本文章已註冊DOI數位物件識別碼

airiti Library

大專男子排球員改變方向之反應能力與下肢肌力表現之相關性研究

A study on the correlation between reaction ability and lower limb muscle strength performance in collegiate male volleyball players

doi:10.6462/JCDPE.202412_(20).0002

交大體育學刊, (20), 2024

Journal of Chiao Da Physical Education, (20), 2024

作者/Author： 孔建嘉(Chien-Chia Kung);翁明嘉(Ming-Chia Weng);周東賢(Tong-Hsien Chow);張建淳(Chien-Chu Chang)

頁數/Page： 10-23

出版日期/Publication Date：2024/12

引用本篇文獻時，請提供DOI資訊，並透過DOI永久網址取得最正確的書目資訊。

To cite this Article, please include the DOI name in your reference data.

請使用本篇文獻DOI永久網址進行連結:

To link to this Article:

http://dx.doi.org/10.6462/JCDPE.202412_(20).0002

DOI Enhanced

DOI是數位物件識別碼（Digital Object Identifier, DOI）的簡稱，是這篇文章在網路上的唯一識別碼，用於永久連結及引用該篇文章。

若想得知更多DOI使用資訊，

請參考 http://doi.airiti.com

For more information,

Please see: http://doi.airiti.com

請往下捲動至下一頁，開始閱讀本篇文獻

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

最完整的學術整合查詢平台—華藝線上圖書館 ● http://www.airitilibrary.com ● Find more academic articles on Airiti Library

大專男子排球員改變方向之反應能力與下肢肌力表現之相關性研究

孔建嘉[1]、翁明嘉[2]、周東賢[3]、張建淳[1*]
[1]中原大學體育室
[2]中國文化大學體育學系
[3]陸軍軍官學校運動科學系

摘要

排球運動的特點為比賽節奏快，球員需要根據實際情況瞬間反應並執行高頻率的水平和垂直方向的快速移動、跳躍與改變方向。**目的：**探討排球員在執行改變方向與反向跳下肢動態肌力表現之相關性。**方法：**20 名男子排球運動員 (年齡：20.05 ± 1.28 歲；身高：184.57 ± 9.87 公分；體重：76.33 ± 9.44 公斤) 依序進行反向跳 (countermovement jump, CMJ) 與反應敏捷改變方向 (change of direction, COD) 測驗。CMJ 紀錄其動力學運動學參數；反應敏捷 COD 測驗，以 5-10-5 Agility 測驗進行並燈光反應與計時系統，指示隨機往左、右方向進行起跑，紀錄其分段折返與完成時間。**結果：**COD 的完成時間與 CMJ 的相對平均力量 (r = -.508, p < .05) 與相對平均功率 (r = -.494, p < .05) 呈現中至高度顯著負相關性 (p > .05)。**討論：**本研究顯示下肢動態動態指標的力量及功率對於排球運動員的改變方向能力有關，而下肢相對力量與功率對於排球運動員的敏捷性與 COD 能力是有其重要性。

關鍵詞：反向跳、動態肌力、多變向速度、測力板、伸張-收縮循環

通訊作者：張建淳
E-mail：jameschang@cycu.org.tw
地址：320 桃園市中壢區中北路 200 號

airiti

壹、緒論

排球為一項倚重肌力與體能需求的運動項目，其特點為比賽節奏快球員動作模式需要高頻率的水平和垂直方向的快速移動和改變方向，如戰術走位、跳躍攻擊、快速攔網與敏捷的防守。除了需要排球技術和戰術執行、敏捷性與跳躍能力是排球員能否在賽場上得分的關鍵要素 (Forthomme et al., 2005; Gabbett & Georgieff, 2007; Sattler et al., 2015)。排球在比賽過程中球員的垂直跳躍能力與其發球穩定、扣球跳躍攻擊或攔網防守能力皆有相關性，攔網跳躍期間的跳躍高度越高，能使對手進攻效率降低。發球或扣球時的跳躍高度越高，能使球員獲得更好的扣球或發球角度 (Fuchs et al., 2021; Sattler et al., 2015)。因此，排球運動員的表現直接受到跳躍和多變向快速跑動能力影響 (Sattler et al., 2015; Schons et al., 2018) 且在下肢的最大動態表現可能是重要關鍵。

下肢動態肌力表現的量化可透過生物力學評估進行，作為辨識運動能力差異、運動表現、訓練疲勞以及改進訓練方法的基準，反向跳 (countermovement jump, CMJ) 測驗則是常被被用作評估下肢動態肌力的方式之一 (González-Ravé et al., 2011; Kipp et al., 2021; Slovák et al., 2023)。生物力學分析中常利用測力板收集 CMJ 測驗期間地面反作用力與時間的數據，以計算動力學與運動學參數作為評估神經肌肉狀態 (Claudino et al., 2017; Lombard et al., 2017) 。CMJ 與排球垂直跳躍模式相似，同樣利用下肢動作模式與肌群由肌肉伸張-收縮循環 (stretch-shortening cycle, SSC) 機制來活化肌肉纖維並以離心與向心肌肉收縮組成，離心收縮階段儲存能量增加向心收縮產生的力量 (Komi, 2003)。能否有效利用 SSC 能力亦是影響運動表現的重要因素 (Haff et al., 2010; Norman & Komi, 1979)。因此評估運動員使用 SSC 能力就常以測驗 CMJ 方式檢視其運動學與動力學參數及其下肢動作模式 (Markovic et al., 2004; Suchomel et al., 2016)。

改變方向(change of direction, COD) 能力是敏捷性的基礎 (Sheppard & Young, 2006)，對於球類運動員更是影響其專項表現的重要能力 (Suarez-Arrones et al., 2020) 。比賽中會執行多次 COD，能夠最快改變方向的選手可能在比賽中比對手更有優勢 (Hedrick, 2007; Pleša et al., 2021)。研究證實下肢神經肌肉是影響 COD 表現優劣的重要因素，因為在執行 COD 過程，運動員需要短時間產生力量執行加速移動，並利用離心減速以及向心加速朝另一方向前進 (Dos' Santos et al., 2018; Nimphius et al., 2016)。由此可知下肢動態所產生力量與功率對於 COD 表現可能有相關性 (Suarez-Arrones et al., 2020)。敏捷性的另一定義中可表示為針對外在刺激進行反應而改變速度或方向的全身運動 (Sheppard & Young, 2006)，而視覺刺激的反應時間表現測量已被用作處理速度的指標，對於運動員而言在實際賽場上都需要應對未知或已知的刺激進行反應後並進行各項動作。

目前 CMJ 與 COD 之間的相關性已被廣泛研究驗證，主要以 CMJ 高度與 COD 完成時間進行相關性探討，但呈現不一致的結果與討論 (Castillo-Rodríguez et al., 2012; Suarez-Arrones et al., 2020)，主要原因在於僅以高度與完成時間進行相關性評估兩項測驗關聯繫有其限制性。

而藉由測力板進行 CMJ 測驗可收取過程中運動學與動力學 (力量、速度、功率) 參數作為檢視神經肌肉狀態的指標。此外，下肢的相對力量或功率對於 COD 表現可能至關重要 (Nimphius et al., 2010)。藉由垂直跳躍的詳細分析可作為優化運動表現或肌力訓練的參考依據。因此，本研究目的為確定大專男子排球員在執行 COD 與 CMJ 下肢動態肌力表現之間的關係。

貳、方法

20 名大專男子排球運動員 (年齡：20.05 ± 1.28 歲；身高：184.57 ± 9.87 公分；體重：76.33 ± 9.44 公斤) 。所有球員均為參加過大專公開一級組排球聯賽，且規律執行專項技術與肌力體能訓練。納入標準為過去 6 個月內沒有下肢運動傷害及其他健康疾病。所有參與者在進行測試之前都充分了解實驗程序並簽署知情同意書。

一、實驗設計

確定下肢動態肌力與改變方向表現之間的關係，受試者依序進行 CMJ 與反應敏捷 COD 測驗。CMJ 測驗採用攜便式無線測力板 (K-Deltas, Kinvent Inc, Montpellier, France) 取樣頻率設定為 1000 赫茲 (hertz, Hz) (Mylonas et al., 2023)。反應敏捷 COD 測驗，以 5-10-5 Agility 測驗進行，並利用 Dashr Timing System 分段計時系統 (Dashr, Lincoln, NE, USA) 內建應用程式、燈光反應與計時系統，指示隨機往左、右方向進行起跑，紀錄其分段折返與完成時間 (Molohan et al., 2023; Summer et al., 2024)。

二、反向跳

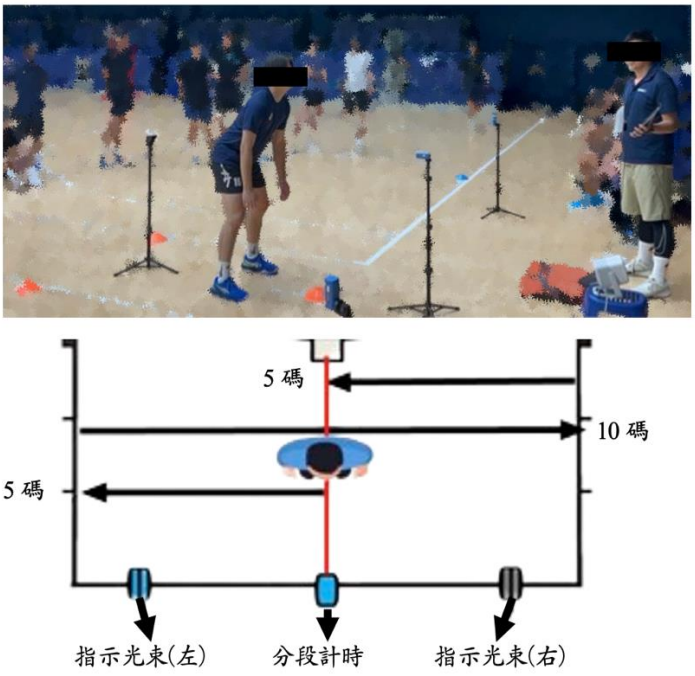
CMJ 於正式檢測前進行一次模擬演練，測驗標準動作包含：起跳騰空後雙腳持續伸直，不可在過程中後勾避免影響後續參數分析。受試者先進行動態伸展與熱身 10 分鐘，隨後受測者站立於測力板雙手叉腰，聽從施測者指示進行動作，快速下蹲至自選深度後全力起跳，每次跳躍之間至少休息 1 分鐘。收取兩次最大努力測驗平均值之結果，若兩次跳躍高度相差 2 公分以上，則進行第 3 次測試，以確認實驗數據之信度 (Laffaye et al., 2014; McMahon et al., 2017)。運動學與動力學參數以體重標準化之相對值呈現，計算以絕對力量值 (newton, N) 與絕對功率(watt, W) 除體重(kilogram, kg) (Nimphius et al., 2010)。

三、改變方向測試

受測者先進行一次反應敏捷式 COD 前導測驗，然後進行兩次正式測驗，每次測驗間隔 2 分鐘的恢復時間，並使用分段計時光閘執行 5-10-5 Agility 測試。依照燈光與投影畫面隨機閃現指示方向開始測試，並記錄其反應時間。在室內球場上測量 10 碼距離，並以角標與白貼進行標記折返處。正式測驗開始受測者站在 2 個 Dashr 光閘之間預備 (起點)，接受收到 Dashr 燈光系統與軟體信號指示開始方向後，衝刺至到達第一個 5 碼角標與白貼位置，隨即改變方向並跑至到達第二個 10 碼角標與白貼位置，再次改變方向衝刺至預備 (起點) 位置光閘。記錄最快的時間 (Summer et al., 2024)。

圖 1

反應敏捷式測驗示意與實驗架設



四、統計方法

本研究資料皆以平均數 ± 標準差呈現，使用 SPSS 27.00 版套裝軟體進行統計分析，以描述性統計表示受試者基本資料，皮爾森積差相關分析考驗受測者 CMJ 與 COD 參數顯著相關性 p 值 < .05；關係強度使用判定標準為:極小 (r < 0.001)，小 (r = 0.1-0.2)，中等 (r = 0.3-0.4)，高 (r = 0.5-0.6)，非常高 (r = 0.7-0.8)，近乎完美 (r = 0.9)，完美 (r = 1.0) (Hopkins et al., 2009)。測驗數據信度以變異係數 (coefficient of variation, CV) 與組內相關係數(intra-class correlation coefficients, ICC) (Koo & Li, 2016) 並呈，標準判定變異係數 (CV) ≤ 10 % (Turner et al., 2015)，組內相關係數 (ICC) 標準為：≤ 0.5 低，0.5 - 0.75 中，0.75 - 0.9 良好，0.90 極佳 (Koo & Li, 2016)。

參、結果

受試者在 CMJ 與 COD 測驗所得之運動學與動力學參數信度分析結果，所有參數 CV 皆低於 10 % 以內，ICC 在中度以上可接受範圍，如下表 1 所呈。

表 1

受試者反向跳與改變方向測驗數據結果與信度

參數	平均值 ± 標準差	變異係數 (% CV)	組內相關係數 (ICC)	ICC (95% CI)
反向跳				
跳躍高度 (centimeters)	44.98 ± 0.60	1.32	.991	.976-.996
動作時間 (millisecond)	763.16 ± 31.40	4.08	.851	.623-.941
峰值速度 ($m \cdot s^{-1}$)	3.05 ± 0.02	0.60	.990	.974-.996
相對峰值力量 (N/kg)	26.32 ± 0.75	2.85	.867	.664-.947
相對峰值功率 (W/kg)	63.48 ± 1.47	2.32	.985	.962-.994
相對平均力量 (N/kg)	13.78 ± 0.16	1.18	.940	.849-.976
相對平均功率 (W/kg)	7.49 ± 0.35	4.77	.943	.856-.977
改變方向				
反應時間 (second)	0.81 ± 0.03	3.86	.924	.808-.970
變向時間 (second)	3.52 ± 0.07	1.88	.916	.794-.966
完成時間 (second)	6.07 ± 0.09	1.44	.932	.832-.972

註：測驗所得運動學與動力學參數絕對值為標準化比較，將參數除於體重標準化。相對峰值力量 = 峰值力量除於受試者體重；相對峰值功率 = 峰值功率除於受試者體重；相對平均力量 = 平均力量除於受試者體重；相對平均功率 = 平均功率除於受試者體重。

表 2 呈現 CMJ 與 COD 運動學與動力學參數之間顯著相關性結果。研究發現僅有 COD 的完成時間與 CMJ 的相對平均力量 ($r = -.508, p < .05$) 與相對平均功率 ($r = -.494, p < .05$) 呈現中至高度顯著負相關性。而 COD 的反應時間、變向時間、完成時間與 CMJ 的跳躍高度並無顯著相關，反應時間、變向時間與 CMJ 相對平均力量與功率同樣呈現無顯著相關 ($p > .05$)。

表 2

反向跳與改變方向運動學與動力學參數相關性

參數	跳躍高度 (cm)	相對平均力量 (N/kg)	相對平均功率 (W/kg)
反應時間 (second)	.192	-.178	-.085
變向時間 (second)	-.024	-.409	-.366
完成時間 (second)	-.109	-.508*	-.494*

註：*表示 $p < .05$

airiti

肆、討論

本研究結果顯示，下肢動態肌力與反應敏捷性在排球運動中的重要性。具體來說，CMJ 測試的相對平均力量與相對平均功率均與 COD 完成時間呈現顯著負相關，這表明較佳的下肢肌力和功率可能有助於提升排球運動員的敏捷性與改變方向能力。

一、反向跳相對力量與功率與改變方向相關性

CMJ 是評估神經肌肉能力的標準方式之一，可顯示出不同肌肉收縮型態產生的力量，而 COD 雖然依賴離心力量，但整體而言執行過程中皆有離心、向心與等長收縮肌肉產生力量，因此動態或等長肌力評估都可以應用於解釋 COD 表現 (Smolarek et al., 2022; Spiteri et al., 2014)。目前相關 COD 研究因應不同的運動專項能力需求，測試方式上並無統一評估標準；因此，相關 COD 能力上無法與先前進行直接比較。但本研究相關性結果與先前研究呈現相同的趨勢，研究發現 CMJ 與 COD 具有生物力學、肌肉收縮型態與物理相似性。在動作模式中都強調執行跳躍或是變向時下肢髖屈肌、膝伸肌和蹠屈肌產生力量的重要性 (Nygaard Falch et al., 2020)。而將 COD 與 CMJ 進行比較時，多項研究發現到下肢肌肉活化程度與執行動作時所需的產生力量的能力，兩者具有相似性 (Marshall et al., 2014; Nuzzo et al., 2008; Nygaard Falch et al., 2020)。本研究結果顯示 COD 完成時間與 CMJ 的相對力量與功率達中至高度相關性 (r = -.494 至 -.508, p < .05)，對應先前研究結果，在 CMJ 的跳躍高度與 COD 表現並無顯著相關，但在下肢產生相對力量 (r = 0.95, p < .05) 及相對功率 (r = 0.88 , p < .05) 與 COD 呈現中至高度相關 (Nimphius et al., 2010)，CMJ 的相對力量與功率 COD 之間相關性，則是呈現一致的相關性趨勢，主要原因在於 COD 執行過程中需要產生垂直和水平地面反作用力 (Brughelli et al., 2008)。研究結果表明，下半身相對力量的提升可能會提升大專排球運動員的 COD 與跳躍表現 (Tramel et al., 2019)，

二、反向跳高度與改變方向的相關性

本研究結果 CMJ 的跳躍高度與 COD 並無顯著相關性，而先前的研究存在不一致的相關性結果，未有顯著相關主要原因為兩項測驗之間的相關性可能受到 COD 測驗中有直線衝刺影響，而不是 COD 中減速再加速的能力 (Nimphius et al., 2016; Nimphius et al., 2013)。因此，先前研究認為 CMJ 表現較好的運動員可能是在其衝刺表現較佳，同時解釋部分研究在 COD 完成時間與跳躍高度有關，但與 COD 的折返或是反應時間則無相關 (Nygaard Falch et al., 2020)。主要原因在於跳躍高度和衝刺表現之間的顯著相關已被研究證實 (Markström & Olsson, 2013; Suarez-Arrones et al., 2020)，另外發現到 COD 測驗中若有直線距

離越長與 CMJ 跳躍高度顯著性越高，因應此一現象研究將 COD 測驗修正將直線距離縮短至 10 公尺內 (Nygaard Falch et al., 2020; Tramel et al., 2019) 此種方式更能檢視運動員在 COD 減速轉身再加速能力 (Barber-Westin & Noyes, 2019; Dos' Santos et al., 2018)。因此本研究中採用結合敏捷反應起跑的 5-10-5 測驗執行最長距離為 10 碼 (9.14 公尺) 減少測驗衝刺距離。

三、反應能力在改變方向重要性

而目前僅少部分研究在 COD 測驗中評估反應時間，並且與動態的跳躍表現並無顯著相關性 (Matlák et al., 2024; Matlák et al., 2016)。而反應時間與動作速度對不同項目運動員都有不同的需求，並也反映在專項運動中敏捷性的特定要求，因此可藉由 COD 測驗中增加反應或敏捷以識作為鑑別運動員是在變向技術或是反應動作上的優劣勢 (Zemková, 2016)。敏捷定義為因應外在刺激 (聲光、指令、對手動態) 而改變速度、方向或運動模式的快速且準確反應的全身運動(Dos'Santos & Jones, 2023)，其中反應是感受器官、大腦、神經和肌肉統合的過程，反應的速度和時間是運動表現經常使用的依據，而反應最直接可以由時間來衡量 (Coker, 2017)。先前已有研究表明球類 (排球、籃球) 運動員比非運動員具有更快的視覺協調與反應時間並且在面對刺激時決策時間更短且出正確的決策，甚至長期練習會成為運動員面對刺激時條件式反射動作 (Akarsu et al., 2009; Alanazi & Aouadi, 2015)。反應時間也都發生在運動中需要執行 COD 的情境 (Dos'Santos & Jones, 2023)。因此，評估或訓練運動員反應與敏捷是相當重要的。

四、研究限制與未來方向

儘管研究討論 COD 測試有所差異，但執行測過程中不論 COD 次數、角度與距離都需要進行減速與再加速的步幅模式調整、皆為水平與垂直方向對地產生力量且在肌肉收縮模式離心、等長與向心耦合亦是相同，因而證實下肢相對力量與功率表現上對於 COD 有其重要性 (Nimphius et al., 2010; Nygaard Falch et al., 2020)。本研究仍有其限制與未來可研究討論的方向，研究對象為國內大專甲組男子排運動員，表示其結果無法推論至其他運動族群與性別。未來研究應考慮擴大樣本量，並包括不同年齡段和技能水平的運動員，以驗證結果的普遍性。此外，還應探討其他可能影響反應敏捷性的因素，如：心理因素、疲勞程度和技術動作等。通過綜合考量這些因素，可以全面了解排球運動員的表現，並制定個別訓練計劃 (反應、變向技術、下肢肌力)。COD 測試中在減速與再加速的評估在實際場域上缺乏相關運動學與動力學參數評估，但在測驗設計上標準化熱身與熟悉測驗流程以實際場域結合隨機反應指示起跑進行 COD 測驗，其結果在數據上具有良好的信效度，未來可作為實務應用評估運動員反應敏捷能力之測驗方式。利用測力板執行 CMJ 測驗所得之運動學與動力學參數可作為輔助檢視動態肌力與運動表現的方式之一。

airiti

五、實務應用

本研究的結果表明，下肢相對力量與功率對於男子大專排球運動員的 COD 表現是相當重要的。未來專項、肌力與體能教練、運動科學人員擬定週期訓練計畫、定期訓練監控，可以利用 CMJ 參數為檢視指標，並著重於增加相對力量與功率的訓練方法與參數監控變化。相對力量與功率無論對於跳躍或是變向表現都是有其重要性 (Tramel et al., 2019)。反應敏捷式 COD 綜合兩項獨立的運動技術能力，在實際運動情境中卻需要連續執行，運動員可獨立或結合反應敏捷與 COD 進行評估與訓練。

參考文獻

Akarsu, S., ÇALIŞKAN, E., & Dane, Ş. (2009). Athletes have faster eye-hand visual reaction times and higher scores on visuospatial intelligence than nonathletes. *Turkish Journal of Medical Sciences, 39*(6), 871-874. https://doi.org/10.3906/sag-0809-44

Alanazi, H. M. N., & Aouadi, R. (2015). Reaction time as a predictor for change-of-direction speed in male soccer players. *Saudi Journal of Sports Medicine, 15*(3), 220-225. https://doi.org/10.4103/1319-6308.164287

Barber-Westin, S., & Noyes, F. R. (2019). Neuromuscular function, agility, and aerobic testing. In F. R. Noyes & S. Barber-Westin (Eds.), *Return to sport after ACL reconstruction and other knee operations* (pp. 481-504). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22361-8_20

Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport: A review of resistance training studies. *Sports Medicine, 38*, 1045-1063.

Castillo-Rodríguez, A., Fernández-García, J. C., Chinchilla-Minguet, J. L., & Carnero, E. (2012). Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *Journal of Strength and Conditioning Research, 26*(3), 725-732. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822602db

Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport, 20*(4), 397-402. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011

Coker, C. A. (2017). Understanding movement preparation. In C. A. Coker (Ed.), *Motor learning and control for practitioners* (4th ed., pp. 27-50). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315185613

Dos' Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2018). Comparison of change of direction speed performance and asymmetries between team-sport athletes: Application of change of direction deficit. *Sports, 6*(4), 174. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports6040174

Dos'Santos, T., & Jones, P. (2023). Theoretical Basis for Developing Multidirectional Speed. In P. Jones & T. Dos'Santos (Eds.), *Multidirectional speed in sport* (pp. 1-103). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003267881

Forthomme, B., Croisier, J.-L., Ciccarone, G., Crielaard, J.-M., & Cloes, M. (2005). Factors correlated with volleyball spike velocity. *The American Journal of Sports Medicine, 33*(10), 1513-1519. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/036354650527

Fuchs, P. X., Mitteregger, J., Hoelbling, D., Menzel, H.-J. K., Bell, J. W., von Duvillard, S. P., & Wagner, H. (2021). Relationship between general jump types and spike jump performance in elite female and male volleyball players. *Applied Sciences, 11*(3), 1105. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app11031105

Gabbett, T., & Georgieff, B. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of Australian junior national, state, and novice volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 21*(3), 902-908.

González-Ravé, J. M., Arija, A., & Clemente-Suarez, V. (2011). Seasonal changes in jump performance and body composition in women volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 25*(6), 1492-1501. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181da77f6

Haff, G., Ruben, R., Molinari, M., Painter, K., Ramsey, M. W., Stone, M. E., & Stone, M. H. (2010). The relationship between the eccentric utilization ratio, reactive strength, and pre-stretch augmentation and selected dynamic and isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*, 1. https://doi.org/ 10.1097/01.JSC.0000367120.66650.12

Hedrick, A. (2007). Training for high level performance in women's collegiate volleyball: Part I training requirements. *Strength and Conditioning Journal, 29*(6), 50-53. https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2007/12000/training_for__high_level_performance_in_women_s.9.aspx

Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine+ Science in Sports+ Exercise, 41*(1), 3.

airiti

Kipp, K., Kiely, M., & Geiser, C. (2021). Competition volume and changes in countermovement jump biomechanics and motor signatures in female collegiate volleyball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 35*(4), 970-975. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003967

Komi, P. V. (2003). Stretch-shortening cycle. *Strength and Power in Sport, 2*, 184-202. https://doi.org/10.1002/9780470757215

Koo, T. K., & Li, M. Y. (2016). A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of Chiropractic Medicine, 15*(2), 155-163. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012

Laffaye, G., Wagner, P. P., & Tombleson, T. I. (2014). Countermovement jump height: Gender and sport-specific differences in the force-time variables. *Journal of Strength and Conditioning Research, 28*(4), 1096-1105. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182a1db03

Lombard, W., Reid, S., Pearson, K., & Lambert, M. (2017). Reliability of metrics associated with a counter-movement jump performed on a force plate. *Measurement in Physical Education and Exercise Science, 21*(4), 235-243. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/1091367X.2017.1354215

Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research, 18*(3), 551-555.

Markström, J. L., & Olsson, C.-J. (2013). Countermovement jump peak force relative to body weight and jump height as predictors for sprint running performances: (in) Homogeneity of track and field athletes? *Journal of Strength and Conditioning Research, 27*(4), 944-953. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318260edad

Marshall, B. M., Franklyn-Miller, A. D., King, E. A., Moran, K. A., Strike, S. C., & Falvey, É. C. (2014). Biomechanical factors associated with time to complete a change of direction cutting maneuver. *Journal of Strength and Conditioning Research, 28*(10), 2845-2851. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000463

Matlák, J., Fridvalszki, M., Korodi, V., Szamosszegi, G., Pólyán, E., Kovács, B., Kolozs, B., Langmar, G., & Rácz, L. (2024). Relationship between cognitive functions and agility performance in elite young male soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 38*(1), 116-122,https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004644

Matlák, J., Tihanyi, J., & Rácz, L. (2016). Relationship between reactive agility and change of direction speed in amateur soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 30*(6), 1547-1552. https://doi.org/ 10.1519/JSC.0000000000001262

McMahon, J. J., Murphy, S., Rej, S. J. E., & Comfort, P. (2017). Countermovement-jump-phase characteristics of senior and academy rugby league players. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 12*(6), 803-811. https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0467

Molohan, T., Behan, S., & MacNamara, Á. (2023). Anthropometric and physical fitness profile of adolescent inter-county ladies' gaelic football players. *Adolescents, 3*(4), 625-639. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/adolescents3040044

Mylonas, V., Chalitsios, C., & Nikodelis, T. (2023). Validation of a portable wireless force platform system to measure ground reaction forces during various tasks. *International Journal of Sports Physical Therapy, 18*(6), 1283. https://doi.org/10.26603/001c.89261

Nimphius, S., Callaghan, S. J., Spiteri, T., & Lockie, R. G. (2016). Change of direction deficit: A more isolated measure of change of direction performance than total 505 time. *Journal of Strength and Conditioning Research, 30*(11), 3024-3032. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001421

Nimphius, S., Geib, G., Spiteri, T., & Carlisle, D. (2013). Change of direction" deficit measurement in Division I American football players. *Journal of Australian Strength and Conditioning, 21*(S2), 115-117.

Nimphius, S., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Relationship between strength, power, speed, and change of direction performance of female softball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 24*(4), 885-895. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d4d41d

Norman, R. W., & Komi, P. V. (1979). Electromechanical delay in skeletal muscle under normal movement conditions. *Acta Physiologica Scandinavica, 106*(3), 241-248. https://doi.org/ https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1979.tb06394.x

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. *Journal of Strength and Conditioning Research, 22*(3), 699-707. https://doi.org/ 10.1519/JSC.0b013e31816d5eda

Nygaard Falch, H., Guldteig Rædergård, H., & Van den Tillaar, R. (2020). Relationship of performance measures and muscle activity between a 180 change of direction task and different countermovement jumps. *Sports, 8*(4), 47. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports8040047

Pleša, J., Kozinc, Ž., & Šarabon, N. (2021). The association between force-velocity relationship in countermovement jump and sprint with approach jump, linear acceleration and change of direction ability in volleyball players. *Frontiers in Physiology, 12*, 763711. https://doi.org/ https://doi.org/10.3389/fphys.2021.763711

Sattler, T., Hadžic, V., Dervišević, E., & Markovic, G. (2015). Vertical jump performance of professional male and female volleyball players: Effects of playing position and competition level. *The Journal of Strength and Conditioning Research, 29*(6), 1486-1493. https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000781

Schons, P., Da Rosa, R. G., Fischer, G., Berriel, G. P., Fritsch, C. G., Nakamura, F. Y., Baroni, B. M., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2018). The relationship between strength asymmetries and jumping performance in professional volleyball players. *Sports Biomechanics*. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1435712

Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences, 24*(9), 919-932. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02640410500457109

Slovák, L., Sarvestan, J., Alaei, F., & Zahradník, D. (2023). Predicting the volleyball spike jump height by the force-time curve variables of countermovement and volleyball spike jump. *Journal of Physical Education and Sport, 23*(2), 424-430. https://doi.org/10.7752/jpes.2023.02052

Smolarek, T., Haff, G. G., Poon, W. C., Nagatani, T., Barley, O. R., & Guppy, S. N. (2022). Dynamic and isometric force-time curve characteristics influencing change of direction performance of state-level netball players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 37*(12), 2397-2404. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004616

Spiteri, T., Hart, N. H., & Nimphius, S. (2014). Offensive and defensive agility: A sex comparison of lower body kinematics and ground reaction forces. *Journal of Applied Biomechanics, 30*(4), 514-520. https://doi.org/https://doi.org/10.1123/jab.2013-0259

Suarez-Arrones, L., Gonzalo-Skok, O., Carrasquilla, I., Asián-Clemente, J., Santalla, A., Lara-Lopez, P., & Núñez, F. J. (2020). Relationships between change of direction, sprint, jump, and squat power performance. *Sports, 8*(3), 38. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports8030038

Suchomel, T. J., Sole, C. J., & Stone, M. H. (2016). Comparison of methods that assess lower-body stretch-shortening cycle utilization. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(2), 547-554. https://doi.org/ 10.1519/JSC.0000000000001100

Summer, L. C., Cheng, R., Moran, J. T., Lee, M., Belanger, A. J., Taylor IV, W. L., & Gardner, E. C. (2024). Changes in body composition and athletic performance in National Collegiate Athletic Association Division I female field hockey athletes throughout a competitive season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *38*(1), 146-152. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004591

Tramel, W., Lockie, R. G., Lindsay, K. G., & Dawes, J. J. (2019). Associations between absolute and relative lower body strength to measures of power and change of direction speed in Division II female volleyball players. *Sports*, *7*(7), 160. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/sports7070160

Turner, A., Brazier, J., Bishop, C., Chavda, S., Cree, J., & Read, P. (2015). Data analysis for strength and conditioning coaches: Using excel to analyze reliability, differences, and relationships. *Strength & Conditioning Journal*, *37*(1), 76-83. https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000113

Zemková, E. (2016). Differential contribution of reaction time and movement velocity to the agility performance reflects sport-specific demands. *Human Movement*, *17*(2), 94-101. https://doi.org/https://doi.org/10.1515/humo-2016-0013

airiti

A study on the correlation between reaction ability and lower limb muscle strength performance in collegiate male volleyball players

Chien-Chia Kung [1], Ming-Chia Weng [2], Tong-Hsien Chow [3], Chien-Chun Chang[1]*

[1] Office of Physical Education Chung Yuan Christian University

[2] Department of Physical Education, Chinese Culture University.

[3] Department of Sports Science Military Academy R.O.C Taiwan

Abstract

The characteristics of volleyball include a fast-paced game where players need to respond instantaneously to actual situations and perform high-frequency horizontal and vertical movements, jumps, and changes of direction (COD). **Purposes:** This study aims to explore the relationship between dynamic lower limb strength performance during COD and countermovement jump (CMJ) in collegiate male volleyball players. **Methods:** Twenty male volleyball players (age: 20.05 ± 1.28 years; height: 184.57 ± 9.87 cm; weight: 76.33 ± 9.44 kg) sequentially underwent countermovement jump (CMJ) and COD tests. The CMJ recorded their kinematic and kinetic parameters; the COD test used a 5-10-5 agility test with a light reaction and timing system, indicating random left and right direction starts, recording their split time and total times. **Results:** The completion time of the COD showed a moderate to high significant negative correlation with the relative mean force (r = -.508, p < .05) and the relative mean power (r = -.494, p < .05) of the CMJ. **Discussion:** This study demonstrates that the strength and power of lower limb dynamic indicators are related to the COD in volleyball athletes. Better performance in relative lower limb strength and power is beneficial for the agility and COD ability of volleyball athletes.

Key words: countermovement Jump, dynamic strength, multidirectional speed, force plate, stretch-shortening cycle