

國小學童荷重元最大等長肌力與反向跳及衝刺表現之關係

蔡國偉 陳永盛*

臺北市立大學運動健康科學系

*通訊作者：陳永盛
通訊地址：111 臺北市士林區忠誠路二段 101 號
E-mail: yschen@utapei.edu.tw
DOI:10.6167/JSR.202512_34(2).0002
投稿日期：2024 年 11 月 接受日期：2025 年 4 月

摘 要

背景：以測量力板做等長中段拉測驗已經越來越普及，但尚不清楚荷重元應用於最大等長肌力測驗的效果，以及與國小學童跳躍高度和衝刺表現的關係。目的：國小學童使用荷重元與測力板等長中段拉測驗與檢視測量指標與反向跳高度和衝刺速度之相關性。方法：研究對象為 50 名小學運動代表隊學童 (男生與女生各 25 名，年齡 = 11.4 ± 0.6 歲、身高 = 153.1 ± 7.3 公分、體重 = 43.5 ± 10.9 公斤)。研究方法依照檢測流程，分別為站姿與坐姿身高、體重、等長中段拉、反向跳和 10 公尺及 40 公尺衝刺，統計方法先以組內相關係數進行考驗，並以皮爾森積差相關分析進行相關性比較。結果：荷重元與測力板等長中段拉組內相關係數峰值力為 .92 (信賴區間為 [.87-.96]) 與相對力量為 .87 (信賴區間為 [.71-.93])；皮爾森積差相關係數峰值力 ($r = .925$) 與相對力量 ($r = .893$) 具有很強與非常強正相關性。另外，荷重元等長中段拉相對力量與反向跳高度 ($r = .484$) 具有中等正相關性，荷重元等長中段拉相對力量與 10 公尺衝刺速度 ($r = .545$)，與 40 公尺衝刺速度 ($r = .496$) 具有中等正相關性。結論：國小學童可使用荷重元作為等長中段拉的評估工具，國小學童測量等長中段拉的相對力量與反向跳高度，與短衝刺表現皆具有正相關性，可考量等長中段拉峰值力的數值來做為運動功能評估。

關鍵詞：等長中段拉、兒童運動表現、體能檢測、肌力評估

壹、緒論

一、問題背景

長久以來，運動檢測都是訓練計畫中不可欠缺的一部分，選擇合適的測驗方式來解讀運動員的能力，對於改善運動表現非常重要 (Weakley et al., 2023)。考量不同運動測驗方法的限制，目前小學階段經常使用的跳躍和衝刺測試作為衡量運動員爆發力表現的方法，在瞭解最大肌力和舉重能力上的訊息是有限的。因此，雖然阻力訓練對於兒童和在改善基礎運動技能和神經肌肉功能等方面有許多好處 (Stricker et al., 2020)，但仍有可能因為運動檢測的代表性訊息不足，而導致兒童進行阻力訓練實施困難或降低指導教練採用的意願。

目前英國、美國、澳洲肌力與體能協會所公認的訓練立場，皆支持兒童進行阻力訓練或以改良的舉重訓練來強化運動功能，以奠定兒童運動表現良好的基礎，但是，若教練在沒有進行最大肌力測試的情況下進行訓練，可能無法落實該建議的運動處方 (Duhig, 2013; Faigenbaum et al., 2009; Lloyd et al., 2014)。

一次最大反覆 (one repetition maximum, 1RM) 測驗，是評估動態最大肌力準確且有效的方式，透過 1RM 百分比，進行重量訓練處方的擬定，是目前規劃阻力訓練計畫最普及的方式 (Grgic et al., 2020)。而且，在合格專業人員的監督和指導下，依照正確程序來進行 1RM 測驗，對健康兒童來說，也是安全的 (Faigenbaum et al., 2003)。

Milliken et al. (2008) 指出，兒童進行

1RM 測驗，除了需要在專業人員的監督和指導下，也應當避免使用成人的器材，使用適合兒童尺寸的設備，以較輕的重量，循序漸進增加負荷，才能避免兒童發生危險。比起成人，國小學童是更需要被保護的族群，由於國小學童在專注力和理解能力都較成人差，應當儘可能採取能避免失誤而發生危害的方法，而且隨著國內教育改革的趨勢及對兒童權益的重視，進行運動檢測或訓練，不但需要考量自身的狀況，也應該取得法定代理人的信任，因此，若有效提高運動訓練的專業度及運動檢測的效益，應該尋找替代 1RM 測驗的方法，以更符合運動科學精神的模式，可能更有利於實踐。

運動員實施肌力測驗的目的，多半是為運動員提供規範值或建議值，使教練能夠區分運動員的表現，等長中段拉 (isometric mid-thigh pull, IMTP)、峰值力 (peak force, PF) 和發力率 (rate of force development, RFD) 能反映運動員的最大力量和短時間產生力量的能力，且比起 1RM 測驗，其技術成分更低，更容易學習。IMTP 測驗，是以類似舉重的動作模式，將拉桿固定在大腿股骨的中段位置進行，此位置也是舉重高翻 (power clean, PC) 動作第二拉的位置，在此位置進行等長最大努力上拉。其動作具有三關節伸展 (踝、膝、髖) 的特性，也涉及多關節最大等長力量的產生，被認為與實際運動時的發力狀態較相近 (Stone et al., 2019)。Beckham et al. (2013) 的研究發現，無論是初級或高級的成人選手，IMTP PF 與舉重表現都有很強的相關性 ($r = .83-.84$)。De Witt

et al. (2018) 的研究指出，IMTP 與硬舉 1RM 之間具有顯著正相關 ($r = .88$)，IMTP 可以作為快速衡量最大肌力的方法，而且與 1RM 測驗相比，在強度和安全性方面，可能不那麼劇烈。不僅如此，IMTP 測驗對於兒童和青少年來說，也是可靠的方法，Moeskops et al. (2018) 以 38 名兒童與青少年作為研究對象，研究結果認為，兒童在專業人員的確認下，若具備充分的檢測動作技術，使用測力板進行 IMTP 測驗來評估兒童最大肌力，在 PF 和相對力量 (relative strength, RS) 等數據，都具有良好的信度，而且 IMTP 測驗所需要學習的技術不但比 1RM 測驗要低，也是更安全且節省時間的方式。

荷重元 (load cells) 被認為是實用性高的力量測量裝置，具有廣泛的用途，在過去，常用於科學技術的研發或工業測量使用，用於測量和採計力矩，也是一種測量拉力或壓力的感測器，當重力負載在荷重元時，即可顯示其壓力數值 (Al-Dahiree et al., 2022)。近年來，使用荷重元替代測力板進行 IMTP 也被認為是適合兒童的肌力測量方式 (Oliver et al., 2022)。

Romero-Franco et al. (2017, 2019) 以健康成人作為研究對象，使用低成本的數位荷重元和等速儀進行最大肌力評估，發現無論是在下肢或上肢肌力測驗數位張力計都具有良好的信度與效度。James et al. (2017) 的研究以具有 6 個月阻力訓練經驗的健康成人作為研究對象，發現 Kistler 測力板和 Scale Components 荷重元 IMTP PF，雖然兩者產生力量的模式和條件並

不相同，呈現的數據也不完全一樣，但透過荷重元進行 IMTP 測驗所獲得的 PF 數值，對於瞭解最大肌力的水準應該是有效的。另外，Till et al. (2018) 以男性青少年運動員為研究對象，比較 AMTI 測力板與 T.K.K.5402 單軸荷重元在 IMTP 的 PF 測量數據，發現兩種測量的 PF 具有很強的相關性。Montoro-Bombúet al. (2023) 以體育科系大學生為研究對象，比較了 Kistler 測力板與荷重元在 IMTP 的 PF 和 RFD 表現上，兩系統的測量數值亦沒有顯著差異。Pichardo et al. (2024) 以具有休閒阻力訓練經驗的成年男子作為研究對象認為，儘管荷重元與測力板 IMTP 操作的方式和應注意的技術要點不相同，傳統上測力板所獲得的力來自運動員上肢等長拉動固定橫桿同時下肢向下施力，而荷重元所獲得的力則透過拉動鐵鍊或拉力帶對荷重元裝置施力，但無論何種方式，所獲得的 PF 都是有效的。過去的研究大多以成人或青少年為研究對象，仍需更多的研究，來瞭解國小學童使用荷重元 IMTP 的效果和可行性。

在國內，跳躍測驗及短跑衝刺測驗，是基層最常用來瞭解運動員身體素質的方式，在跳躍測驗方面，是經常被作為評估運動員爆發力及下肢神經肌肉功能常用的方法 (Guthrie et al., 2023)。而在跳躍能力評估中，跳躍高度是最常用的指標 (McMahon et al., 2022)。垂直跳 (vertical jump, VJ) 是需要全身協調性以及發展運動能力的基本運動技能，與各項動態運動表現之間都有密切的關係，而蹲踞跳 (squat jump, SJ)、反向跳 (countermovement jump, CMJ) 也都

被認為是兒童和青少年有效測量下肢力量的方式 (Petrigna et al., 2019)。儘管如此，考量跳躍測驗的局限性與身體重量的影響，跳躍高度並不能代表動態負荷運動的爆發力和力量水準，相較之下 IMTP 測驗與動態肌力測驗較能反映運動員的力量素質 (Thomas et al., 2015)。Giles et al. (2022) 的回顧性研究指出，IMTP 的力量表現與動態運動表現測試（短跑衝刺、跳躍、動態肌力）之間具有中等到很強的相關性。Nuzzo et al. (2008) 指出以等長最大肌力推算的 RS 與跳躍高度有很強的關係，在保持最佳體重的情況下，增加最大肌力有助於提高 CMJ 的表現，因此透過 IMTP RS 來瞭解跳躍高度應當是合理的。

在短跑衝刺表現部分，大多以固定距離下的衝刺時間或速度作為衡量依據，過去的研究發現，成人的動態 RS 和短距離衝刺速度有顯著的關係 (Comfort et al., 2012; McBride et al., 2009)。Townsend et al. (2019) 發現測力板 IMTP 的 PF 與峰值衝刺速度具有顯著的關係 ($r = .50$)，測力板 50–250 毫秒之 RFD 與 5 公尺衝刺功率也有顯著的關係 ($r = .42-.62$)。在過去，短跑衝刺時常被作為評估兒童運動表現的方式，衝刺速度較快的運動員，通常具有更好的加速能力、協調性、反應能力，參與運動競賽更具優勢 (Steenman et al., 2016)。Oliver et al. (2013) 指出，兒童短跑衝刺時，加速的動力主要歸因於功率和力量的增加，步長的增加歸咎於 RS 的施加，因此透過力量評估來瞭解短跑衝刺表現是重要的依據，依照力量評估的反饋來設定短跑衝刺訓練

的計畫及階段，亦是運動員長期發展不可忽略的。

根據牛頓第二運動定律 $F = ma$ ，可以解釋為力的大小和物體的質量和加速度的乘積成正比，而人體產生力量的能力和人體質量及運動時的肢體加速度有絕對的關係，可以理解為力量和速度彼此是相互依賴的，而高功率輸出的能力，取決於兩者的平衡，其中影響運動員高功率輸出的能力主要取決兩個因素，其一是快速產生力量的能力，其二是肌肉高速度收縮的能力 (Haff & Nimphius, 2012)。James et al. (2023) 的回顧研究指出，力量具有不同的特性，可以透過不同的方式診斷力量，每一種特質，都有不同的運動檢測方式和動作為代表，包括快速動態肌力 (fast dynamic strength) 以 CMJ 和短跑衝刺為代表；重負荷動態肌力 (heavy dynamic strength) 以負重深蹲、硬舉、臥推為代表；爆發力 (explosive strength) 指的是快速產生力量的能力，以 RFD 作為代表；最大等長肌力 (maximal isometric strength) 以不改變關節角度的動作模式進行，以 IMTP、等長背蹲舉為代表；反應肌力 (reactive strength) 是連續動作中，肌肉離心運動轉換到向心運動的進程，以落下跳 (drop jump test, DJ) 及 10/5 重複跳躍測驗為代表，值得注意的是在最大等長肌力測試中，不同時間點的 PF，可能代表不同的力量特質，雖然等長肌力與動態肌力的機轉不同，但其關係卻十分密切。

雖然使用荷重元進行 IMTP 測驗，對於評估國小學童肌力可能很適合，但過去 IMTP 的研究，大多以測力板作為檢測工

具，使用的張力計及荷重元儀器也不相同，除此之外，尚不清楚國小學童等長最大肌力與跳躍高度和短跑衝刺速度的關係，因此仍須進一步的研究，以利未來能夠在基層實踐。

二、研究的重要性

本研究主旨在探討國小學童使用荷重元作為最大肌力測試與跳躍高度和短跑衝刺速度之關係。設計安全、有效、適合兒童的阻力訓練計畫，應該以運動員的最大肌力作為參考，欲推動運動科學與運動訓練的發展，也需要將運動檢測和實際訓練良好的整合，透過客觀、可靠的方式進行數據收集，才能破除以教練主觀經驗的誤判和猜測。

隨著時代的進步，將過去在實驗室環境中使用的運動檢測方式簡化，並運用於訓練場，已經逐漸成為趨勢，透過 IMTP 測驗所獲得的 PF，可以作為最大肌力的代表，替代 1RM 的結果，而 RS 可以反映跳躍高度和短跑衝刺速度。

張力計是拉力計、吊秤、荷重元的統稱，荷重元是最常見的秤重傳感器，雖然當前測力板 IMTP 是普遍公認的指標，但較難被國小運動團隊採用，荷重元更實惠，且攜帶上較不受空間限制，可能會是良好的替代方式，因此本研究欲藉由調查使用荷重元與測力板最大等長肌力表現的關係，以及上述最大等長肌力與運動表現的相關性，以利運動科學檢測方法，能運用於國小學童阻力訓練及肌力與體能訓練中。

貳、研究方法

一、研究對象

本研究招募 50 名國民小學高年級 11-13 歲國小學童 (25 位男生，25 位女生)，參與者運動背景包括小學校隊成員及體育教師推薦之學生。本研究通過臺北市立大學人體研究委員會一般風險審查 (UT-IRB-2022-075)，研究參與者需取得法定代理人同意並填寫健康狀況調查問卷，確認無運動不良的可能，才能參與本研究。

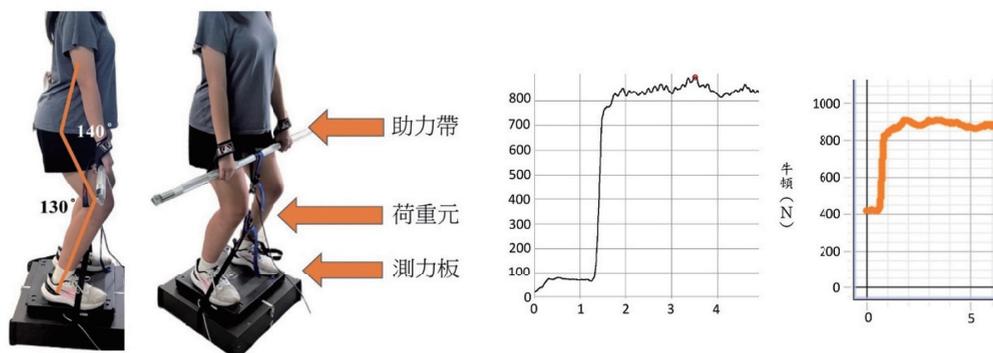
二、測驗項目

(一) IMTP

將 Pasco 測力板 (美國 Pasco Scientific, PS-2142) (取樣頻率 1,000 Hz) 放置於自製木檯上，並將荷重元 (巴西 Chronojump Boscossystem) (取樣頻率 160 Hz) 及握把以吊重皮帶安裝於中間，使拉把的高度及位置能夠在舉重上搏動作第二拉的開始位置。Chronojump 荷重元測量組內相關係數為 .90-.97 (變量係數為 3.4 - 6.5%) (Sousa et al., 2024)。測驗姿勢膝關節角度保持在 130°，髖關節角度在 140°，以關節量角器 (臺灣科正) 測量，並在大腿位置貼上標示，測驗時研究參與者需使用舉重助握帶，防止握力成為測驗限制因素 (圖 1)。正式測驗開始前，研究參與者需完成標準化 10 分鐘熱身，包括 3 次 2 組的 SJ、CMJ，以及 6 次 2 組的懸垂硬舉、膝上高拉 (以塑膠管完成)，正式測驗時，參與者需盡可能快速上拉，以最大努力完成，持續用力 5 秒，以曲線最大 PF 採計 (Comfort et al.,

圖 1

本研究學童操作 IMTP 與測量數據示意圖



2019), 測力板 PF 扣除體重來計算, RS 計算方式為 $PF (N)$ 除以體重 (kg)。

(二) CMJ

以 PASCO 測力板測量 CMJ 高度, 以 PASCO capstone 軟體記錄成績, 跳躍高度公式為:

$$h = 1/2 \times g \times (t/2)^2, g = 9.81 \text{ m/sec}^2 \quad (1)$$

t = 騰空時間。測驗時先將測力板放置於地面, 研究參與者以雙手叉腰無擺臂的方式執行跳躍, 在雙腳與肩同寬的站姿, 靜止等待研究人員的指令, 聽到開始指令後, 盡可能快速下蹲, 預蹲時盡量屈膝 90° , 跳躍時盡可能完成三關節伸展 (踝、膝與髖關節), 以獲得較好的發力, 運動員不僅需要盡可能跳高, 也要嘗試以起跳時相同的位置落地。在測驗前, 進行 3 次 2 組之 SJ 和 CMJ 練習, 確保跳躍時能做出完整的發力, 正式測驗時至少進行 2 次, 如動作失敗或未完成, 則進行第 3 次測驗, 以最佳成績採計 (Gheller et al., 2014)。跳躍高度以公分記錄。

(三) 40 公尺衝刺

此測驗在學校徑賽跑道上進行, 使用電子測距輪 (臺灣徠福, no-4128) 確認測速光柵放置位置, 於起點、10 公尺及 40 公尺位置, 安裝 Smartspeed 測速系統 (美國 Smartspeed timing gate system)。測驗開始前所有研究參與者, 完成 10 分鐘標準化的馬克操練習作為熱身, 待完成準備後, 研究參與者依照順序站於起跑線後, 聽從發令, 待發令電子哨 (音飛速) 響聲後, 全力衝刺至 40 公尺終點。測驗時至少進行兩次, 中間休息 3 分鐘, 如測驗失敗, 則進行第 3 次測驗, 以最佳成績採計。

三、統計方法

本研究各項目測驗以樣本平均數 (sample mean, SM) 和標準差 (standard deviation, SD) 進行統計, 以 SPSS 26.0 進行統計分析, 各項目測驗以及荷重元與 PASCO 測力板 IMTP 進行組內相關係數檢驗 (intraclass correlation coefficient, $ICC_{2,1}$), 以測量各測驗項目與測驗器材之間的可靠性分析。另

外，各項目測驗之間以皮爾森積差相關分析進行相關性分析。相關係數的標準水平如下：可忽略 ($r < .10$)、弱 ($.10 < r < .39$)、中等 ($.40 < r < .69$)、很強 ($.70 < r < .89$)、非常強 ($.90 < r < 1$) (Schober et al., 2018)。

參、結果

50 名 11–13 歲國小學童，其中男學童 25 名、女學童 25 名。成員為田徑隊 23 人、籃球隊 11 人、射箭隊 4 人、體操隊 3 人、桌球隊 1 人、跆拳道隊 3 人與體育優異學生 5 人 (表 1)，各測驗項目依變項之結果 (表 2)。

在荷重元與測力板 IMTP PF 的同步測驗結果中，雖然已將測力板所獲得的力扣除體重，但兩系統的數值並不完全相同，仍具有差異，其中男生差距為 56.65 (n)，女生差距為 79.94 (n)，總體差距為 50.3 (n)，雖然上述所測得之結果差距不大，但相較於測力板，荷重元可能會低估表現。在荷重元 PF 和 RS、測力板 PF 和 RS，男性表現較女性佳，另外在 CMJ 及衝刺測驗的結果中，男性表現較女性佳 (表 2)。

表 2 同時呈現各測驗項目依變項之組內相關係數，最低值為測力板 RS 再測信

表 1

參與者基本資料

樣本數	(n)	年齡 (yrs)	身高 (cm)	體重 (kg)
男學童	25	11.4 ± 0.6	153.0 ± 7.7	41.4 ± 11.4
女學童	25	11.4 ± 0.6	153.2 ± 7.0	45.6 ± 10.2
全部	50	11.4 ± 0.6	153.1 ± 7.3	43.5 ± 10.9

表 2

各測驗項目之結果

測驗項目	男學童 ($n = 25$)	女學童 ($n = 25$)	總體 ($N = 50$)	ICC	95% CI
CMJ-H (cm)	24.90 ± 4.00	23.30 ± 4.40	24.10 ± 4.60	.92	.86–.95
IMTP-PF (n)	920.20 ± 283.300	812.20 ± 197.10	866.20 ± 247.60	.83	.72–.90
IMTP-RS (n/kg)	22.50 ± 5.60	17.80 ± 3.57	20.20 ± 5.10	.78	.64–.87
LC-PF (n)	863.50 ± 295.30	732.20 ± 196.80	815.90 ± 241.90	.93	.88–.96
LC-RS (n/kg)	21.00 ± 5.40	16.60 ± 3.20	19.00 ± 4.70	.90	.83–.94
10 m (s)	2.10 ± 0.20	2.20 ± 0.10	2.20 ± 0.10	.80	.67–.88
40 m (s)	6.70 ± 0.50	7.00 ± 0.40	6.90 ± 0.50	.95	.92–.97
10 m (m/s)	4.80 ± 0.40	4.60 ± 0.20	4.70 ± 0.30	.79	.65–.87
40 m (m/s)	6.00 ± 0.50	5.70 ± 0.40	5.90 ± 0.40	.95	.92–.97

註：1. ICC 值為測驗之間可信度分析。

2. CI：confidence interval (信賴區間)；CMJ-H：countermovement jump-height (反向跳高度)；IMTP-PF：isometric mid-thigh pull-peak force (測力板峰值力)；IMTP-RS：isometric mid-thigh pull-relative strength (測力板相對力量)；LC-PF：load cells-peak force (荷重元峰值力)；LC-RS：load cells-relative strength (荷重元相對力量)；10 m (s)：10 公尺衝刺速度 (秒)；40 m (s)：40 公尺衝刺速度 (秒)；10 m (m/s) = 10 公尺衝刺速度 (公尺/秒)；40 m (m/s) = 40 公尺衝刺速度 (公尺/秒)。

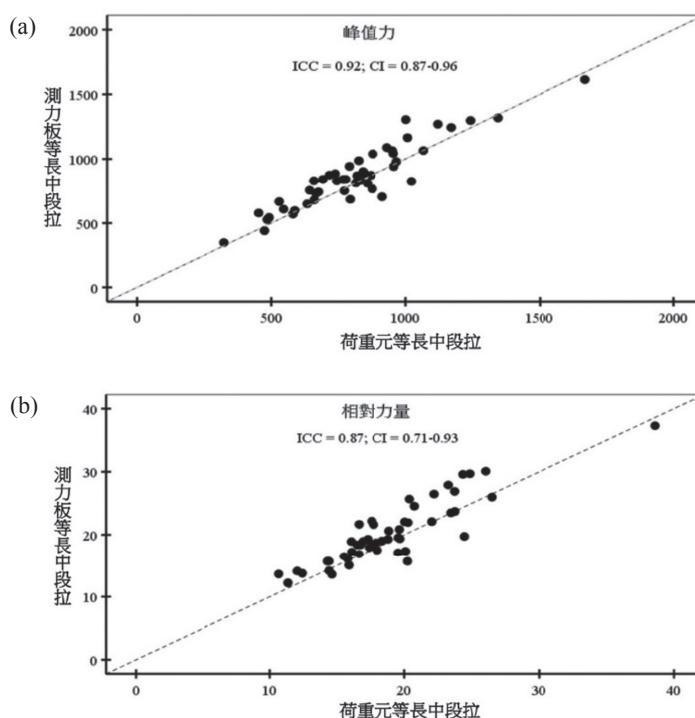
度 ICC 值為 .78，最高值為 40 公尺衝刺速度與秒數 ICC 值為 .95。在荷重元與測力板 IMTP 組內相關係數 PF 為 .92 (信賴區間為 [.87-.96]) 與 RS 為 .87 (信賴區間為 [.71-.93]) (圖 2)。

圖 3 呈現荷重元和測力板 IMTP 之相關性分析結果，荷重元與測力板 PF 之間具有非常強正相關 ($r = .925$)、RS 具有非常強的正相關 ($r = .893$)。在上述兩系統 IMTP 及 CMJ 高度之關係，測力板 RS 與 CMJ 高度之間具有中等的正相關 ($r = .406$)、PF 與 CMJ 高度相關性為弱。荷重元 RS 與 CMJ 高度之間具有中等的正相關 ($r = .484$)，PF 與 CMJ 高度相關性同樣為弱。

在測力板和荷重元中段拉 PF 與衝刺表現之關係中，測力板 PF 與 10 公尺衝刺秒數具有中等的負相關 ($r = -.432$)、與 10 公尺衝刺速具有中等的正相關 ($r = .468$)、與 40 公尺衝刺秒數具有中等的負相關性 ($r = -.414$)、與 40 公尺衝刺速度具有中等的正相關 ($r = .441$)。荷重元 PF 與 10 公尺衝刺秒數具有中等的負相關 ($r = -.539$)、與 10 公尺衝刺速度具有中等的正相關 ($r = .570$)、與 40 公尺衝刺秒數具有中等的負相關 ($r = -.516$)、與 40 公尺衝刺速度具有中等的正相關 ($r = .542$)。

在測力板和荷重元中段拉 RS 與衝刺表現之關係中，測力板 RS 與 10 公尺衝刺秒

圖 2
荷重元與測力板 IMTP 組內相關係數



註：(a) 為測力板與荷重元 PF 之組內相關係數；(b) 為測力板與荷重元 RS 之組內相關係數。

圖 3

IMTP 與 CMJ 高度和衝刺表現的相關性分析

	CMJ-H	IMTP-PF	IMTP-RS	LC-PF	LC-RS	10m (s)	40m (s)	10m (m/s)	40m (m/s)
CMJ-H	1								
IMTP-PF	0.222	1							
IMTP-RS	0.406	0.622	1						
LC-PF	0.292	0.925	0.518	1					
LC-RS	0.484	0.603	0.893	0.672	1				
10m (s)	-0.622	-0.432	-0.373	-0.539	-0.519	1			
40m (s)	-0.658	-0.414	-0.341	-0.516	-0.475	0.929	1		
10m (m/s)	0.618	0.468	0.402	0.57	0.545	-0.995	-0.913	1	
40m (m/s)	0.674	0.441	0.361	0.542	0.496	-0.938	-0.994	0.93	1



註：CMJ-H (cm)：countermovement jump-height (反向跳高度)；IMTP-PF (*n*)：isometric mid-thigh pull-peak force (測力板峰值力)；IMTP-RS (*n*/kg)：isometric mid-thigh pull-relative strength (測力板相對力量)；LC-PF (*n*)：load cells-peak force (荷重元峰值力)；LC-RS (*n*/kg)：load cells-relative strength (荷重元相對力量)；10 m (s)：10 公尺衝刺速度 (秒)；40 m (s)：40 公尺衝刺速度 (秒)；10 m (m/s) = 10 公尺衝刺速度 (公尺/秒)；40 m (m/s) = 40 公尺衝刺速度 (公尺/秒)。

數具有中等的負相關 ($r = -.373$)、與 10 公尺衝刺速度具有中等的正相關 ($r = .402$)、與 40 公尺衝刺秒數具有中等的負相關 ($r = -.341$)、與 40 公尺衝刺速度具有中等的正相關 ($r = .361$)。荷重元 RS 與 10 公尺衝刺秒數具有中等的負相關 ($r = -.519$)、與 10 公尺衝刺速度具有中等的正相關 ($r = .545$)、與 40 公尺衝刺秒數具有中等的負相關 ($r = -.475$)、與 40 公尺衝刺速度具有中等的正相關 ($r = .496$)。

肆、討論

一、荷重元與測力板 IMTP 之關係

在荷重元 IMTP 與測力板 IMTP 測驗的關係，IMTP PF 具有非常強的正相關 ($r = .925$)；在 IMTP RS 也具有很強的正相關 ($r = .893$)。先前研究發現動態最大肌力與測力

板 IMTP 測驗都具有顯著的正相關，其相關性程度達到非常強到很強的關係 (Brady et al., 2018; Comfort et al., 2019; De Witt et al., 2018; Joffe et al., 2023)，而且 IMTP 測驗中所獲得的 PF，不僅能用來評估運動員的肌力和爆發力，在運動傷害防護的應用或復健的過程中，都是良好的評估工具 (Stofberg et al., 2024)。透過良好肌力測試所獲得的 RS 數值，能作為兒童和青少年在運動發展過程，力量儲備的依據和參考值，用以建立具體的肌力標準 (Faigenbaum et al., 2019)。雖然本研究採取兩系統在同一個動作中進行同步測驗，但荷重元與測力板收取數據的方式和施力模式略有不同，測力板以向下踩的方式對其施力收集數據，而荷重元則是透過上拉橫桿的方式，對儀器施力，因此，研究者認為荷重元的採樣方式可能與實際硬舉的模式更接近 (Pichardo

et al., 2024; Till et al., 2018)。本研究的結果發現，國小學童同步使用荷重元與測力板來測驗 IMTP 能力，兩者的檢測結果之間具有非常強的正相關，因此國小學童使用荷重元 IMTP 測驗其 PF 和 RS 的結果也能用來獲得與測力板相同有效的可靠數據。

二、IMTP 與 CMJ 高度之關係

在 IMTP 與 CMJ 高度的關係，荷重元 RS 與 CMJ 高度具有中等的正相關 ($r = .484$)；測力板 RS 與 CMJ 高度具有中等的正相關 ($r = .406$)，兩系統之 PF 與 CMJ 高度為弱相關。結果可以說明，兩系統在與 CMJ 高度的關係中，數據所呈現的關係是類似的，但荷重元 RS 似乎與 CMJ 高度的關係更強。過去的研究認為，下肢肌力與改善力量時間特性的能力有密切的關係，更強的力量有助於運動員發展跳躍、衝刺和改變方向等能力，同時也更能降低受傷的風險。透過 RS 所處的階段來瞭解運動員的狀況及其運動技能的特性，可能是有效的監控方式 (Suchomel et al., 2016)。值得注意的是，Schiemann et al. (2024) 的研究，比較了足球、籃球、舉重、美式足球等不同運動項目的運動員，硬舉 1RM 與 CMJ 高度的關係，硬舉 1RM 對跳躍高度有中等相關性 ($r = .30-.47$)。Nuzzo et al. (2008) 的研究指出，CMJ 峰值功率和 CMJ 高度之間存在正相關性，而且動態 RS (1RM / 體重) 與 CMJ 峰值功率、CMJ 峰值速度和 CMJ 高度之間也具有正相關性，代表透過肌力訓練增加峰值功率輸出，可能有效提高 CMJ 高度。過去的研究還發現，

在最大等長肌力測驗的結果中，比起 PF RS 與跳躍高度的相關性往往更強 (Morris et al., 2020; Nuzzo et al., 2008)。由於 IMTP 是以固定姿勢及固定角度下進行測量，其發力技術對於兒童或休閒運動者來說可能更好掌握 (Moeskops et al., 2018)。因此透過荷重元 IMTP RS 來瞭解跳躍表現應當也是合理的。

三、衝刺速度與 IMTP 之關係

本研究發現 IMTP 力量表現與衝刺表現在荷重元所獲得的正關係性更佳。在短跑衝刺的過程中，依照距離可以分為三個不同的階段，分別為起跑加速階段、最大速度階段及速度維持階段。其中起跑加速階段與最大肌力的能力較有相關 (Maćkała et al., 2015)。短跑衝刺速度受到啟動速度、步長、步頻、騰空時間所影響，其中步長對於兒童衝刺加速具有重要的影響，也與 RS 具有很強的關係 (Meyers et al., 2016, 2019; Oliver et al., 2013)。Turner et al. (2020) 發現不同運動技術產生力量的機制與其特定時間產生的力量有關。需要注意的是，在本研究中無論是 IMTP 與 10 公尺和 40 公尺衝刺測驗，皆是在短時間內進行最大能力施展。且在衝刺的過程中，是相對於體重力量產生導致速度增加的結果 (Mason et al., 2021; West et al., 2011)。研究者認為，本研究所進行 10 公尺衝刺應屬起跑階段，而 40 公尺衝刺屬於加速階段，因此考量上述的力學因素及力量時間特性，透過荷重元 IMTP RS 來衡量衝刺速度應當是合理的。

四、研究限制

由於兒童的肌肉、肌腱反射作用在發育上尚未成熟，如果兒童未具備足夠的肌肉和神經肌肉控制技術，在運動表現上，可能不具有和成人相同的水準，從而導致肌力水準和跳躍表現及衝刺能力較成人低的可能 (Sahrom et al., 2013)。而且兒童生理和運動技術的限制下，CMJ PF 可能不會直接影響兒童的跳躍高度 (Focke et al., 2013)。況且運動員在跳躍時可能因為採取的策略不同，產生不同的力量時間曲線，卻達到相同的跳躍高度 (Lum et al., 2020)。由於本研究旨在探討最大 IMTP 與 CMJ 高度及衝刺表現之關係，因此在不同時間之 CMJ PF、反應性力量 (reactive strength index, RSI)、RFD、離心利用率 (eccentric utilization ratio, EUR) 之關係等尚不清楚。

最後，雖然本研究的參與者為學校代表隊成員，但各隊的訓練狀況可能有不同的差異，況且在小學階段主要以培養興趣為主，因此許多成員的訓練情況，無法和菁英運動員相提並論，也無法代表未經訓練的國小學童。

伍、結論與建議

目前 IMTP PF，被認為是測量兒童最大肌力安全、有效的方法，過去測力板 IMTP 被認為是測驗標準，但使用荷重元也能達到相似的效果，雖然與荷重元 IMTP 產生力量的方式及採樣的機制與測力板並不完全相同，但本研究發現兩者在 IMTP PF 的相關性非常強。因此在沒有測

力板的情況下，使用荷重元 IMTP PF 來瞭解國小學童最大肌力表現應該是可行的方式，而且荷重元 IMTP RS 與 CMJ 高度及短跑衝刺表現具有顯著的關係，由此可知，RS 對於跳躍高度及短跑速度的發展來說可能是重要組成，即使是國小學童運動員，若要提高跳躍高度和短跑速度，對於強化最大肌力和 RS 所需的神經肌肉訓練亦不可忽視。

雖然測力板能獲得的數據較完整且具備的檢測功能較完善，荷重元無法完全取而代之，但荷重元 IMTP 測驗具有安全、操作技術容易等優勢，且荷重元比測力板更方便攜帶，成本也比較低，或許是適合基層發展科學化訓練或預算較低的情況下，可行的方案。

參考文獻

1. Al-Dahiree, O. S., Tokhi, M. O., Hadi, N. H., Hmoad, N. R., Ghazilla, R. A. R., Yap, H. J., & Albaadani, E. A. (2022). Design and shape optimization of strain gauge load cell for axial force measurement for test benches. *Sensors*, 22(19), Article 7508. <https://doi.org/10.3390/s22197508>
2. Beckham, G., Mizuguchi, S., Carter, C., Sato, K., Ramsey, M., Lamont, H., Hornsby, G., Haff, G., & Stone, M. (2013). Relationships of isometric mid-thigh pull variables to weightlifting performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 53(5), 573–581.
3. Brady, C. J., Harrison, A. J., & Comyns, T. M. (2018). A review of the reliability of

- biomechanical variables produced during the isometric mid-thigh pull and isometric squat and the reporting of normative data. *Sports Biomechanics*, 19(1), 1–25. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1452968>
4. Comfort, P., Bullock, N., & Pearson, S. J. (2012). A comparison of maximal squat strength and 5-, 10-, and 20-meter sprint times, in athletes and recreationally trained men. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 937–940. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31822e5889>.
 5. Comfort, P., Dos Santos, T., Beckham, G. K., Stone, M. H., Guppy, S. N., & Haff, G. G. (2019). Standardization and methodological considerations for the isometric midhigh pull. *Strength and Conditioning Journal*, 41(2), 57–79. <https://doi.org/10.1519/SSC.000000000000433>
 6. De Witt, J. K., English, K. L., Crowell, J. B., Kalogera, K. L., Williams, M. E., Nieschwitz, B. E., Hanson, A. M., & Ploutz-Snyder, L. L. (2018). Isometric midhigh pull reliability and relationship to deadlift one repetition maximum. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(2), 528–533. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001605>
 7. Duhig, S. J. (2013). Strength training for the young athlete. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 21(4), 53–58.
 8. Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J. R., Jeffreys, I., Micheli, L. J., Nitka, M., & Rowland, T. W. (2009). Youth resistance training: Updated position statement paper from the national strength and conditioning association. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(Suppl. 5), S60–S79. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31819df407>
 9. Faigenbaum, A. D., MacDonald, J. P., & Haff, G. G. (2019). Are young athletes strong enough for sport? DREAM on. *Current Sports Medicine Reports*, 18(1), 6–8. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000554>
 10. Faigenbaum, A. D., Milliken, L. A., & Westcott, W. L. (2003). Maximal strength testing in healthy children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 162–166. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2003\)017<0162:mstihc>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2003)017<0162:mstihc>2.0.co;2)
 11. Focke, A., Strutzenberger, G., Jekauc, D., Worth, A., Woll, A., & Schwameder, H. (2013). Effects of age, sex and activity level on counter-movement jump performance in children and adolescents. *European Journal of Sport Science*, 13(5), 518–526. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.756069>
 12. Gheller, R. G., Dal Pupo, J., de Lima, L. A. P., de Moura, B. M., & dos Santos, S. G. (2014). Effect of squat depth on performance and biomechanical parameters of countermovement vertical jump. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 16(6), 658–668. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2014v16n6p658>
 13. Giles, G., Lutton, G., & Martin, J. (2022). Scoping review of the isometric mid-thigh pull performance relationship to dynamic sport performance assessments. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7(4), Article 114. <https://doi.org/10.3390/jfmk7040114>
 14. Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B. J., &

- Pedisic, Z. (2020). Test–retest reliability of the one-repetition maximum (1RM) strength assessment: A systematic review. *Sports Medicine—Open*, 6, Article 31. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z>
15. Guthrie, B., Jagim, A. R., & Jones, M. T. (2023). Ready or not, here I come: A scoping review of methods used to assess player readiness via indicators of neuromuscular function in football code athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 45(1), 93–110. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000735>
 16. Haff, G. G., & Nimphius, S. (2012). Training principles for power. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 2–12. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826db467>
 17. James, L. P., Roberts, L. A., Haff, G. G., Kelly, V. G., & Beckman, E. M. (2017). Validity and reliability of a portable isometric mid-thigh clean pull. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(5), 1378–1386. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001201>
 18. James, L. P., Talpey, S. W., Young, W. B., Geneau, M. C., Newton, R. U., & Gustin, P. B. (2023). Strength classification and diagnosis: Not all strength is created equal. *Strength and Conditioning Journal*, 45(3), 333–341. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000744>
 19. Joffe, S. A., Price, P., Chavda, S., Shaw, J., & Tallent, J. (2023). The relationship of lower-body, multijoint, isometric and dynamic neuromuscular assessment variables with snatch, and clean and jerk performance in competitive weightlifters: A meta-analysis. *Strength and Conditioning Journal*, 45(4), 411–428. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000755>
 20. Lloyd, R. S., Faigenbaum, A. D., Stone, M. H., Oliver, J. L., Jeffreys, I., Moody, J. A., Brewer, C., Pierce, K. C., McCambridge, T. M., Howard, R., Herrington, L., Hainline, B., Micheli, L. J., Jaques, R., Kraemer, W. J., McBride, M. G., Best, T. M., Chu, D. A., Alvar, B. A., & Myer, G. D. (2014). Position statement on youth resistance training: The 2014 International Consensus. *British Journal of Sports Medicine*, 48(7), 498–505. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092952>
 21. Lum, D., Haff, G. G., & Barbosa, T. M. (2020). The relationship between isometric force-time characteristics and dynamic performance: A systematic review. *Sports*, 8(5), Article 63. <https://doi.org/10.3390/sports8050063>
 22. Maćkała, K., Fostiak, M., & Kowalski, K. (2015). Selected determinants of acceleration in the 100m sprint. *Journal of Human Kinetics*, 45, 135–148. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0014>
 23. Mason, L., Kirkland, A., Steele, J., & Wright, J. (2021). The relationship between isometric mid-thigh pull variables and athletic performance measures: Empirical study of English professional soccer players and meta-analysis of extant literature. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 61(5), 645–655. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.11205-2>
 24. McBride, J. M., Blow, D., Kirby, T. J., Haines, T. L., Dayne, A. M., & Triplett, N. T. (2009). Relationship between maximal squat strength and five, ten, and forty yard sprint times. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1633–1636. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b2b8aa>

25. McMahon, J. J., Ripley, N. J., & Comfort, P. (2022). Force plate-derived countermovement jump normative data and benchmarks for professional rugby league players. *Sensors*, 22(22), Article 8669. <https://doi.org/10.3390/s22228669>
26. Meyers, R. W., Moeskops, S., Oliver, J. L., Hughes, M. G., Cronin, J. B., & Lloyd, R. S. (2019). Lower-limb stiffness and maximal sprint speed in 11–16-year-old boys. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7), 1987–1995. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002383>
27. Meyers, R. W., Oliver, J. L., Hughes, M. G., Lloyd, R. S., & Cronin, J. B. (2016). The influence of maturation on sprint performance in boys over a 21-month period. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(12), 2555–2562. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001049>
28. Milliken, L. A., Faigenbaum, A. D., Loud, R. L., & Westcott, W. L. (2008). Correlates of upper and lower body muscular strength in children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1339–1346. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31817393b1>
29. Moeskops, S., Oliver, J. L., Read, P. J., Cronin, J. B., Myer, G. D., Haff, G. G., & Lloyd, R. S. (2018). Within-and between-session reliability of the isometric mid-thigh pull in young female athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(7), 1892–1901. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002566>
30. Montoro-Bombú, R., Gomes, B. B., Santos, A., & Rama, L. (2023). Validity and reliability of a load cell sensor-based device for assessment of the isometric mid-thigh pull test. *Sensors*, 23(13), Article 5832. <https://doi.org/10.3390/s23135832>
31. Morris, R. O., Jones, B., Myers, T., Lake, J., Emmonds, S., Clarke, N. D., Singleton, D., Ellis, M., & Till, K. (2020). Isometric midhigh pull characteristics in elite youth male soccer players: Comparisons by age and maturity offset. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(10), 2947–2955. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002673>
32. 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. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 699–707. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816d5eda>
33. Oliver, J. L., Lloyd, R. S., Mathews, T. A., Moeskops, S., Morris, S. J., Pedley, J. S., & Radnor, J. M. (2022). Assessing strength and power in youth populations: What to measure and what to report? *ACSM's Health and Fitness Journal*, 26(5), 20–28. <https://doi.org/10.1249/FIT.0000000000000799>
34. Oliver, J. L., Lloyd, R. S., & Rumpf, M. C. (2013). Developing speed throughout childhood and adolescence: The role of growth, maturation and training. *Strength and Conditioning Journal*, 35(3), 42–48. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3182919d32>
35. Petrigna, L., Karsten, B., Marcolin, G., Paoli, A., D'Antona, G., Palma, A., & Bianco, A. (2019). A review of countermovement and squat jump testing methods in the context of public health examination in adolescence: Reliability and feasibility of current testing procedures. *Frontiers in Physiology*, 10, Article 1384. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01384>

- doi.org/10.3389/fphys.2019.01384
36. Pichardo, A. W., Neville, J., Tinwala, F., Cronin, J. B., & Brown, S. R. (2024). Validity and reliability of force-time characteristics Using a portable load cell for the isometric midthigh pull. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(1), 185–191. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004672>
 37. Romero-Franco, N., Fernández-Domínguez, J. C., Montaña-Munuera, J. A., Romero-Franco, J., & Jiménez-Reyes, P. (2019). Validity and reliability of a low-cost dynamometer to assess maximal isometric strength of upper limb: Low cost dynamometry and isometric strength of upper limb. *Journal of Sports Sciences*, 37(15), 1787–1793. <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1594570>
 38. Romero-Franco, N., Jiménez-Reyes, P., & Montaña-Munuera, J. A. (2017). Validity and reliability of a low-cost digital dynamometer for measuring isometric strength of lower limb. *Journal of Sports Sciences*, 35(22), 2179–2184. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1260152>
 39. Sahrom, S. B., Cronin, J. B., & Harris, N. K. (2013). Understanding stretch shortening cycle ability in youth. *Strength and Conditioning Journal*, 35(3), 77–88. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e318295560a>
 40. Schiemann, S., Keiner, M., Wirth, K., Lohmann, L. H., Wagner, C.-M., Behm, D. G., & Warneke, K. (2024). The magnitude of correlation between deadlift 1RM and jumping performance is sports dependent. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, Article 1345213. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1345213>
 41. Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
 42. Sousa, T., Pereira, A., Marques, D. L., Neiva, H. P., Marinho, D. A., & Marques, M. C. (2024). Validity and reliability of the T-Force and chronojump systems to measure movement velocity on resistance machines with older adults. *Scientific Reports*, 14(1), Article 23727. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74159-0>
 43. Steenman, K., Verschuren, O., Rameckers, E., Douma-van Riet, D., & Takken, T. (2016). Extended reference values for the muscle power sprint test in 6-to 18-year-old children. *Pediatric Physical Therapy*, 28(1), 78–84. <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000209>
 44. Stofberg, J. P. J., Aginsky, K., Van Aswegen, M., & Kramer, M. (2024). Changes in isometric mid-thigh pull peak force and symmetry across anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation phases. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, 5, Article 1418270. <https://doi.org/10.3389/fresc.2024.1418270>
 45. Stone, M. H., O'Bryant, H. S., Hornsby, G., Cunanan, A., Mizuguchi, S., Suarez, D. G., South, M., Marsh, DJ., Haff, G. G., Ramsey, M. W., Beckham, G. K., Santana, H. AP., Wagle, J. P., Stone, M. E., & Pierce, K. C. (2019). Using the isometric mid- thigh pull in the monitoring of weightlifters: 25+ years of experience. *Professional Strength and Conditioning*, 54, 19–26.
 46. Stricker, P. R., Faigenbaum, A. D., McCambridge, T. M., & Council on Sports

- Medicine and Fitness, LaBella C. R., Brooks, M. A., Canty, G., Diamond, A. B., Hennrikus, W., Logan, K., Moffatt, K., Nemeth, B. A., Pengel, K. B., & Peterson A. R. (2020). Resistance training for children and adolescents. *Pediatrics*, *145*(6), Article e20201011. <https://doi.org/10.1542/peds.2020-1011>
47. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, *46*(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
48. Thomas, C., Jones, P. A., Rothwell, J., Chiang, C. Y., & Comfort, P. (2015). An investigation into the relationship between maximum isometric strength and vertical jump performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *29*(8), 2176–2185. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000866>
49. Till, K., Morris, R., Stokes, K., Trewartha, G., Twist, C., Dobbin, N., Hunwicks, R., & Jones, B. (2018). Validity of an isometric midthigh pull dynamometer in male youth athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(2), 490–493. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002324>
50. Townsend, J. R., Bender, D., Vantrease, W. C., Hudy, J., Huet, K., Williamson, C., Bechke, E., Serafini, P. R., & Mangine, G. T. (2019). Isometric midthigh pull performance is associated with athletic performance and sprinting kinetics in division I men and women's basketball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(10), 2665–2673. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002165>
51. Turner, A. N., Comfort, P., McMahon, J., Bishop, C., Chavda, S., Read, P., Mundy, P., & Lake, J. (2020). Developing powerful athletes, part 1: Mechanical underpinnings. *Strength and Conditioning Journal*, *42*(3), 30–39. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000543>
52. Weakley, J., Black, G., McLaren, S., Scantlebury, S., Suchomel, T. J., McMahon, E., Watt, D., & Read, D. B. (2023). Testing and profiling athletes: Recommendations for test selection, implementation, and maximizing information. *Strength and Conditioning Journal*, *46*(2), 159–179. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000784>
53. West, D. J., Owen, N. J., Jones, M. R., Bracken, R. M., Cook, C. J., Cunningham, D. J., Shearer, D. A., Finn, C. V., Newton, R. U., Crewther, B. T., & Kilduff, L. P. (2011). Relationships between force–time characteristics of the isometric midthigh pull and dynamic performance in professional rugby league players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(11), 3070–3075. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318212dcd5>

Relationship Between Portable Load Cell for Isometric Midthigh Pull and Countermovement Jump and Sprint Performance in Elementary School Children

Kuo-Wei Tsai, Yung-Sheng Chen*

Department of Exercise and Health Sciences, University of Taipei

*Corresponding Author: Yung-Sheng Chen

Address: No. 101, Sec. 2, Zhongcheng Rd., Shilin Dist., Taipei City 111, Taiwan (R.O.C.)

E-mail: yschen@utapei.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.202512_34(2).0002

Received: November, 2024 Accepted: April, 2025

Abstract

Background: The use of force plates for isometric mid-thigh pull (IMTP) for muscular strength assessment has become increasingly prevalent. However, the alternative method using load cells for IMTP and its relationship with counter movement jump (CMJ) height and sprint performance in elementary school children remains unclear. **Purpose:** To examine the validity of IMTP between force plate and load cells and its correlation between the CMJ and sprint performance. **Methods:** Fifty children from elementary school sports teams were enrolled in this study (25 boys and 25 girls, age: 11.4 ± 0.6 years; height: 153.1 ± 7.3 cm; body weight: 43.5 ± 10.9 kg). The tests included standing and sitting height, body weight, IMTP, CMJ height, and 10-meter and 40-meter sprints. The intraclass correlation coefficient (ICC_{2,1}) was used to examine the IMTP between the force plate and load cells. Additionally, Pearson's product-moment correlation analysis was used to examine the relationship among the testing variables. **Results:** The ICC between the devices was 0.92 (confidence interval [CI]: .87–.96) and 0.87 (CI: .71–.93) for peak force (PF) and relative strength (RS) during the IMTP test, respectively. Furthermore, a very strong positive relationship was found in peak force ($r = .925$) and relative strength ($r = .893$). Also, load cells' relative strength has a moderate positive relationship with CMJ height ($r = .484$). A moderate positive correlation was observed for 10-meter sprint ($r = .545$) and the 40-meter sprint ($r = .496$). **Conclusion:** It is suggested to use load cells as an evaluation tool for IMTP tests in elementary school children. The relative strength of IMTP is positively correlated with CMJ height and

10-meter and 40-meter speed performance. Load cells can be used as an alternative for IMTP testing in elementary school children.

Keywords: isometric mid-thigh pull, sports performance in children, physical fitness test, strength assessment