias compensatórias) após longos períodos de prática (e.g., Domkin et al., 2002; 2005). Essa convergência seria observada em situações nas quais a compensação não é necessária (i.e., habilidades fechadas), como é o caso dos lançamentos livres.

Segundo Pakosz et al (2021), o lançamento livre é uma atividade extremamente importante para o sucesso no basquetebol e, porventura, merecia destaque em pesquisas mais aprofundadas e inovadoras. Assim sendo, de forma a investigar os efeitos da variabilidade motora no lançamento livre, os participantes da presente dissertação só poderiam ser jogadores de basquetebol com anos acumulados de prática regular e sistemática. Para tal, os jovens basquetebolistas foram divididos em dois grupos de acordo com os seus níveis de competência (selecionados e não-selecionados) e as suas sinergias motoras no lançamento livre foram comparadas. Além disso, comparam-se ainda as estratégias compensatórias nos padrões de movimento e parâmetros de lançamento, que permitem manter estabilidade nos movimentos das mãos e no resultado do lançamento. O objetivo geral da presente dissertação foi investigar como a variabilidade motora influencia o resultado e o desempenho do

lançamento livre no basquetebol juvenil. Adicionalmente, pretendeu-se ajudar a melhorar o conhecimento sobre as estratégias compensatórias utilizadas pelos jovens basquetebolistas na execução de um lançamento livre.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação que se apresenta foi concebida de acordo com o modelo escandinavo, o qual pressupõe a inclusão de um ou mais artigos originais prontos para publicação em revistas indexadas com revisão por pares e, se possível, com fator de impacto. Assim, a presente dissertação divide-se em quatro capítulos fundamentais (Tabela 1). O Capítulo I apresenta a introdução geral, os principais propósitos da dissertação e a sua estrutura. O Capítulo II é dedicado à metodologia geral e descreve detalhadamente a amostra e os procedimentos utilizados na recolha de dados. O Capítulo III é composto por um estudo empírico, ao passo que o Capítulo IV diz respeito à síntese final, que engloba as conclusões finais, as limitações e os desafios futuros. As referências bibliográficas são apresentadas no final de cada capítulo, de acordo com as normas e orientações para a redação e apresentação de dissertações da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto.

Tabela 1. Estrutura da dissertação.

Capítulo I	Introdução geral, os objetivos e a estrutura da dissertação
Capítulo II	Metodologia geral
Capítulo III	Artigo empírico The impact of motor variability on free throw performance in young basketball players <i>Pedro Leitão, Miguel Ferreira, Pedro Fonseca, Eduardo Guimarães, Matheus Pacheco</i> <i>Artigo em submissão</i>
Capítulo IV	Síntese final

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bennett, T., Thomas, L., & Wilson, A. D. (2024). Affordances for throwing: An uncontrolled manifold analysis. *PLOS ONE*, 19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301320>

Bernstein, N. A. (1967). The co-ordination and regulation of movements.

Cabarkapa, D., Eserhaut, D. A., Fry, A. C., Cabarkapa, D. V., Philipp, N. M., Whiting, S. M., & Downey, G. G. (2022). Relationship between upper and lower body strength and basketball shooting performance. *Sports*, 10. <https://doi.org/10.3390/sports10100139>

Cohen, R. G., & Sternad, D. (2009). Variability in motor learning: Relocating, channeling and reducing noise. *Experimental Brain Research*, 193, 69–83. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1596-1>

Cohen, R. G., & Sternad, D. (2012). State space analysis of timing: Exploiting task redundancy to reduce sensitivity to timing. *Journal of Neurophysiology*, 107, 618–627. <https://doi.org/10.1152/jn.00568.2011>

Csataljay, G., O'Donoghue, P., Hughes, M., & Dancs, H. (2009). Performance indicators that distinguish winning and losing teams in basketball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9, 60–66. <https://doi.org/10.1080/24748668.2009.11868464>

Domkin, D., Laczko, J., Djupsjöbacka, M., Jaric, S., & Latash, M. L. (2005). Joint angle variability in 3D bimanual pointing: uncontrolled manifold analysis. *Experimental Brain Research*, 163, 44–57. <https://doi.org/10.1007/s00221-004-2137-1>

Domkin, D., Laczko, J., Jaric, S., Johansson, H., & Latash, M. L. (2002). Structure of joint variability in bimanual pointing tasks. *Experimental Brain Research*, 143, 11–23. <https://doi.org/10.1007/s00221-001-0944-1>

- França, C., Gomes, B. B., Gouveia, É. R., Ihle, A., & Coelho-E-silva, M. J. (2021). The jump shot performance in youth basketball: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063283>
- Gryko, K., Mikołajec, K., Maszczyk, A., Cao, R., & Adamczyk, J. G. (2018). Structural analysis of shooting performance in elite basketball players during FIBA EuroBasket 2015. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18, 380–392. <https://doi.org/10.1080/24748668.2018.1479923>
- Hudson, J. L. (1985). Prediction of basketball skill using biomechanical variables. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56, 115–121. <https://doi.org/10.1080/02701367.1985.10608445>
- Kelso, J. A. S. (2022). On the coordination dynamics of (animate) moving bodies. *Journal of Physics: Complexity*, 3. <https://doi.org/10.1088/2632-072X/ac7caf>
- Kelty-Stephen, D. G., & Mangalam, M. (2022). Turing’s cascade instability supports the coordination of the mind, brain, and behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104810>
- Latash, M. (2000). There is no motor redundancy in human movements. There is motor abundance. *Motor Control*, 4, 259–261.
- Latash, M. L. (2010). Stages in learning motor synergies: A view based on the equilibrium-point hypothesis. *Human Movement Science*, 29, 642–654. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2009.11.002>
- Latash, M. L. (2012). The bliss (not the problem) of motor abundance (not redundancy). *Experimental Brain Research*, 217, 1–5. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3000-4>
- Latash, M. L., Scholz, J. P., & Schöner, G. (2002). Motor control strategies revealed in the structure of motor variability. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 30(1), 26–31. www.acsm-essr.org

Moradi, J. (2019). Benefits of a guided motor-mental preperformance routine on learning the basketball free throw. *Perceptual and Motor Skills*, 127, 248–262. <https://doi.org/10.1177/0031512519870648>

Newell, K. M., & Corcos, D. M. (1993). Issues in variability and motor control.

Okazaki, V. H. A., Rodacki, A. L. F., & Satern, M. N. (2015). A review on the basketball jump shot. *Sports Biomechanics*, 14, 190–205. <https://doi.org/10.1080/14763141.2015.1052541>

Pacheco, M. M., Lafe, C. W., & Newell, K. M. (2019). Search strategies in the perceptual-motor workspace and the acquisition of coordination, control, and skill. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01874>

Pakosz, P., Domaszewski, P., Konieczny, M., & Bączkiewicz, D. (2021). Muscle activation time and free-throw effectiveness in basketball. *Scientific Reports*, 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87001-8>

Riley, M. A., & Turvey, M. T. (2002). Variability and determinism in motor behavior. *Journal of Motor Behavior*, 34, 99–125. <https://doi.org/10.1080/00222890209601934>

Robalo, R., Diniz, A., Milho, J., Pitacas, P., & Passos, P. (2021). Are synergies continuously present in cyclical movements? An example with the basketball dribble task. *Human Movement Science*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2021.102883>

Schöllhorn, W. I., Rizzi, N., Slapšinskaitė-Dackevičienė, A., & Leite, N. (2022). Always pay attention to which model of motor learning you are using. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020711>

Scholz, J. P., & Schöner, G. (1999). The uncontrolled manifold concept: Identifying control variables for a functional task. *Experimental Brain Research*, 126, 289–306. <https://doi.org/10.1007/s002210050738>

Sternad, D. (2018). It's not (only) the mean that matters: variability, noise and exploration in skill learning. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 20, 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2018.01.004>

Vereijken, B. (2010). The Complexity of childhood development: variability in perspective. *Physical Therapy*, 90(12), 1850–1859. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100019>

Wissel, H. (2011). *Basketball: Steps to success*. Human Kinetics.

CAPÍTULO II

Metodologia Geral

METODOLOGIA GERAL

Amostra

A amostra da presente dissertação foi constituída por 31 jovens basquetebolistas, do sexo masculino, com 13.33 ± 0.61 anos de idade e 5.42 ± 2.13 anos de prática formal de basquetebol, pertencentes a 11 clubes da Associação de Basquetebol do Porto. Os jogadores foram divididos em dois grupos, de acordo com a seleção feita pela equipa técnica da Associação de Basquetebol do Porto para integrar a equipa regional de Sub14, que competiu, em 2016, no Campeonato Nacional Interassociações: 11 selecionados e 20 não-selecionados. O estudo foi aprovado pelo Comissão de Ética da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto (CEFADE 13.2017). A Associação de Basquetebol do Porto deu permissão formal para a recolha de dados e foi obtido um consentimento informado por escrito dos pais ou tutores legais, tal como consentimento individual de cada participante.

Procedimentos

Previamente à análise cinemática, foram obtidos dados relativos à antropometria e à experiência de treino dos jovens atletas. A altura (cm) foi medida com os participantes descalços e com a cabeça dos mesmos posicionada no plano de *Frankfurt* utilizando um estadiómetro *Harpender* (Holtain Ltd., Crymych, Reino Unido) com uma precisão de 0.1 cm. A massa corporal (kg) foi obtida utilizando uma balança de bioimpedância (Tanita®BC-418MA, Tanita Corp., Tóquio, Japão) com uma precisão de 100 g. Ambas as medições foram feitas de acordo com os protocolos do *International Working Group on Kinanthropometry* (Ross & Marfell-Jones, 1995). A experiência de treino, expressa em anos acumulados de prática formal de basquetebol, foi obtida através de um questionário de autopreenchimento e validada a partir do registo histórico de inscrições, disponível no *website* oficial da Federação Portuguesa de Basquetebol (<http://www.fpb.pt>).

De seguida, os jovens basquetebolistas foram encaminhados para o laboratório, onde um sistema de análise de movimento de 12 câmaras (Qualisys AB, Gothenburg, Sweden), operando a uma frequência de 200 Hz, estava programado para captar dados tridimensionais cinemáticos do movimento do lançamento livre. Foram colocados marcadores retrorrefletores nos participantes para registar o movimento da tarefa. Os 11 jogadores selecionados foram modelados com uma configuração de marcadores de corpo inteiro, ao passo que os 20 jogadores não-selecionados utilizaram uma versão reduzida da configuração de marcadores, i.e., sem membros inferiores.

A configuração dos marcadores seguiu um modelo de marcha convencional modificado, permitindo a medição do movimento com 6 graus de liberdade. Para tal, os marcadores foram colocados em vários pontos de referência anatómicos. A tabela de basquetebol e o aro foram modelados com quatro marcadores cada. A bola foi completamente coberta por uma fita retrorrefletora, tornando-a, deste modo, um único marcador do ponto de vista do sistema de captura de movimento.

Uma vez equipados, os participantes foram instruídos a realizar 10 lançamentos livres. A tarefa foi realizada no laboratório, onde foi colocada uma tabela com dimensões de acordo com as regras oficiais da Federação Internacional de Basquetebol. O tempo entre lançamentos foi cerca de 10 s e correspondeu ao tempo necessário para o investigador passar a bola de volta para o jogador que lançou e para o sistema de rastreio reiniciar. Foram registados lançamentos marcados e falhados, para calcular uma percentagem individual de lance livre, que foi utilizada como uma métrica de desempenho de lançamento.

Análise de dados

Após a identificação dos marcadores no *Qualisys Track Manager Software* (Qualisys, Inc., Gothenburg, Suécia), os dados foram exportados para o *Visual 3D Software* (C-motion, Germantown, MD, EUA). O lançamento livre foi

segmentado ao serem identificados três eventos críticos: (i) *START*: o instante em que o centro de massa estava na posição mais baixa; (ii) *RELEASE*: o instante em que a bola saiu da mão, identificado como o instante em que a velocidade da distância entre a bola e a mão foi alterada em 0.05 m/s; (iii) *POINT*: o instante em que o valor da altura da bola atingiu (de maior para menor) a altura do aro, ou a bola certou na tabela ou no aro. Após a identificação destes eventos, foram calculadas as variáveis dependentes do presente estudo.

Para calcular o grau de compensação apresentado pelos jovens basquetebolistas nos seus padrões de movimento para manter a trajetória da mão, foi realizada uma análise de UCM (Scholz & Schoner, 1999) utilizando a abordagem de regressão múltipla (Freitas et al., 2019; Tuitert et al., 2019). A análise UCM separa a forma como as variáveis elementares variam sem alterar (espaço não controlado) ou modificando (espaço ortogonal) a variável de interesse. Deste modo, normalizou-se no tempo o movimento das articulações e dos segmentos para cada tentativa de 0% a 120% do lançamento, considerando o 0% como o início e o 100% como o lançamento (instante em que a bola sai das mãos). O movimento da mão foi selecionado como variável de interesse (na medida em que se relaciona com a trajetória da bola) e a flexão/extensão do cotovelo, a pronação/supinação do antebraço, a flexão/extensão do ombro, a abdução/adução do ombro, a rotação interna/externa do úmero de ambos os membros superiores como variáveis elementares. Como movimento da mão, considerou-se a posição e a velocidade médias de ambas as mãos. Para cada décimo de percentagem de posição e velocidade ao longo do tempo (i.e., 0%, 10%, 20%, ..., 120%). Os ângulos das articulações e as velocidades angulares (nos mesmos pontos de tempo; e.g., 0%, 10%, 20%, ...) foram considerados como variáveis elementares para a posição e velocidade da mão, respetivamente. O valor de compensação foi considerado como o rácio entre a variabilidade não controlada e a variabilidade ortogonal (o índice de sinergia).

De seguida, realizou-se o método de permutação descrito por Cohen e Sternad (2009) para analisar se os basquetebolistas estavam a demonstrar padrões de compensação nos seus parâmetros de lançamento para encestar a bola. Neste método, o desempenho real é avaliado em comparação com o

desempenho médio gerado através da permutação dos parâmetros de lançamento (mais de 1000 permutações). O desempenho foi considerado em termos de área de lançamento no plano x e y (não considerando a vertical), calculada como a elipse contendo pelo menos 85% da distribuição dos lançamentos, tal como em termos de distância absoluta ao centro do aro no plano x e y. Os parâmetros de lançamento foram os três parâmetros de posição e os três parâmetros de velocidade da bola no momento do lançamento. Todo o processamento foi realizado no *Matlab 2024a* (Mathworks, EUA).

Análise estatística

As estatísticas descritivas foram apresentadas sob a forma de médias e desvios padrão (Média $\pm$ DP). Foram efetuadas todas as verificações de normalidade e a maioria das variáveis desviou-se significativamente de uma distribuição normal. Assim, os dados foram analisados recorrendo a procedimentos estatísticos não paramétricos. O teste *U* de *Mann-Whitney* foi utilizado para comparar os grupos. A magnitude de efeito *r* foi calculada como uma medida da magnitude do efeito e interpretada da seguinte forma: 0.10 (pequena), 0.30 (média) e 0.50 (grande) (Cohen, 1992). Todas as análises de dados foram realizadas utilizando o IBM SPSS 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA), e o nível de significância foi fixado em 5%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Current Directions in Psychological Science*, 1, 98–101. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10768783>
- Cohen, R. G., & Sternad, D. (2009). Variability in motor learning: Relocating, channeling and reducing noise. *Experimental Brain Research*, 193, 69–83. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1596-1>
- Freitas, S. M. S. F., de Freitas, P. B., Lewis, M. M., Huang, X., & Latash, M. L. (2019). Quantitative analysis of multi-element synergy stabilizing performance: comparison of three methods with respect to their use in clinical studies. *Experimental Brain Research*, 237, 453–465. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5436-7>
- Ross, W. D., & Marfell-Jones, R. J. (1995). Cineantropometria. In Duncan J., MacDougall H., Wenger A., & Green H. J. (Eds.), *Evaluación fisiológica del deportista*.
- Scholz, J. P., & Schöner, G. (1999). The uncontrolled manifold concept: Identifying control variables for a functional task. *Experimental Brain Research*, 126, 289–306. <https://doi.org/10.1007/s002210050738>
- Tuitert, I., Valk, T. A., Otten, E., Golenia, L., & Bongers, R. M. (2019). Comparing different methods to create a linear model for uncontrolled manifold analysis. *Motor Control*, 23, 189–204. <https://doi.org/10.1123/mc.2017-0061>

CAPÍTULO III

Estudo Empírico

Artigo

***The impact of motor variability on free throw performance in young
basketball players***

Pedro Leitão^a, Miguel Ferreira^a, Pedro Fonseca^b, Eduardo Guimarães^a,
Matheus Pacheco^a

^aCIFI2D, Faculty of Sport, University of Porto, Porto, Portugal

^bLABIOMEPE, Faculty of Sport, University of Porto, Porto, Portugal

Artigo em submissão

ABSTRACT

Although motor variability is present in almost every human movement, little is known about its impact on free throw success in basketball. Therefore, we compared two groups of basketball players of different skill levels in terms of their motor synergies in the basketball free throw. We compared athletes regarding their movement patterns and release parameters compensatory strategies to maintain hand motion and shot outcome, respectably, stable. Thirty-one under-14 male basketball players were assigned into two groups (selected and non-selected). Players performed 10 free throws while having their movements tracked by motion capture cameras. Data was analyzed and compared between groups to examine motor synergies and compensation patterns throughout task execution. Results showed no significant differences between groups in terms of compensation patterns during free throws, despite the higher free throw shooting percentage of the selected players. However, the negative values observed in the covariance in performance suggest that athletes covaried their release parameters to maintain distance to the target to a minimum. In conclusion, our results highlight that both selected and non-selected young basketball players demonstrated compensatory movement patterns throughout the motor task in order to optimize their shooting effectiveness from the free throw line.

Keywords: motor variability; free throw, synergies; young players; basketball.

INTRODUCTION

Basketball is a team invasion sport with a fast pace given the continuous transitions between offense and defense (Alemdaroğlu, 2012). Shot attempts are usually made under high defensive pressure since the shooter has to avoid the opposition defensive actions through running, jumping, and modifying throwing movement pattern. On this basis, it makes sense that available research on basketball statistics widely recognizes that free throws are crucial to win games, especially the close ones (Sampaio & Janeira, 2003). Free throws are important scoring attempts that can offer teams decisive points after a foul. Since it is an unguarded shot invariably performed at the same distance from the basket (i.e., a “closed skill”) (Schmidt et al., 2018), its effectiveness majorly depends on the shooter’s skill.

Although coaches teach a believed proper shooting mechanics based on a reference movement pattern, the truth is that a wide range of shooting techniques exist to the point that each player seems to demonstrate a unique shooting form (França et al., 2021). In fact, even within an athlete attempting to perform the same movement pattern for subsequent shots, his/her movement pattern can vary considerably. So, why is there such substantial intra-individual variation in the outcome? The answer to this question relies on one of the ubiquitous features in human movements, namely, motor variability (Newell & Corcos, 1993). This concept refers to the observed natural variation (inherent variability) in postures, movements, muscle activity (that goes up to neuronal signaling) while performing motor tasks (for a comprehensive discussion, see Riley & Turvey, 2002).

It is a long-held assumption that practicing a skill will eventually reduce variability, although extinguishing it seems impossible even for expert players (Marineau et al., 2024). Motor variability has been traditionally interpreted as an issue (or noise) that must be minimized for optimal performance (Riley & Turvey, 2002; Sternad, 2018). In order to optimize their accuracy, players would need to be consistent in their shooting motion. This is the reason why basketball coaches tend to emphasize a consistent and uniform free throw routine (Wissel, 2011). By

practicing their routine multiple times, players may develop their own shooting technique and reduce the variability in this specific movement (see Schöllhorn et al., 2022 for a review on the repetitive training routine).

Since the advance of the dynamical systems' view on motor behavior (Kugler et al., 1980; Kelso, 1995), motor control researchers now understand variability not as a nuisance, but rather as a window into the human movement system organization in action. In this perspective, variability might represent exploratory behavior towards new solutions (Pacheco et al., 2019), capture the stability/instability in the system (Kelso, 2022), as well as provide cues on how the many degrees of freedom of the system interact (Kelty-Stephen & Mangalam, 2022) (see Vereijken, 2010 for an early consideration on the issue).

Of importance in analyzing the basketball free throw performance, variability analyses had revealed how the motor system implements compensatory strategies to maintain stability of key features in the movement (Schöner, 1995; Latash et al., 2002). The human movement system is massively redundant (or abundant) (Latash, 2012). There are always many different ways of solving any particular movement task since the motor system contains more degrees of freedom than are strictly required. In a shooting motion, infinite combinations of ball-release parameters could be employed to reach the target, with infinite combinations of joint angles to achieve a certain ball position and velocity release combination. It has been reported that in the presence of redundancy, the system seems to demonstrate compensation in a given movement variable for undesired fluctuations in another one – suppressing undesired variability on motor performance (see Latash et al., 2002). The phenomenon of maintaining a given variable stable (e.g., performance) through compensatory variability in other levels (e.g., movement parameters) has been called “synergies” in the literature (Latash et al., 2007, see also Bruton & O'Dwyer, 2018).

Motor variability has become a point of interest with several studies being conducted in throwing tasks (e.g., Cohen & Sternad, 2009; Cohen & Sternad, 2012; Bennett et al., 2024). In these studies, however, participants performed

(and learned) a novel task for a short period of time (15 days maximum). Considering that athletes take long periods of practice to achieve their skill level, we question whether this increase in “compensatory” strategies observed in previous studies can be generalized to young athletes. Indeed, different dynamics exist when analyzing motor variability in motor learning studies (Latash, 2010). Individuals might converge to single solutions (decreasing compensatory strategies) after long periods of practice (e.g., Domkin et al., 2002; 2005). Such convergence would be observed in situations where compensation is not required (closed skills) as is the case for free throws.

We agree with Pakosz et al. (2021) in that the free throw remains a crucial activity in basketball that requires further and innovative research. This is the case as a need to better understand the game skill specifically, but also as a model task to understand high-skill level in a closed-skill situation. With that being said, in the present study, we investigated differences in motor variability in basketball free throw shooting in basketball players with years of formal practice. We compared athletes of different skill levels to understand how differences in skill level related to compensatory movement strategies (variability) in the free throw shot.

It is important to note that, as for any movement skill there are many levels of control involved (e.g., muscle activity, kinetics, kinematics), throwing skills have been analyzed in terms of two levels of potential compensatory movements at least. These are (i) the release parameters compensating for a final ball location (i.e., reaching the target) (e.g., Cohen & Sternad, 2009; Nakano et al., 2022; Verhoeven & Newell, 2016) and (ii) the joint angles compensating for hand trajectory stability (e.g., Bennett et al., 2024; Yang & Scholz, 2005). Following these, we also applied compensatory analyses in both levels of analysis. Such analysis is required given the different levels provide complementary information (for applied and basic research) and do not necessarily follow the same dynamics (e.g., Gorniak et al., 2007). Based on previous findings (e.g., Cohen & Sternad, 2009; Nakano et al., 2022), we hypothesize that the selected players will compensate the release parameter variables in ways that may optimize the outcome of the shot, being more efficient when contrasted with their non-selected

peers. Additionally, following Bennett et al. (2024), we expect more compensatory movements through the free throw execution to maintain hand motion stable for selected players.

METHODS

Participants

Thirty-one adolescent male basketball players (aged 13.33 ± 0.61 years; 5.42 ± 2.13 years of formal basketball training), belonging to 11 clubs in the Porto metropolitan area, northern Portugal, participated in this study. The players were assigned into two groups according to the selection made by the coaching staff of the Porto Basketball Association to integrate the under-14 regional team that competed in the 2016 Portuguese Inter-Associations National Championship: 11 selected and 20 non-selected basketball players. This study was approved by the Ethics Committee of the lead institution (CEFADE 13.2017). The Porto Basketball Association gave formal permission for data collection and written informed consent was obtained from parents or legal guardians as well as individual assent from each participant.

Task, equipment, and procedures

Before the kinematic analysis, players' anthropometric and training data were obtained. Height was measured without shoes and with the participant's head positioned in the Frankfurt plane using a Harpenden stadiometer (Holtain Ltd., Crymych, UK) with a precision of 0.1 cm. Body mass was obtained using a bio-impedance scale (Tanita®BC-418MA, Tanita Corp., Tokyo, Japan) with a precision of 100 g. Both measurements were taken following the International Working Group on Kinanthropometry protocols (Ross & Marfell-Jones, 1995). Training experience, expressed as accumulated years of formal basketball training, was obtained from self-report questionnaires and validated against registration histories available from the official website of the Portuguese Basketball Federation.

The young basketballers were directed to the laboratory where a 12-camera motion analysis system (Qualisys AB, Gothenburg, Sweden), operating at a frequency of 200 Hz, was set to capture three-dimensional kinematics data of the free throw shooting motion. Retroreflective markers were placed on the participants to record the shooting movement. The 11 selected players were modeled with a full body marker setup, while the remaining 20 non-selected players used a reduced version of the marker setup, with no lower limbs.

The marker setup followed a modified conventional gait model, allowing the measurement of movement with 6 degrees of freedom. To do so, markers were placed on several anatomical landmarks as illustrated in Figure 1. The backboard and the rim were modelled with four markers each. The ball was completely covered in a retroreflective film, thus rendering it a single marker in the view of the motion capture system.

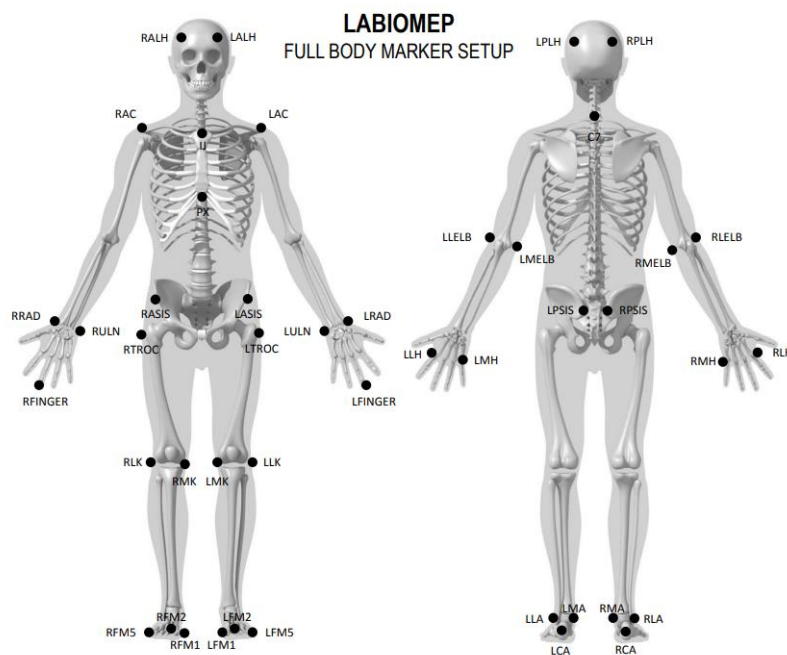


Figure 1. Marker setup.

The players were then asked to perform 10 free throws. The task was performed at the laboratory, where a basket was placed in accordance with the

official rules of the International Basketball Federation, i.e., at 4.05 m from the vertical projection of the hoop's center on the floor. The rim was set at 3.05 m high. The time between shots was around 10 s: time necessary for the experimenter to pass the ball back to the subject and for the tracking system to reset. Successful and unsuccessful shots were registered to calculate an individual free throw percentage, which was used as a metric of shooting performance.

Data analysis

After marker identification in the Qualisys Track Manager Software (Qualisys, Inc., Gothenburg, Sweden), for further processing, data was exported to the Visual 3D Software (C-motion, Germantown, MD, USA). The free throw was segmented by the identification of three critical events: (i) start: the instant when the center of mass was in the lowest position; (ii) release: the instant when the ball left the hand, identified as the instant where the velocity of the distance between ball and hand changed by 0.05 m/s; (iii) point: the instant when the ball height value crossed (from larger to smaller) the rim height, or the ball hit the rim or backboard. After the identification of these events, we calculated the dependent variables of the present study.

To calculate the degree of compensation that the athletes were presenting in their movement patterns to maintain hand motion, we performed the Uncontrolled Manifold (UCM, Scholz & Schöner, 1999) analysis using the multiple regression approach (Freitas et al., 2019; Tuitert et al., 2019). The UCM analysis separates how elemental variables vary unchanging (uncontrolled space) or modifying (orthogonal space) the variable of interest. For this, we time-normalized the joints and segments motion for each trial from 0% to 120% of the throw considering 0% as the start and 100% as the release. We selected the hand motion as the variable of interest (as it relates to the ball motion) and elbow flexion/extension, forearm pronation/supination, shoulder flexion/extension, shoulder abduction/adduction, humerus internal/external rotation from both upper limbs as elemental variables. As hand motion, we considered the average

position and velocity of both hands. For each 10th of percent of position and velocity timeseries (i.e., 0%, 10%, 20%, ..., 120%). Joint angles and angular velocities (at the same time points, e.g., 0%, 10%, 20%, ...) were considered as elemental variables for hand position and velocity, respectively. The compensation value was considered as the ratio between uncontrolled variance by orthogonal variance (the synergy index).

Second, to analyze whether athletes were demonstrating compensation patterns in their release parameters for the ball to land on the hoop, we performed the permutation method described in Cohen and Sternad (2009). In this method, the actual performance is evaluated against the average performance generated through permutation of the release parameters (over 1000 permutations). Performance was considered both in terms of the landing area in the x and y plane (not considering the vertical) calculated as the ellipse containing at least 85% of the shots' distribution and absolute distance to the center of the hoop in the x and y plane. The release parameters were the three position and three velocity parameters of the ball at the moment of release. All processing was performed in Matlab 2024a (Mathworks, USA).

Statistical analysis

Descriptive statistics are presented as means and standard deviations (Mean $\pm$ SD). All normality checks were undertaken, and most variables significantly deviated from a normal distribution. Therefore, we analyzed the data using non-parametric techniques. The Mann–Whitney U test was used to compare groups. We present the effect size r (as in Field, 2009) which was computed as a measure of effect size and interpreted as follows: 0.10 (small effect size), 0.30 (medium effect size), and 0.50 (large effect size) (Cohen, 1992). All data analyses were performed using the IBM SPSS 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA), and the significance level was set at 5%.

RESULTS

Table 1 shows the descriptive statistics for participants' age, height, weight, training experience and free throw shooting performance. As demonstrated, despite playing for the same age group, the selected players were taller ($179.53 \pm 6.44 > 161.62 \pm 8.70$), heavier ($67.91 \pm 6.97 > 49.51 \pm 10.20$) and had more years of training experience ($6.64 \pm 1.91 > 4.75 \pm 1.97$), besides showing higher free throw scoring percentage (69.09 ± 9.44) than their non-selected peers (40.50 ± 15.04).

Table 1. Descriptive statistics for age, basic anthropometrics, training experience, and free throw shooting performance of young selected and non-selected basketball players [Mann–Whitney *U* test (*Z*) and effect size (*r*)].

Variables	Selected (<i>n</i> = 11) Mean $\pm$ SD	Non-selected (<i>n</i> = 20) Mean $\pm$ SD	<i>Z</i> (<i>r</i>)
Age (years)	13.65 $\pm$ 0.44	13.15 $\pm$ 0.62	2.01 (0.36)*
Height (cm)	179.53 $\pm$ 6.44	161.62 $\pm$ 8.70	4.05 (0.73)**
Body mass (kg)	67.91 $\pm$ 6.97	49.51 $\pm$ 10.20	3.84 (0.69)**
Training experience (years)	6.64 $\pm$ 1.91	4.75 $\pm$ 1.97	2.42 (0.43)*
Free throw (%)	69.09 $\pm$ 9.44	40.50 $\pm$ 15.04	4.09 (0.73)**

* $p < .050$; ** $p < .001$

Tables 2 and 3 show the synergy index in terms of hand position or hand velocity through different instant of the throw of the two groups. For both dependent variables and both groups, the average values are above 1 – meaning that both groups demonstrate throughout the throw a compensatory movement pattern to maintain hand motion stable between trials. Table 2 refers to the UCM analysis with hand position as the dependent variable; we did not find significant differences in any moment throughout the free throws. Table 3 refers to the UCM analysis with hand velocity as the dependent variable; we observed that, at the 70% of the throw, the selected group showed a higher synergy index. No other difference was found.

Table 2. Synergy index (position model) during free throw shooting of selected and non-selected young basketball players [Mann–Whitney *U* test (*Z*) and effect size (*r*)].

Synergy Index (position model)	Selected (<i>n</i> = 11) Mean ± SD	Non-selected (<i>n</i> = 20) Mean ± SD	<i>Z</i> (<i>r</i>)
At 10% of the shot	2.34 ± 1.70	2.63 ± 1.73	0.54 (0.10)
At 20% of the shot	2.51 ± 1.15	2.63 ± 1.88	0.45 (0.08)
At 30% of the shot	2.50 ± 1.27	2.26 ± 1.07	0.91 (0.16)
At 40% of the shot	2.75 ± 1.56	2.51 ± 1.34	0.54 (0.10)
At 50% of the shot	3.35 ± 2.93	2.53 ± 1.53	0.78 (0.14)
At 60% of the shot	2.39 ± 1.33	2.54 ± 1.80	0.04 (0.01)
At 70% of the shot	2.42 ± 1.24	2.35 ± 1.43	0.33 (0.06)
At 80% of the shot	2.18 ± 0.83	2.30 ± 1.62	0.58 (0.10)
At 90% of the shot	2.83 ± 2.29	1.62 ± 0.82	1.61 (0.29)
At 100% of the shot	3.00 ± 3.20	1.85 ± 1.11	1.20 (0.22)
At 110% of the shot	3.34 ± 4.19	2.93 ± 2.49	0.21 (0.04)
At 120% of the shot	2.66 ± 1.95	2.19 ± 1.30	0.50 (0.09)

Table 3. Synergy index (velocity model) during free throw shooting of selected and non-selected young basketball players [Mann–Whitney *U* test (*Z*) and effect size (*r*)].

Synergy Index (velocity model)	Selected (<i>n</i> = 11) Mean ± SD	Non-selected (<i>n</i> = 20) Mean ± SD	<i>Z</i> (<i>r</i>)
10%	3.29 ± 2.58	16.46 ± 55.28	0.91 (0.16)
20%	2.93 ± 2.27	13.12 ± 33.77	0.17 (0.03)
30%	6.24 ± 8.66	7.36 ± 13.81	0.14 (0.03)
40%	13.66 ± 34.71	20.98 ± 52.87	0.21 (0.04)
50%	7.88 ± 14.49	8.42 ± 11.74	0.70 (0.13)
60%	6.67 ± 11.74	12.24 ± 37.51	1.28 (0.23)
70%	5.02 ± 4.12	4.35 ± 8.41	2.44 (0.44)*
80%	3.02 ± 1.47	2.74 ± 2.91	0.99 (0.18)
90%	2.51 ± 1.88	2.34 ± 1.77	0.21 (0.04)
100%	2.97 ± 3.64	2.34 ± 1.74	0.17 (0.03)
110%	2.79 ± 1.75	3.86 ± 3.38	0.25 (0.04)
120%	9.95 ± 15.74	7.63 ± 7.70	0.70 (0.13)

**p* < 0.05

Table 4 shows the values of landing area, radial error, and covariance (compensation) for landing area and radial error. As shown, there were no differences in any measure. However, as it occurred for the previous analyses, the covariance in performance was negative; this allows us to infer that the athletes covaried their release parameters to maintain distance to the target to a minimum.

Table 4. Descriptive statistics for area, radial error and their covariation in area and performance in free throws of young selected and non-selected basketball players. [Mann–Whitney *U* test (*Z*) and effect size (*r*)]

Variables	Selected (<i>n</i> = 11)	Non-selected (<i>n</i> = 20)	<i>Z</i> (<i>r</i>)
	Mean ± SD	Mean ± SD	
Area	0.35 ± 0.40	0.42 ± 0.33	1.65 (0.30)
Radial Error	0.36 ± 0.19	0.33 ± 0.09	0.91 (0.16)
CovArea	-0.01 ± 0.32	0.17 ± 0.42	1.28 (0.23)
CovPerf	-1.87 ± 0.75	-2.29 ± 0.28	1.57 (0.28)

DISCUSSION

The aim of this study was to investigate the relation between compensatory motor variability on free throw performance and skill level in athletes. Therefore, we analyzed the free throw shot mechanics of young male basketball players. Considering that the free throw performance is one of the most decisive elements in a basketball game, it is worth to better understand how players can demonstrate their efficiency. Also, it becomes a formidable task model to understand motor behavioral components of expertise.

Contrary to many previous studies, we considered players with long experience in the task divided into two groups of different skill levels (selected and non-selected to a regional team). Studying individuals with limited basketball experience would be uninformative for our current purposes. As we argued, provided different dynamics of motor variability in motor learning (see Latash, 2010), it is tantamount to understand whether compensatory strategies are

maintained in long term practice of this task and whether these relate to different skill levels. Our results show that, despite clear differences in performance (approximately 30% difference in successful shots), the groups were largely similar in how the movement pattern stabilized the hand motion in the throw and how the release parameters stabilized shot-outcome. However, our results also showed that all players demonstrated compensation for both levels of analysis.

In terms of the movement pattern variability compensating for hand motion, we found one instant in the velocity model (70%) where there were differences between the groups, with the selected group having a superior value. However, that was the only instant where there were differences between the groups. No other differences were found in any other instant throughout the movements, considering both hand position and velocity as dependent variables. This goes against our hypothesis that the selected players would covary the variables in ways that would stabilize the outcome of the shot when compared to the non-selected athletes. Nonetheless, the average values of synergy index were above 1, for both groups, meaning that all players demonstrated a compensatory movement pattern (synergies) in order to maintain hand motion stable between trials.

When setting side by side the athletes' actual performance with their randomized score, it was shown that the covariation patterns had no significant differences between the groups. This matched the preceding data since there were almost zero significant differences in the synergy index. However, the negative values of the performance indicate that the athletes covary in ways that generate less error than the randomized data. To check for compensation patterns in the release parameters for the ball to land on the hoop, the area of the ellipse and the radial error were crucial. When comparing these two variables, despite the differences in free throw percentage, there were no statistically significant differences between the two groups. This outcome was also in accordance with Cohen & Sternad (2012) given that in their study the more skilled group also had better results in the throwing task, despite not differing significantly in either of the trajectory measures. Mullineaux & Uhl (2010) argued that in unsuccessful attempts, players perceived the technique was inappropriate

and acted in a way to correct the shot, whereas in successful shots, the perception that the technique was appropriate resulted in no changes in the action. That statement could help strengthen the notion of synergies being present in motor tasks, which we have shown in our results. Yet, considering that there were no significant differences between the groups, in terms of covariation, although the selected players had a better percentage of free throws scored, we refuted our hypothesis, stating that throughout the free throw execution, selected players would make more compensatory movements to maintain hand motion stable than their peers.

Even though all players competed in the same age category (U14), the selected players, who were chosen to represent the regional team, supposedly had a higher skill level than their peers. That could possibly be since the selected group had more years of training experience than the non-selected group (Selected Group: 6.64 ± 1.91 ; Non-Selected Group: 4.75 ± 1.97). Additionally, the selected players were taller and heavier than their peers (Height: Selected Group: 179.53 ± 6.44 ; Non-Selected Group: 161.62 ± 8.70) (Body Mass: Selected Group: 67.91 ± 6.97 ; Non-Selected Group: 49.51 ± 10.20), which may indicate they were more physically developed, and perhaps being considered more skilled. Consequently, it was expected that the selected players would be more efficient in the free throw shooting task, as it was presented in Table 1. Whilst scoring (in average) more free throws than their peers, opposite of what was originally predicted, the selected players did not show compensation in release parameter variables in ways that further optimized the outcome of the shot when contrasted with the non-selected players. Taking that into account, future research should be made to try finding how players' compensatory strategies work. This way, we could try to figure out how to lower the variability affecting the skills negatively and help athletes manipulating the functional variability in order to make beneficial adjustments.

All things considered, our results suggest that all players used motor variability as a compensatory strategy to optimize the outcome of the free throws. Basketball coaches must be aware of how important it is to master this particular shot and to develop this skill from a young age. The players use motor synergies

and make adjustments to their shooting mechanics in order to be successful in their shots, regardless of how they do it. Therefore, future research should be made to understand how players compensate and what exercises/drills coaches can implement in practices to improve that skill. This way, basketball players might start to understand how to make adjustments to their mechanics, when needed, and what adjustments were made when shooting successful free throws.

Although our findings extend the available literature on this topic, we acknowledge that this study is not without limitations. First, we are aware that the participants had a small number of free throws taken, which limits the calculation of compensatory strategies. The second limitation concerns the sample size, we recognize that our sample is not large enough for regular statistical analysis. Nonetheless, the population of elite athletes is naturally smaller as very few reach this level. Thus, as we increase the skill level in our inclusion criteria, smaller samples are expected. The third limitation has to do with the selection process. We categorized the groups, labeling the selected players more skilled than the non-selected ones. However, we did not evaluate or compare the players' skill *per se*. The distribution into the groups was based on the selection made by the coaching staff of the Porto Basketball Association to integrate the regional team. We are not aware of the criteria used to select the players and, thus, it might deviate from skill-level *in the free-throw* (e.g., anthropometric measures, defensive ability). In any case, independent of the criteria, our results showed better performances for the selected group.

CONCLUSIONS

The present study investigated whether compensatory strategies both at the movement pattern level and at the release parameters level would relate to skill level in long term basketball athletes when performing the free throw. Although our findings showed that the selected players scored more free throws than their non-selected peers, in opposite of what we predicted, there were no significant differences in the compensation between the two groups. We, therefore,

conclude that all players demonstrated compensatory movement patterns throughout the motor task, in order to optimize the outcome of the free throws.

REFERENCES

- Alemdaroğlu, U. (2012). The relationship between muscle strength, anaerobic performance, agility, sprint ability and vertical jump performance in professional basketball players. *Journal of Human Kinetics*, 31, 149–158. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0016-6>
- Bennett, T., Thomas, L., & Wilson, A. D. (2024). Affordances for throwing: An uncontrolled manifold analysis. *PLOS ONE*, 19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301320>
- Bruton, M., & O'Dwyer, N. (2018). Synergies in coordination: a comprehensive overview of neural, computational, and behavioral approaches. *Journal of Neurophysiology*, 120, 2761–2774. <https://doi.org/10.1152/jn.00052.2018>
- Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Current Directions in Psychological Science*, 1, 98–101. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10768783>
- Cohen, R. G., & Sternad, D. (2009). Variability in motor learning: Relocating, channeling and reducing noise. *Experimental Brain Research*, 193, 69–83. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1596-1>
- Cohen, R. G., & Sternad, D. (2012). State space analysis of timing: Exploiting task redundancy to reduce sensitivity to timing. *Journal of Neurophysiology*, 107, 618–627. <https://doi.org/10.1152/jn.00568.2011>
- Domkin, D., Laczko, J., Djupsjöbacka, M., Jaric, S., & Latash, M. L. (2005). Joint angle variability in 3D bimanual pointing: uncontrolled manifold analysis. *Experimental Brain Research*, 163, 44–57. <https://doi.org/10.1007/s00221-004-2137-1>

- Domkin, D., Laczko, J., Jaric, S., Johansson, H., & Latash, M. L. (2002). Structure of joint variability in bimanual pointing tasks. *Experimental Brain Research*, 143, 11–23. <https://doi.org/10.1007/s00221-001-0944-1>
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS* (3rd ed.). SAGE.
- França, C., Gomes, B. B., Gouveia, É. R., Ihle, A., & Coelho-E-silva, M. J. (2021). The jump shot performance in youth basketball: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063283>
- Freitas, S. M. S. F., de Freitas, P. B., Lewis, M. M., Huang, X., & Latash, M. L. (2019). Quantitative analysis of multi-element synergy stabilizing performance: comparison of three methods with respect to their use in clinical studies. *Experimental Brain Research*, 237, 453–465. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5436-7>
- Gorniak, S. L., Zatsiorsky, V. M., & Latash, M. L. (2007). Hierarchies of synergies: an example of two-hand, multi-finger tasks. *Experimental Brain Research*, 179, 167–180. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0777-z>
- Kelso, J. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. The MIT Press.
- Kelso, J. A. S. (2022). On the coordination dynamics of (animate) moving bodies. *Journal of Physics: Complexity*, 3. <https://doi.org/10.1088/2632-072X/ac7caf>
- Kelty-Stephen, D. G., & Mangalam, M. (2022). Turing’s cascade instability supports the coordination of the mind, brain, and behavior. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104810>
- Kugler, P. N., Kelso, J. S., & Turvey, M. T. (1980). On the concept of coordinative structures as dissipative structures: I. Theoretical lines of convergence. (Vol. 3). *Tutorials in motor behavior*.
- Latash, M. L. (2010). Stages in learning motor synergies: A view based on the equilibrium-point hypothesis. *Human Movement Science*, 29, 642–654. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2009.11.002>

- Latash, M. L. (2012). The bliss (not the problem) of motor abundance (not redundancy). *Experimental Brain Research*, 217, 1–5. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3000-4>
- Latash, M. L., Scholz, J. P., & Schöner, G. (2002). Motor control strategies revealed in the structure of motor variability. In *Exerc. Sport Sci. Rev* (Vol. 30, Issue 1). www.acsm-essr.org
- Latash, M. L., Scholz, J. P., & Schöner, G. (2007). Toward a new theory of motor synergies. *Motor Control*, 276–308. <https://doi.org/10.1123/mcj.11.3.276>
- Marineau, E., Ducas, J., Mathieu, J., Rodriguez, A. D. P., Descarreaux, M., & Abboud, J. (2024). From novice to expert: How Expertise Shapes Motor Variability in Sports Biomechanics - a Scoping Review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 34. <https://doi.org/10.1111/sms.14706>
- Mullineaux, D. R., & Uhl, T. L. (2010). Coordination-variability and kinematics of misses versus swishes of basketball free throws. *Journal of Sports Sciences*, 28, 1017–1024. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.487872>
- Nakano, N., Iino, Y., Inaba, Y., Fukashiro, S., & Yoshioka, S. (2022). Utilizing hierarchical redundancy for accurate throwing movement. *Human Movement Science*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2021.102918>
- Newell, K. M., & Corcos, D. M. (1993). Issues in variability and motor control.
- Pacheco, M. M., Laffey, C. W., & Newell, K. M. (2019). Search strategies in the perceptual-motor workspace and the acquisition of coordination, control, and skill. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01874>
- Pakosz, P., Domaszewski, P., Konieczny, M., & Bączkiewicz, D. (2021). Muscle activation time and free-throw effectiveness in basketball. *Scientific Reports*, 11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87001-8>
- Riley, M. A., & Turvey, M. T. (2002). Variability and determinism in motor behavior. *Journal of Motor Behavior*, 34, 99–125. <https://doi.org/10.1080/00222890209601934>

Ross, W. D., & Marfell-Jones, R. J. (1995). Cineantropometria. In Duncan J., MacDougall H., Wenger A., & Green H. J. (Eds.), *Evaluación fisiológica del deportista*.

Sampaio, J., & Janeira, M. (2003). Statistical analyses of basketball team performance: understanding teams' wins and losses according to a different index of ball possessions. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 3, 40–49. <https://doi.org/10.1080/24748668.2003.11868273>

Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2018). *Motor control and learning: A Behavioral Emphasis* (6th ed.). Human Kinetics.

Schöllhorn, W. I., Rizzi, N., Slapšinskaitė-Dackevičienė, A., & Leite, N. (2022). Always pay attention to which model of motor learning you are using. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph19020711>

Scholz, J. P., & Schöner, G. (1999). The uncontrolled manifold concept: Identifying control variables for a functional task. *Experimental Brain Research*, 126, 289–306. <https://doi.org/10.1007/s002210050738>

Schöner, G. (1995). Recent developments and problems in human movement science and their conceptual implications. *Ecological Psychology*, 7, 291–314. https://doi.org/10.1207/s15326969eco0704_5

Sternad, D. (2018). It's not (only) the mean that matters: variability, noise and exploration in skill learning. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 20, 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2018.01.004>

Tuitert, I., Valk, T. A., Otten, E., Golenia, L., & Bongers, R. M. (2019). Comparing different methods to create a linear model for uncontrolled manifold analysis. *Motor Control*, 23, 189–204. <https://doi.org/10.1123/mc.2017-0061>

Vereijken, B. (2010). The complexity of childhood development: Variability in Perspective. *Physical Therapy*, 90(12), 1850–1859. <https://doi.org/10.2522/ptj.20100019>

Verhoeven, F. M., & Newell, K. M. (2016). Coordination and control of posture and ball release in basketball free-throw shooting. *Human Movement Science*, 49, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2016.07.007>

Wissel, H. (2011). *Basketball: Steps to success*. Human Kinetics.

Yang, J.-F., & Scholz, J. P. (2005). Learning a throwing task is associated with differential changes in the use of motor abundance. *Experimental Brain Research*, 163, 137–158. <https://doi.org/10.1007/s00221-004-2149-x>

CAPÍTULO IV

Síntese Final

CONCLUSÕES FINAIS

A presente dissertação teve como principal objetivo investigar como a variabilidade motora influencia o resultado e o desempenho do lançamento livre no basquetebol juvenil. A variabilidade motora está presente em todas as habilidades motoras, podendo afetá-las tanto negativa como positivamente (Vereijken, 2010). Neste sentido, esta dissertação procurou responder, de forma clara e objetiva, a uma questão que há muito gera debate entre treinadores de basquetebol – será que os melhores jogadores tiram proveito da variabilidade motora no lançamento livre? Os resultados do estudo empírico que compõe este trabalho mostraram que não. Apesar de os basquetebolistas selecionados terem sido mais eficazes na tarefa proposta (i.e., marcaram mais lances livres do que os seus pares não-selecionados), não foram encontradas diferenças significativas entre os dois grupos relativamente a padrões de covariação. Contudo, verificou-se que todos os jogadores demonstraram sinergias nos lançamentos reais. Deste modo, os resultados apresentados nesta dissertação realçam que, contrariamente ao inicialmente previsto, não houve diferenças significativas entre grupos nos valores de covariação. Adicionalmente, os resultados expressam que todos os jovens basquetebolistas recorreram a estratégias compensatórias ao longo do lançamento livre para otimizar o resultado da tarefa.

RECOMENDAÇÕES PARA OS TREINADORES

Independentemente do escalão competitivo em que atuam, os treinadores de basquetebol devem ter bem presente a importância dos lançamentos livres para o desfecho final de um jogo. Neste sentido, e embora possa ser desafiante, recomenda-se que este lançamento seja praticado regularmente, de forma que os jovens basquetebolistas consigam aperfeiçoar a sua técnica, com vista a máxima potencialização do rendimento em competição.

Na presente dissertação concluiu-se que os jogadores tendem a utilizar estratégias compensatórias para otimizar o resultado do lançamento. Deste modo, é necessário que os treinadores implementem exercícios específicos nas suas sessões de treino e/ou em tarefas complementares ao treino formal, nos quais os atletas percebam o impacto da variabilidade motora no lançamento e que ajustes podem ser feitos para tornarem o gesto técnico mais eficaz.

Como exemplo de um exercício, sugere-se que os jogadores indiquem verbalmente onde a bola vai acertar mal esta deixa de estar em contacto com as suas mãos. A partir daqui, dependendo do escalão competitivo, dos níveis de capacidade, ou da vontade do treinador, podem ser dadas várias opções de resposta. Essas opções podem ir desde dizer se a bola vai acertar no aro ou na tabela, pode-se dividir o aro e/ou a tabela em 2 zonas (aro parte da frente, aro parte de trás; tabela lado esquerdo, tabela lado direito), em 4 zonas (aro parte da frente, aro parte de trás, aro lado esquerdo, aro lado direito; tabela canto superior esquerdo, tabela canto superior direito, tabela canto inferior esquerdo, tabela canto inferior direito), mas nunca esquecer de fornecer as possibilidades de dizer se a bola vai entrar (ou não) sem tocar na tabela e/ou no aro.

Com exercícios deste género, poderá ser possível perceber que tipo de ajustes devem ser feitos após uma tentativa falhada ou que ajustes foram feitos aquando de um lance livre convertido.

LIMITAÇÕES

Não obstante a relevância dos resultados apresentados, a presente dissertação não está isenta de limitações, devendo ser consideradas no momento de generalizar as suas conclusões. Primeiro, o número de tentativas realizadas pelos jovens basquetebolistas foi relativamente baixo, limitando o cálculo de estratégias compensatórias.

Em segundo lugar, reconhece-se que a amostra, ao incluir apenas jogadores do sexo masculino do mesmo escalão competitivo, não é amplamente representativa de todos os basquetebolistas de outras regiões, países, sexos e/ou escalões competitivos. Adicionalmente, o número de participantes não foi suficientemente elevado para análises estatísticas regulares. No entanto, o número de atletas selecionados é naturalmente mais pequeno visto que as seleções são habitualmente constituídas por 12/14 jogadores.

Por fim, desconhecem-se os critérios utilizados pela equipa técnica na seleção dos jovens basquetebolistas. É, por isso, possível que esta seleção se desvie do nível de competência no lançamento livre (e.g., medidas antropométricas ou capacidade defensiva dos atletas). Contudo, independentemente dos critérios, os resultados revelaram melhores desempenhos na tarefa por parte do grupo constituído pelos jovens basquetebolistas selecionados.

DESAFIOS FUTUROS

Face às lacunas identificadas nos estudos desta natureza com jovens basquetebolistas, importa que, no futuro, os investigadores:

1. indagam quais os tipos de exercícios e tarefas de treino que melhor promovem o desenvolvimento das sinergias motoras no lançamento livre;
2. procurem replicar este estudo para perceber o que aconteceria caso os basquetebolistas pertencessem a outros escalões de formação ou tivessem mais anos de prática;
3. examinem de que forma os resultados poderiam ser diferentes se os dados recolhidos fossem de lançamentos livres num jogo de basquetebol (com pressão de resultado, público a afetar a concentração, fadiga) ao invés de ser feito num ambiente controlado dentro do laboratório.

Dada a existência de inúmeros tipos de lançamento no basquetebol, é também crucial que futuras investigações implementem métodos de análise que permitam avaliar lançamentos no decorrer de um jogo. Deste modo poderão ser avaliados outros tipos de lançamentos, com variáveis diferentes, em situações competitivas distintas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Vereijken, B. (2010). The Complexity of childhood development: variability in perspective. *Physical Therapy*, 90(12), 1850–1859.
<https://doi.org/10.2522/ptj.20100019>

