

徒手高強度循環訓練對心肺適能、身體組成與肌肉適能的影響

吳冠蓁¹、潘旗學¹、陳著¹、鄭景峰²

摘要

目的：高強度循環訓練（high-intensity circuit training, HICT）是延伸自高強度間歇訓練的一種運動模式，也是近年流行的運動方式。然而，目前關於HICT的訓練效益並不清楚。因此，本研究的目的在透過歸納整理HICT相關文獻，針對心肺適能、身體組成與肌肉適能等要素，探討HICT長期適應的可能效益。**方法：**本研究透過PubMed、華藝線上圖書館以及網路搜尋引擎Google學術資料庫蒐集相關文獻，並根據系統性回顧和統合分析的偏好描述項目（preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses）指南所定義之步驟進行系統性回顧，檢視HICT對心肺適能、身體組成與肌肉適能的影響。**結果：**共收錄了15篇文獻，文獻品質屬於一般（ 5.5 ± 1.1 分）。在心肺適能部分，以20秒：10秒之運動休息比，進行4週、每週3次、每次 ≥ 15 分鐘之HICT，對不同體能條件之族群皆能達到改善。在身體組成部分，目前研究似乎不足以證明體能條件差異之影響效果，以20秒：10秒之運動休息比，進行 ≥ 8 週、每週3次、每次 ≥ 8 分鐘之HICT，應能降低體脂肪，進而改善身體組成，對於肌肉量之影響仍有待後續研究進行。在肌肉適能部分，HICT對於爆發力表現之改善結果尚不明確，對於大肌群之肌力與肌耐力提升有較明顯效果。不論以何種運動休息比，進行 ≥ 8 週、每週3次、每次 ≥ 15 分鐘之HICT，對於肌肉適能之促進效果較佳。**結論：**從現有之實證性研究探討，以20秒：10秒之運動休息比、每次進行 ≥ 15 分鐘、每週3次、進行4週以上的HICT，能增加最大攝氧量、氧氣運輸，提升心肺適能。每次 ≥ 8 分鐘、每週3次、進行 ≥ 8 週則可增加能量系統的壓力，促進脂肪使用進而改變身體組成。每次進行 ≥ 15 分鐘、每週3次、進行8-12週則可改善肌耐力與肌力。此外，根據本研究，不同訓練程度族群差異亦影響HICT對於心肺適能之改善效果，因此，後續研究設計上仍需進一步探討。

關鍵詞：自身體重、循環訓練、健康促進、有氧能力

Submitted for publication: March 6, 2023; Accepted for publication: August 21, 2023.

DOI: 10.53106/1815638X2022120035003

¹ 國立臺灣師範大學體育與運動科學系。

² 國立臺灣師範大學運動競技學系。

* Corresponding author: 鄭景峰 Email: andescheng@ntnu.edu.tw

Effect of High-intensity Interval Training with Body Weight on Aerobic Fitness, Body Composition and Muscular Fitness

Kuan-Chen Wu¹, Chi-Hsueh Pan¹, Chu Chen¹, Ching-Feng Cheng²

Abstract

Purpose: The high-intensity circuit training (HICT) is recently a popular exercise mode derived from high-intensity interval training. However, the chronic effects of long-term HICT remains unclear. Therefore, the purpose of this review was examined the chronic effects of HICT on the cardiovascular fitness, body composition, and muscle fitness by through reviewing previous studies. **Methods:** This study conducted a systematic review following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines. PubMed, the Airtiti Library, and the Google Scholar database were searched for relevant literature to examine the effects of HICT on cardiovascular fitness, body composition, and muscular fitness. **Results:** A total of 15 articles were included, and the quality of the literature was generally rated as average (5.5 ± 1.1 points). Our results indicated that the 4-wk of HICT with work: rest ratio of 20 sec: 10 sec, 15 minutes per session, and 3 sets per week could improve cardiorespiratory capacity in individuals with different fitness levels. In terms of body composition, current research appears to be insufficient to demonstrate the effects of differences in physical fitness levels. However, HICT with work: rest ratio of 20 sec: 10 sec, 8 minutes per session, 3 times a week for 8 weeks should reduce body fat and improve body composition, although the effect on muscle mass remains unclear. With respect to muscular fitness, the effect of HICT on explosive performance remains unclear, but it has a significant effect on endurance performance and strength in large muscle groups. Regardless of the work-rest ratio used, HICT performed for 15 minutes, 3 sets per week for 8 weeks has a better benefit on muscular fitness. **Conclusions:** The findings of this study suggested that HICT with work: rest ratio of 20 sec: 10 sec, ≥ 15 minutes per session, 3 sets per week for ≥ 4 weeks might increase maximal oxygen uptake, oxygen transport, and cardiovascular fitness. HICT with work: rest ratio of 20 sec: 10 sec, ≥ 8 minutes per session, 3 sets per week for ≥ 8 weeks might result in greater stress on the energy system, and facilitate the fat, thereby changing body composition. Regardless the work: rest ratio, HICT with ≥ 15 minutes per session, 3 sets per week for 8 to 12 weeks might improve muscular endurance and strength. Further studies are needed to clarify the effects of different fitness levels on the cardiovascular fitness in responses to the administration of HICT.

Keywords: body weight, circuit training, health promotion, aerobic capacity

¹ Department of Physical Education and Sports Science, National Taiwan Normal University.

² Department of Athletic Performance, National Taiwan Normal University.

1. 問題背景

先前研究指出，規律運動除了能改善有氧適能、心肺功能並降低心血管疾病風險，促進肌肉量之增加與體脂肪之減少，以維持體態勻稱，改善肌肉功能，進一步調節健康狀況，並且透過增加動機、改善生活方式，進一步提升生活品質 (1-4)。近年來，民眾健康意識的增長以及體育教育改革的成果，從事休閒運動的人口不斷增加，但不論年齡、性別和社會經濟地位，缺乏時間是造成無法規律運動的一項主因 (5)。甚至在Coronavirus disease 2019 (COVID-19) 疫情期間，運動的時間與空間受限。因此，簡便操作且可隨時實施的徒手運動方式，便成為推廣運動的方法之一。

目前關於高強度循環訓練 (high-intensity circuit training, HICT) 的定義，在各文獻之間並不一致，而根據美國運動醫學學會 (American College of Sports Medicine, ACSM) 在2013年的研究指出 (6)，HICT是指以自身體重進行的單關節或多關節運動，並以運動與休息交替實施，且能達到高強度 (>80%之最大心跳率) 的運動方式。目前HICT主要分為三種進行方式，第一種方式為改良自Tabata等為奧林匹克競速滑冰運動員設計，使用20秒：10秒運動休息比的高強度間歇腳踏車衝刺訓練 (7)，而後被修改成由8個徒手動作，每組4分鐘的HICT (8, 9)；第二種方式則是刊登於ACSM期刊，由Klika與Jordan提出的7分鐘運動訓練 (7-minute workout)，使用的是30秒：10秒之運動休息比，由12個動作組成 (6)；最後則是依據William A. R. Orban在1959年提出的5項基礎運動 (five basic exercise)，原先是為加拿大皇家空軍設計的訓練，使用60秒：60秒運動休息比，由5個動作組成，1組為11分鐘 (10)。HICT發展至今，可操作的變項包含動作、運動休息比、組數、總運動時間、頻率與週數等。在目前的相關研究中 (6, 10-12)，波比操 (burpee)、開合跳 (jumping jack)、登山者 (mountain climber)、伏地挺身 (push-up)、深蹲 (squat)，以及登階 (step-up)

動作，則是較為常見之HICT動作。

HICT 為一結合 HIIT (High-intensity interval training) 與徒手類型阻力動作之運動方式 (6)。在先前研究中，有學者發現HICT對心肺產生高強度刺激，8週可達到有氧適能之改善 (13)，亦有研究顯示6週HICT可降低體脂肪與提升肌力 (14-16)，達到身體組成與肌肉適能之改善。然而，關於HICT在心肺適能、身體組成以及肌肉適能等方面的長期訓練效益，目前並不清楚。舉例來說，許多文獻支持HICT在有氧適能改善之效果 (10, 17-19)，在最大攝氧量之改善達到7%-11%之提升，然而，也有部分研究發現HICT在最大攝氧量上無顯著變化 (13, 20, 21)。HICT對於身體組成之影響主要來自體脂肪量的減少，先前研究發現HICT能讓體脂肪下降11.1%-19.2% (14, 17, 22)，不過，也有研究顯示無法達到身體組成之改善 (13, 19, 23)；而在肌肉適能部分，HICT對於增進肌力與肌耐力效果亦不同，分別有肌力提升 (14, 16)、衰竭時間延長 (24) 與反覆次數增加 (13, 25)，然而，亦有研究在各項肌肉適能指標上無差異 (10, 21)。因此，本研究之目的為透過先前文獻的整理與分析，分別就心肺適能、身體組成及肌肉適能等層面進行綜述，藉以釐清HICT的可能效果，並提供大眾在運動選擇方面的建議，以及肌力與體能教練在處方設計與後續研究者實驗設計之參考。

2. 方法

本研究根據系統性回顧和統合分析的偏好描述項目 (preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses, PRISMA) 指南，由3位研究人員針對所蒐集文獻進行系統性回顧分析 (26)。在分析過程中若出現明顯不同評估意見時，研究者透過意見交換及整合，以達到一致之共識。PRISMA的篩選流程如圖1，共分為以下5個步驟：一、搜尋策略；二、納入與排除條件；三、資料提取；四、文獻品質評估；五、資料分析與統計方法。

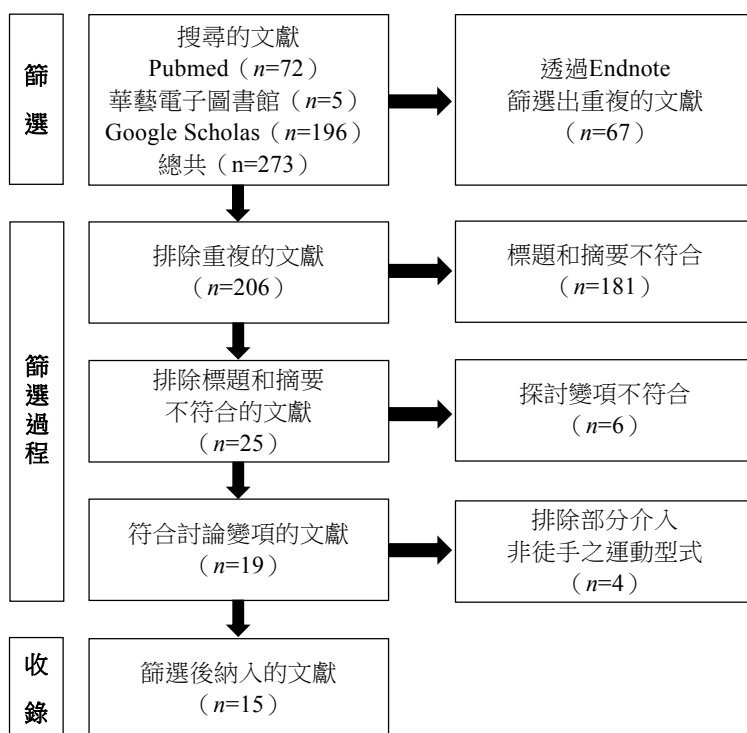


圖1. 篩選流程

2.1 搜尋策略

本文使用文獻資料庫PubMed、華藝線上圖書館以及網路搜尋引擎Google學術搜尋進行文獻檢索，搜尋2015年6月至2021年5月間所有相關學術性論文，以英文關鍵詞（“whole-body training” or “high-intensity circuit training” or “functional training”）、（“cardiorespiratory fitness” or “aerobic capacity” or “body composition” or “muscular fitness”），以及繁體中文關鍵詞全身訓練、高強度循環訓練、功能性訓練，以及有氧適能、心肺能力、身體組成或肌肉適能進行搜尋。

2.2 納入與排除條件

納入本文系統性分析的文獻，需符合以下條件：一、運動之進行方式須符合間歇運動之運動與恢復交替模式；二、排除器材使用，以自身體重進行之徒手訓練為主要探討；三、探討與測量之變項須包含心肺適能、身體組成或肌肉適能。

2.3 資料提取

從符合標準之研究中提取以下數據：一、文獻相關資訊，包含出版日期、作者、姓名；二、樣本數；三、受試者的表徵，以性別、訓練經驗與相關疾病為主；四、實驗介入之方式和測驗方式之細節；五、相關測量結果。

2.4 文獻品質評估

本研究使用物理治療證據資料庫（physiotherapy evidence database, PEDro）量表進行文獻品質之評估（27）。PEDro量表之優勢在於，使用者可透過具信效度之隨機對照研究獲得相關訊息，並透過檢視實驗設計的評分，評斷出文獻品質（28）。PEDro量表先前用於實證物理治療研究居多，並由雪梨大學物理治療實證中心於1999年建立資料庫，雖然目前臺灣尚未有物理治療實證資料庫（28），然而，據研究，至2019年8月為止，PEDro檢索了44,309篇文章：34,619項實驗、9,004篇綜評性和686項實驗準則（29）。藉由PEDro評分機制，能促使教育工作者、學生和研究人員進行高品質

的研究工作。PEDro量表透過11項評估項目給予計分，依照指標是否明確滿足條件，選項為「是」等於1分，「否」等於0分，總分是將項目2到項目11的評分相加，以獲得0分到10分之間的總分，分數越高表示文獻品質越好。文獻品質的分數區分標準如下：<4分被認為是「差」、4-5分被認為是「一般」、6-8分被認為是「好」、9-10分被認為是「優良」(27)。

2.5 資料分析與統計方法

使用SPSS for Windows 23.0版套裝軟體，以科恩卡帕係數(Cohen's kappa coefficient, k)考驗PEDro量表評分上的一致性程度(30)。 k 值為0.00-0.20、0.21-0.39、0.40-0.59、0.60-0.79、0.80-0.90與 >0.90 時，分別代表「沒有」、「最小」、「微弱」、「中等」、「強烈」與「幾乎完全」(31)。此外，計算PEDro量表的各個項目選項「是」與「否」的總數百分比，公式為(是或否的個數) \div 總數 $\times 100\%$ 。

3. 結果

3.1. 搜尋結果

初步搜尋273篇的文獻，篩選後最終收錄了15篇的文獻，篩選過程可參閱圖1。

3.2 資料提取

在15篇文獻中，受試者包含健康成人與低度活動之過重族群，年齡介於16-74歲，共有359位的受試者，刪除重複的74位，所以總人數為285位，其中男性有143位，女性有134位，文獻中未註明性別者有8位。在受試者訓練程度方面，15篇中，受試者中等訓練經驗(包含每週訓練8小時以上之體育系學生與職業軍人，女性 $VO_{2max} > 40ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ 及男性 $VO_{2max} > 50ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)3篇，受試者有5年·阻力訓練經驗

1篇，其餘11篇為一般大眾，其中受試者低度活動有3篇(圖2a)；在HICT運動休息比部分，20秒：10秒運動休息比有4篇，20-25秒：20-25秒運動休息比有1篇，30秒：10秒運動休息比有3篇，30秒：15秒運動休息比有1篇，30秒：240秒運動休息比有1篇，60秒：60秒運動休息比有4篇，60-90秒：120-150秒運動休息比有1篇(圖2b)；在運動時間方面， <15 分鐘有5篇， ≥ 15 分鐘有11篇(圖2c)；在頻率方面，每週進行1次有1篇，每週進行2次有2篇，每週進行3次有12篇，每週進行4次有1篇，每週進行6次有1篇(圖2d)；在週數方面，進行4週有3篇，進行6週有2篇，進行8週有3篇，進行10週有2篇，進行12週以上有5篇(圖2e)。

3.3 文獻品質評估

總計評估15篇的文獻，以科恩卡帕係數進行研究者評分間的一致性考驗，結果顯示PEDro量表($k=1.0$)，在研究人員之間均有幾乎完全的一致性。根據PEDro量表的結果顯示(表1與圖3)，本研究所分析之文獻，有以下情形：一、有13篇文獻具體說明受試者的納入條件，其餘文獻未說明；二、有12篇文獻的實驗設計為隨機分配或平衡次序，其餘文獻未說明；三、有2篇文獻有說明分配方式，其餘文獻未說明；四、有3篇文獻各組受試者基準值不相似，其餘文獻均相似；五、有1篇的文獻有使用單盲設計，其餘文獻未說明；六、有1篇文獻施測者有受盲，其餘文獻未說明；七、有1篇的文獻數據分析者有受盲，其餘文獻未說明；八、在最初分配到各組的受試者中，有9篇文獻對85%以上受試者進行至少一項主要結果的測量；九、所有文獻都有對照組；十、所有的文獻都有比較統計結果；十一、所有的文獻都有描述結果差異，並標示誤差值。在分數的部分，3分的有1篇，4分的有1篇，5分的有5篇，6分的有5篇，7分的有3篇，有1篇是屬於差的品質，有6篇是屬於一般的品質，有7篇是屬於良好的品質，而整體平均分數為 5.5 ± 1.1 分，因此，整體文獻屬於一般的品質。

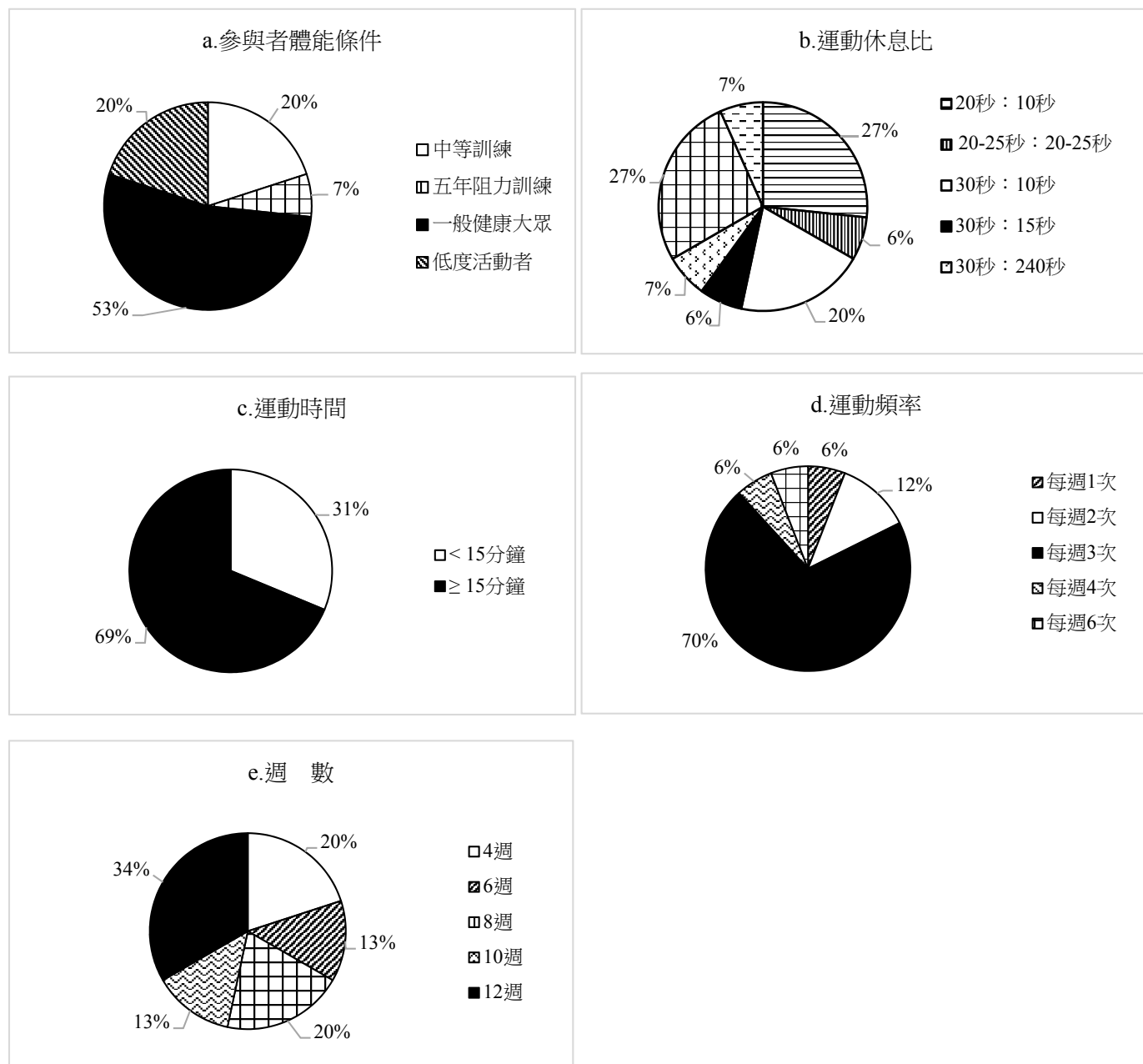


圖2. HICT相關文獻之類別變項分析

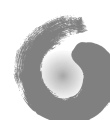


表1. 文獻品質評估量表 (PEDro量表)

評估項目 作者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	總分	質量
Schaun等 (13)	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	7	良好
Domaradzki等 (22)	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	差
Alonso-Fernandez等 (17)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	良好
Menz等 (19)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	良好
Martínez-Rodríguez等 (14)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7	良好
Schmidt等 (13)	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	5	一般
郭育瑄等 (20)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5	一般
何松諺等 (15)	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	良好
王錠堯等 (46)	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	5	一般
Gist等 (21)	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6	良好
Archila等 (10)	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	7	良好
Carneiro等 (16)	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	5	一般
Martins等 (41)	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	6	良好
Ludin等 (23)	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5	一般
Ballesta-García等 (53)	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	一般

註：得分標準：是=1分，否=0分，第一題不算分，分數：<4分被認為是「差」，4-5分被認為是「一般」，6-8分被認為是「良好」，9-10分被認為是「優良」。研究品質題目說明：(1)受試者的納入條件有具體說明；(2)受試者被隨機分配到各組；(3)分配方式是隱藏的；(4)就最重要的預後指標，各組在基準值都是相似的；(5)對受試者全部設盲；(6)對施測人員全部設盲；(7)至少測量一項主要結果的評估者全部設盲；(8)在最初分配到各組的受試者中，對85%以上的人進行至少一項主要結果的測量；(9)凡是有測量結果的受試者，都必須按照分配方案接受治療或者對照條件，假如不是這樣，那麼應對至少有一項主要結果進行「治療意向分析法」；(10)至少報告一項主要結果的組間比較統計結果；(11)至少提供一項主要結果的點測量值和變異量值。

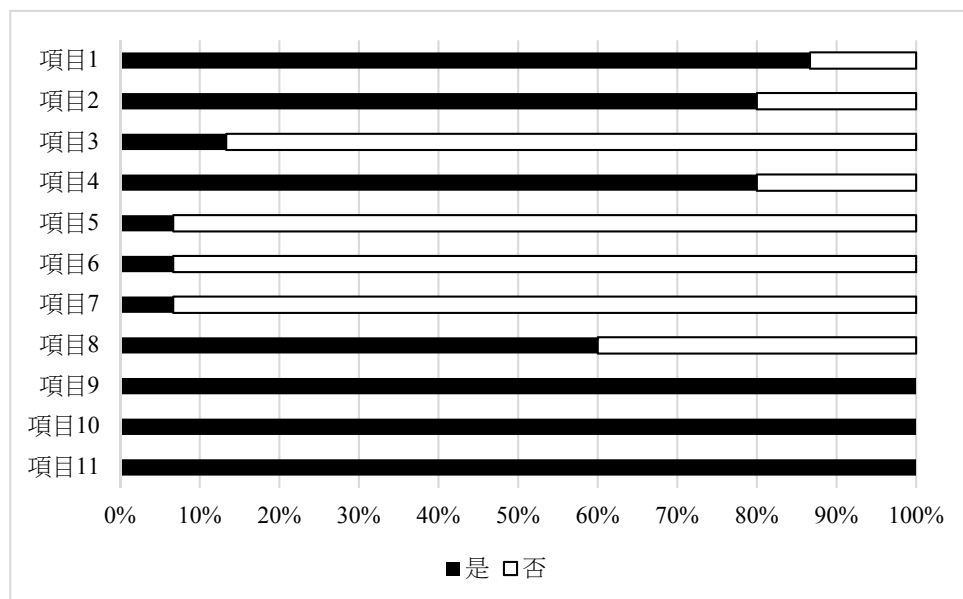


圖3. 物理治療證據資料庫量表之各項目百分比

註：百分比 = (是或否的個數) ÷ 總數 × 100%。

4. 討 論

4.1 徒手高強度間歇訓練對心肺適能之影響

所謂心肺適能，指的是人體透過循環和呼吸系統向骨骼肌粒線體提供氧氣，以供應身體活動所需能量之能力，也是預測成人心血管疾病與全因死亡率之強力因子 (31)。美國心臟協會在2016年的一份研究發現，心肺適能比吸菸、高血壓、高膽固醇和2型糖尿病等風險因素更能預測死亡率，提出了評估心肺健康在臨床實踐中的重要性，進一步推行將心肺適能作為臨床生命徵象判讀指標之一 (32)。先前研究指出，HICT對心肺適能的促進效果與低量HIIT類似，高強度間歇訓練能刺激代謝和生理適應，影響心肌細胞、內皮功能、血壓、心臟收縮力等，最終達到改善心血管和有氧能力 (33, 34)。而在目前之研究中，用來評估心肺適能之常用指標主要有科學化儀器檢測出的最大攝氧量 (maximal oxygen uptake, VO_{2max})，以及在相關設備條件較不足提供、或是教育系統中所推行用來預估心肺適能之計時測驗表現 (32, 35)。

HICT對心肺適能之影響包含 VO_{2max} 之改善與間接有氧測驗結果之進步 (表2)，在15篇文獻資料裡 (不同運動時間或頻率)， VO_{2max} (11篇中有8篇) 提升了2.2%-12%；間接有氧測驗結果 (包含跑步經濟性、衰竭時間、步行測驗、登階測驗與跑步測驗) (7篇中有5篇) 提升了3.7%-13.3%。其中，Schmidt等 (13)、郭育瑄等 (20) 與Gist等 (21) 研究無法提升 VO_{2max} ，此差異可能來自訓練程度之不同，有氧適能較佳之參與者進行HICT時，似乎誘發較低之心肺刺激 (平均71% HR_{max} 、峰值84.6% HR_{max} 與77.6% VO_{2max})，相對於常見之HIIT至少均能產生平均 $\geq 80\%$ HR_{max} 之心肺刺激，因此刺激量較低可能為對於心肺適能之改善效果不明顯因素之一。有部分研究則針對HICT心肺刺激不足部分，將HICT運動結合啞鈴 (36, 37) 藉以增加訓練負荷，以20秒：10秒運動休息比，進行8週、每週2次之32分鐘HICT，與進行4週、每週4次之4分鐘HICT， VO_{2max} 分別提升11.8%與8%。

在動作選擇部分，以下肢為主的大肌群、全身性運動，似乎能誘發較高之心肺刺激 (38, 39)；而目前並無研究對於動作排序進行討論，是否對心肺產生影響尚不明確。另外，根據表1所示，進行20秒：10秒與60秒：60秒運動休息比之HICT，似乎均對有氧適能有較佳改善效果。其中20秒：10秒運動休息比HICT似乎對中等訓練者與規律運動之健康一般人皆能對有氧適能達到改善 (中等訓練者 vs. 規律運動之健康一般人， VO_{2max} 提升11% vs. 提升2.2%-7.3%) (17, 19, 24)；60秒：60秒運動休息比HICT研究則主要以無規律運動、低度活動與過重族群為主，對於 VO_{2max} 有7%-12%之提升 (10, 18, 23)。再進一步檢視運動期間所誘發之心肺刺激時發現，20秒：10秒運動休息比之高強度循環運動 (High-intensity circuit exercise, HICE) 平均心跳率為79.2%-86% HR_{max} (8, 9, 14)，而60秒：60秒運動休息比之HICE則為82%-86.7% HR_{max} (10, 16, 40, 41)。由此可見，兩種不同運動休息比在心肺刺激上是相似的，因此，兩種不同運動休息比在訓練適應的效果差異，可能與族群差異較有關聯，而60秒：60秒運動休息比之HICT，是否足以對訓練程度較高族群的有氧適能達到改善，仍有待後續研究進一步釐清。

而如表1中所示，每次HICT之總運動時間似乎不影響長期有氧適應之效果，在目前文獻中，8-75分鐘HICT似乎均能改善有氧適能。然而在Schmidt等 (13) 研究中，將HICT運動時間由8分鐘延長至16分鐘，女性參與者之有氧適能顯著提升 (8分鐘 vs. 16分鐘， VO_{2max} 無顯著變化 vs. 提升7.7%)。此外，部分研究顯示， ≥ 15 分鐘總運動時間之HICE似乎能誘發較高心肺刺激 (86.0%-89.4% HR_{max}) (9, 16, 39, 41)。而在Buchheit與Laursen (42) 研究亦指出，在高強度間歇訓練中，維持在高心肺刺激之時間越長，對於中樞與周邊之刺激越高，改善有氧適能之效果亦較佳。

此外，頻率與週數之差異對於有氧適能之改善效果似乎不明確，如表1所示，15篇文獻中有11篇進行每週3次以上之HICT，且15篇文獻均進行4週以上之HICE，且多數文獻均能改善有氧適能。而每週3次、4週以上之HICE為目前多數研究者選擇之處方，研究亦

顯示此處方能達到心肺適能之改善。

值得一提的是，Schmidt等 (13) 研究顯示，以30秒：10秒運動休息比，進行8週、每週3次之16分鐘HICT，女性 $VO_2\max$ 提升7.7%，男性 $VO_2\max$ 則無顯著差異，似乎HICT對女性之心肺適能效果較佳。而Domaradzki等 (22) 研究則有不同結果，以20秒：10秒運動休息比，進行10週、每週1次之14分鐘HICT，僅有過瘦及過胖男性之間接有氧測驗表現提升（9.8%及11.2%），在正常男性與過瘦、正常及過胖女性則無顯著差異。此外，Wen等 (43) 與Rosenblat等 (44) 對HIIT之文獻回顧均發現，性別不影響有氧適應效果，因此，性別差異對於HICT之有氧適應效果尚不明確，仍有待後續研究探討。

關於HICT改善心肺適能的可能機制方面，目前的相關研究並未有明確的直接證據，而多數研究均採用HIIT的可能機制進行論述 (6, 12)。在高強度運動與恢復交替期間，可達到對中樞之心肺與代謝高度刺激，改變血液型態與心臟功能，同時，對周邊骨骼肌產生生理壓力，增加微血管密度和粒線體呼吸作用，促進ATP再合成，進一步提升骨骼肌氧氣交換之能力 (44)。Schaun等 (24) 研究亦指出，HICT與低量HIIT會產生相似周邊適應，如局部酵素適應或線粒體體積與密度之增加。然而，由於運動模式之差異，HICT可能產生在中樞與周邊產生不同於HIIT之適應差異。舉例來說，Murawska-Cialowicz等 (45) 研究指出，最大攝氧量之增加可能與每跳輸出量（stroke volume）的變化有關，其生理反應可能源自於運動中產生的鈣離子循環速率改變，與心肌細胞的鈣離子敏感性變化等細胞適應。Martínez-Rodríguez等 (14) 研究則認為，HICT在骨骼肌能產生血管與肌肉功能上的適應，能改善安靜休息時之血壓，並且，在有氧適能改善上，比相同或更長持續時間的中等強度運動有更好的效果。然而，在目前研究中，對於6週HICT對血壓之改善效果仍不一致 (14, 23, 46)。此外，Gist等 (21) 提出，在高強度運動與恢復交替類型之訓練中，常透過增加強度來訓練磷酸化和糖酵解代謝途徑，雖然在實驗中並未發現4週HICT後MAOD提升。在同一篇研究中，與先前研

究結果不同，4週HICT後股外側骨骼肌粒腺體功能下降。Gist等 (21) 認為，相較於以下肢為主運動進行時，腿部肌肉組織的反覆收縮，全身性HICT可能在上下肢均產生較均衡之適應。因此，根據目前研究，HICT之運動模式，可能產生與HIIT不同之中樞與周邊適應效果，然而背後機制仍有待未來研究進行探討。

整體來說，HICT對於一般大眾之 $VO_2\max$ 與間接有氧測驗結果似乎有較佳之效果，在中等程度訓練以上或有氧適能較佳之族群則可能需將訓練負荷提升。以20秒：10秒之運動休息比，進行4週、每週3次、每次 ≥ 15 分鐘之HICT，應能改善心肺適能。

4.2 徒手高強度間歇訓練對身體組成之影響

身體組成可用於評估營養條件和記錄生長與疾病狀況的相關變化，當營養攝取和能量需求產生差異時，身體組成就會改變 (47)。目前研究對於HICT改變身體組成之解釋源於與HIIT類似機制，高強度之間歇運動使攝氧量增加，衍伸出運動後過攝氧量（excess post-exercise oxygen consumption）的概念 (48)，由於體內醣存量不足以及時回補與提供高強度運動之消耗，在運動後需花費更多熱量來恢復平衡，能量來源便可能轉移至脂肪，進一步降低體脂肪 (6, 22)；也有部分學者主張HICT之長期適應效果，會影響賀爾蒙調節，並產生代謝相關因子的變化，進一步影響脂肪代謝 (6, 14)；另有學者將HICT視為低量的阻力訓練，提出在長期訓練適應下HICT對於肌纖維之徵召與轉化，似乎也能產生肌肥大的效果 (34, 49)，因此造成肌肉量的增加。

首先，如表1研究所示，進行HICT除了降低體脂肪外，對於無規律運動與低度活動參與者，尚能提升肌肉量 (15, 25, 41)。有學者認為，身體組成變化主要來自高強度刺激與間歇運動模式中無氧代謝部分，徒手運動方式亦促進骨骼肌之代謝適應，進一步增加脂肪酸使用和熱量消耗 (14)。Martins等 (41) 研究則顯示HICT（深蹲與登階動作、60秒：60秒運動休息比、每次20分鐘、每週3次）可在更節省時間之情況下，達到

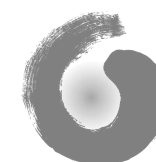
表2. 徒手訓練之訓練內容與對心肺適能、身體組成與肌肉適能之影響

作者	運動休息 比(秒)	研究對象	運動 時間	頻率/ 週數	常用動作 (其他動作)	對心肺適能之影響	對身體組成之影響	對肌肉適能之影響
Schaun等 (24)	20 : 10	23-25歲男性 ($n=12$) 規律運動、健康一般人	8分鐘	3 / 16	B; JJ; MC; SQ	VO ₂ max ↑ (2.2%)、vVO ₂ max ↓ (1.9%) ↑、RE ↑ (11.4%)	BF% ↓ (1.7%)、7項皮褶厚度 ↓ (1.9%)	肌耐力：衰竭時間 ↑
Domaradzki 等 (22)	20 : 10	16歲男性 ($n=28$) 及 女性 ($n=30$) 規律運動、健康一般人	14分鐘	1 / 10	JJ; MC; SQ (AT; BK; C; L; SSQ)	過瘦及過胖男性PEI ↑ (9.8及11.2%)	過重男性及女性WHR ↓ (3.1% 及3.4%)、BF% ↓ (11.1%及 5.7%) 正常體重男性WHR ↓ (3.8%)	爆發力：衝刺測驗— 垂直跳測驗—
Alonso- Fernandez 等 (17)	20 : 10	21-25歲男性 ($n=8$) 及女性 ($n=8$) 規律運動、健康一般人	19分鐘	3 / 10	JJ; PU; SQ; SU (C; KU; SSQ; TD)	VO ₂ max ↑ (7.3%)	BF% ↓ (12.9%)	N/A
Menz等 (19)	20 : 10	23-29歲男性 ($n=2$) 及女性 ($n=5$) 規律運動、中等訓練	22-31 分鐘	3-4 / 4	B; JJ; MC; PU; SQ; SU (P; SJ)	VO ₂ max ↑ (11%)	BF%—、MM—	肌耐力：伏地挺身次數—、腳趾碰 槓次數—、波比跳次數 ↑ (24.3%) 爆發力：跳遠測驗—
Martinez- Rodríguez 等 (14)	20-25 : 20-25	21-40歲男性 ($n=14$) 規律運動、5年阻力訓 練經驗	30分鐘	2 / 6	B; JJ; SQ; MC; PU (BE; C; TD)	N/A	BF ↓ (10.3%)、BF% ↓ (11%) 皮下：三頭 ↓ (13.7%)、 腹部 ↓ (16.9%)、總和 ↓ (14.9%)	肌力：臥推1RM ↑ (10.7%)、深蹲 1RM ↑ (12.8%)
Martinez- Rodríguez 等 (14)	20-25 : 20-25	21-40歲男性 ($n=14$) 規律運動、5年阻力訓 練經驗	30分鐘	3 / 6	B; JJ; SQ; MC; PU (BE; C; TD)	N/A	BF ↓ (15.4%)、BF% ↓ (14%) 皮下：三頭 ↓ (42%)、 腹部 ↓ (15.3%)、小腿 ↓ (39.2%)、總和 ↓ (19.2%)	肌力：臥推1RM ↑ (9.5%)、深蹲 1RM ↑ (14.6%)
Schmidt等 (13)	30 : 10	18-24歲男性 ($n=28$) 及女性 ($n=32$) 規律運動、健康一般人	8分鐘	3 / 8	JJ; PU; SQ; SU (AT; C; KU; L; P; SP; TD; WS)	男性VO ₂ max x—、 女性VO ₂ max—	BF%—	肌耐力：男性伏地挺身次數 ↑ (15.5%)、女性伏地挺身次數 ↑ (31.1%) 肌力：男性右手握力—、左手握力—

作者	運動休息 比(秒)	研究對象	運動 時間	頻率/ 週數	常用動作 (其他動作)	對心肺適能之影響	對身體組成之影響	對肌肉適能之影響
Schmidt等 (13)	30:10	18-24歲男性($n=28$) 及女性($n=32$) 規律運動、健康一般人	16分鐘	3/8	JJ; PU; SQ; SU (AT; C; KU; L; P; SP; TD; WS)	男性 VO_{2max} —、 女性 VO_{2max} ↑ (7.7%)	BF%—	↑(9.0%)、女性右手握力—、左手握力— 肌耐力：男性伏地挺身次數↑ (13.6%)、女性伏地挺身次數↑ (37.7%) 肌力：男性右手握力↑(10%)、 左手握力—、女性右手握力—、左手握力—
郭育瑄等 (20)	30:10	21-27歲男性($n=12$) 規律運動、中等訓練	8-34 分鐘	3/4	JJ; PU; SQ; SU (C; KU; L; P; PU; SP; TD; WS)	VO_{2max} —、 vVO_{2max} ↑(3.2%)	N/A	爆發力：RFD $_{max}$ ↑(20%)、 RFD $_{0-90}$ ↑(25.3%)
何松諺等 (15)	30:10	44-58歲女性($n=13$) 無規律運動、健康一般人	20-32 分鐘	3/8	JJ; PU; SQ; SU (AT; C; KU; L; P; SP; TD; WS)	N/A	MM↑(2.1%)、BF↓ (3.6%)、BF%↓(3%)、內 臟脂肪—	肌力：非慣用腿膝伸展↑、屈曲力 矩峰值表現↑、下肢動態穩定度↑
王錠堯等 (46)	30:15	42-53歲男性($n=25$) 無規律運動、過重 (BMI ≥ 25)	9分鐘	6/12	JJ; PU; SQ; SU (AT; C; KU; L; P; SP; TD; WS)	3分鐘登階測驗↑ (13.3%)	BF↓(10.3%)、BF%↓ (7.5%)	N/A
Gist等 (21)	30:240	19-23歲男性($n=9$) 與女性($n=4$) 規律運動、中等訓練	18-28 分鐘	3/4	B	VO_{2max} —、HR $_{max}$ —、2-Mile跑步測驗 (min:s)—	N/A	肌耐力：伏地挺身次數—、深蹲次 數—
Archila等 (10)	60:60	19-21歲男性($n=5$) 及女性($n=4$) 無規律運動、健康一般人	11分鐘	3/6	B; KU; SJ	VO_{2max} ↑(7%)	N/A	肌耐力：靠牆蹲衰竭時間—、 W $_{peak}$ ↑ 肌力：下肢肌力—、握力—
Carneiro等 (16)	60:60	22-30歲女性($n=10$) 無規律運動、健康一般人	20分鐘	3/12	SQ; SU	N/A	BF%↓(3.8%) (腳↓3.9%、 臀部↓5.3%、總和↓3.8%) MM↑(4.2%) (腳↑5.1%、 軀幹↑4.9%、臀部↑5.1%、 總和↑4.2%)	肌耐力：膝伸展1RM(總量)↑ 肌力：膝伸展1RM(左)↑、膝伸展 1RM(右)↑
Martins等	60:60	59-72歲參與者($n=$	20分鐘	3/12	SQ; SU	6分鐘步行測驗(m)	BF%—、MMI↑(3%)	肌力：腿伸展(kg)↑(1.1%)

作者	運動休息 比(秒)	研究對象	運動 時間	頻率/ 週數	常用動作 (其他動作)	對心肺適能之影響	對身體組成之影響	對肌肉適能之影響
(41)	8)	低度活動、TDM2高風險				↑ (3.7%)		
Ludin等 (23)	60 : 60	21-22歲女性 (n=10) 低度活動、過重 (BMI ≥ 25)	75分鐘	3 / 12	JJ; PU; SQ; SU (C; KU; L; P; PUR; SP; TD; WS)	VO ₂ max ↑ (12%)	BF—、BF%—、MM—	肌力：握力— (較控制處理顯著)
Ballesta- Garcia等 (53)	60-90 : 120-150	62-74歲女性 (n=18) 低度活動	18-40 分鐘	2 / 15	JJ; SQ; SU (KU; SS)	VO ₂ max ↑ (11.5%)、計時測 驗Vmax ↑ (3.7%)、 6分鐘步行測驗 (m) ↑ (6%)	N/A	肌耐力：二頭肌彎舉次數 ↑ (8.8%)、30秒坐下起立次數 ↑ (27%) 肌力：左右手握力— 爆發力：起身出發測驗時間 ↓ (14.7%)

註：VO₂max：最大攝氧量；vVO₂max：於最大攝氧量之速度；HRmax：最大心跳率；PEI：體能指數；RE：跑步經濟性；↑：與訓練前相比提升；—：與訓練前相比無顯著差異；↓：與訓練前相比下降；BF：體脂肪重；BF%：體脂肪比例；WHR：腰臀圍比；MM：肌肉重；RFD：發力率；常用動作：B：波比操 (Burpee)；JJ：開合跳 (Jumping Jack)；MC：登山者 (Mountain Climber)；PU：伏地挺身 (Push-up)；SQ：深蹲 (Squat)；SU：登階 (Step-up)；其他動作：AT：扭腹 (abdominal twist)；BE：背伸展 (Back Extension)；BK：後踢臀 (butt kicker)；C：捲腹 (Crunch)；CU：引體向上 (Chin-up)；KU：提膝 (Knee-up)；L：弓步 (Lunge)；MP：軍推 (Military Press)；P：平板撐 (Plank)；PUR：伏地挺身+下半身轉體 (push-up and rotation)；SC：側捲腹 (Side Crunch)；SJ：深蹲跳 (Squat Jump)；SP：側平板撐 (Side Plank)；SS：側併步 (Shuffle Step)；SSQ：側蹲 (Side Squat)；TD：三頭肌撐體 (Triceps Dip)；WS：靠牆蹲 (Wall Sit)。



與結合有氧與阻力之訓練（70% HR_{max}步行30分鐘、3組70% 1RM之45度半蹲、臥推、腿彎舉、划船機和單側腿部伸展等阻力訓練、每週3次）相似之身體組成改變（肌肉量上升），徒手之低負荷亦能產生與較低重量阻力訓練相似之肌肥大效果。僅有在Domaradzki等 (22) 研究發現，10週HICT不影響過瘦參與者之身體組成。因此，大部分HICT研究能影響運動後身體組成改變 (14-17, 22, 24, 41, 46)，然而，其背後之詳細機制可能仍有待後續研究進行。

此外，運動休息比似乎亦非造成身體組成改變之重要因素，運動休息比為20秒：10秒與1：1（20-25秒：20-25秒與60秒：60秒）之HICT似乎均能改善身體組成 (14, 16, 17, 22, 24, 41)，其中20秒：10秒運動休息比能改變規律運動者之身體組成 (17, 22, 24)，而運動休息比為1：1之HICT研究，多數是針對低度活動與無規律運動參與者 (16, 41)。然而，上述文獻中，僅有Domaradzki等 (22)、Carneiro等 (16)與Martins等 (41)提及單次運動之心肺刺激，而在其他相同運動休息比之急性HICE研究中，兩種運動休息比似乎可誘發相似的心肺反應 (8-10, 16, 22, 40, 41)。因此，不同運動休息比之HICT在不同初始運動習慣者不一定產生心肺刺激差異，而運動休息比的不同，是否是影響身體組成變化之因素，以及對於不同初始運動習慣者，是否會有不同訓練效益，仍需後續研究進行探究。然而，雖然目前HICT研究之相關證據不多，從先前Seiler等 (50)研究，當延長HIIT運動時間後，整段運動之平均心跳率反而下降（HIIT_{4min} vs. HIIT_{8min} vs. HIIT_{16min}，94% HR_{max} vs. 90% HR_{max} vs. 88% HR_{max}），長期之身體組成改變效果亦可能受到影響。因此，60秒：60秒運動休息比之HICT，也許未必能對訓練程度較高族群的有氧適能達到改善效果。

單次運動時間之長短似乎亦不影響身體組成之改善效果，在<15分鐘之研究，4篇中有3篇亦能達到體脂肪之下降 (22, 24, 46)；在≥15分鐘之研究，9篇中亦有6篇能改善身體組成 (14-17, 41)，≥8分鐘之HICT即可對改善身體組成產生效果。因此，延長HICT運動時間對長期身體組成之效果仍有待後續研究進行。另

外，多數研究顯示，每週3次以上之HICT似乎對於改善身體組成有良好效果 (14-17, 24, 41, 46)。週數部分則發現，4週HICT並不足以改善身體組成 (19)，≥8週之HICT對於身體組成之改善則較為明顯。

整體來說，不論是規律運動者或是坐式生活者，20秒：10秒與1：1的HICT均能有助於改善身體組成，而每次≥8分鐘、每週3次、進行≥8週之HICT，應能降低體脂肪，並可能產生肌肉量的增加。

4.3 徒手高強度間歇訓練對肌肉適能之影響

肌肉適能主要是描述人體肌力與肌耐力的狀態，肌力是指肌肉在對抗阻力時所產生的力量，通常是指肌肉收縮時所能產生的最大力量；而肌耐力則是肌群在特定時間內足以引起疲勞的反覆收縮能力，通常以維持使用某種肌力時，能持續用力的時間或反覆次數代表 (51)。此外，還有部分檢測針對關節、相連結構、韌帶與相關連肌群之肌肉骨骼柔軟度進行評估 (51)，以及常用於運動員能力評估，快速收縮期間力量產生速率之爆發力表現 (52)。在目前之研究中，較少HICT對於肌肉適能之改善機制探討，部分學者指出，在HICT後心肺適能的提升似乎對應了計時測驗上的進步以及反覆次數的增加 (19, 45, 53)，在McRae等 (37)、Schaun等 (24)及Ludin等 (23)研究中，心肺適能的相關指標提升，增加血流量，同時也促進了氣體交換及肌肉代謝的恢復，包含PCr的重新合成、離子緩衝能力、無機鹽類調節、鉀離子運輸 (54)。心肺適應之調節使身體維持在特定強度進行運動時的最低攝氧量，減少在高強度運動中達到VO_{2max}所需之時間，進而誘發有氧代謝對總能量轉換的更高貢獻，同時也影響其運動能力與達衰竭時間之延長 (42)；亦有學者提出，進行HICT時，無氧狀況下產生乳酸後分解出的氫離子，會影響旋光素跟鈣離子結合，而影響肌肉收縮的速度 (55)，提升周邊之耐乳酸能力；此外，肌纖維類型的轉變、肌肉橫斷面積增加與肌纖維增生 (34, 49)，亦可能為HICT造成肌肉適能與相關表現提升之因素。

由表1中顯示，透過參與者之體能條件檢視各篇研究，HICT對於爆發力表現之結果不一致。Domaradzki等 (22) 研究中，規律運動、健康一般人之衝刺與垂直跳表現並未得到提升。Menz等 (19) 研究亦發現對於中等訓練參與者，跳遠表現並未得到改善。而在郭育瑄等 (20) 研究中，對於中等訓練參與者則發現發力率 (rate of force development, RFD) 之提升，另外在Ballesta-García等 (18) 對於低度活動之62-74歲女性，起身出發測驗時間減少了14.7%。由於研究之篇數限制，HICT對於爆發力表現之改善似乎仍有待後續研究進行。另外，在各個族群中，均有發現HICT對於肌耐力之改善效果，反覆次數達到8.8%-37.7%之提升 (13, 16, 18, 19)。最後在肌力部分則發現，以大肌群為主之肌肉適能測驗 (臥推、深蹲)，多數研究均發現能產生促進效果 (14-16, 41)，而在單手握力之改善上則較不明顯 (10, 18, 23)。

此外，在目前研究中，下肢為主的大肌群、全身性運動，雖然能誘發較高心肺刺激 (38, 39)，但對於肌肉適能之影響，目前較少研究加以探討，有待後續研究進行。運動休息比與單次運動時間之改變似乎不影響肌肉適能之改善，雖然在3篇 < 15分鐘之HICT研究中，Archila等 (10) 使用11分鐘之HICT，在靠牆蹲衰竭時間與下肢肌力表現均無改善。然而，在研究篇幅上並不足以對其下定論，而 > 15分鐘之HICT研究大多能達到肌肉適能之促進。同樣地，Archila等 (10) 進行6週HICT似乎未能改善肌肉適能，因此，在頻率與週數上，每週3次以上、8週之HICT似乎才足以達到改善效果。

值得一提的是，有學者認為心肺適能提升原因，可能為源自於肌肉適能表現之促進。有學者指出肌耐力進步 (反覆次數提升) 為心肺適能改善之原因 (18, 19)，而Schmidt等 (13) 研究並未發現此結果，該研究以8分鐘或16分鐘、每週3次、8週之HICT，使用30秒：10秒運動休息比，在訓練後僅有伏地挺身次數之增加 (男性15.5%與13.6%、女性31.1%與37.7%)，在心肺適能之最大攝氧量指標部分均無提升。而心肺適能之進步，似乎與爆發力表現之關聯較不明顯 (19, 22)，由

於目前HICT研究對於爆發力表現之結果不一致，因此可能無法推論兩者間之關聯。而在肌力表現部分，目前僅有1篇 (41) 研究發現肌力與心肺適能同時促進，Archila等 (10) 研究則是心肺適能提升，但下肢肌力表現無顯著差異，另有3篇則未進行心肺適能相關檢測 (14-16)。另外，在Martins等研究 (41) 中，參與者為59-72歲之低度活動者，而Archila等 (10) 研究則是以19-21歲之健康一般人進行，健康年輕族群之肌力表現可能原先就優於高齡低度活動者，因此在HICT後之改善較不明顯，其原因亦有可能來自較短之訓練時間 (11分鐘) 與週數 (6週)，其運動刺激可能不足以達到長期肌力之改善。此外，在Carneiro等 (16) 與Martins等 (41) 研究均發現肌肉量增加與運動表現有相對應提升，兩篇研究均以無訓練經驗者進行運動休息比60秒：60秒HICT，何松諺等 (15) 研究則顯示，無訓練經驗者以30秒：10秒運動休息比進行訓練，雖能發現肌肉量的提升，但對於肌力表現並無顯著改變。另外，郭育瑄等 (20) 指出，這也可能來自於神經部分之適應，包含運動單位的活化速度、徵召速度、運動神經元的同步釋放及運動肌群間整合的協調性。在Menz等 (19) 研究中，僅有在波比跳反覆次數增加24.3%，該作者進一步比較了跑步HIIT與HICT訓練之差異，運動表現檢測指標包含伏地挺身、toes-to-bar (下放時軀幹保持穩定讓腹肌拉長與收縮腹肌讓腳碰到槓之反覆動作)、波比跳反覆次數及跳遠表現，結果顯示HICT增進波比跳反覆次數，而跑步型式的HIIT訓練則增進toes-to bar測驗反覆次數。除了學習效應外，特定的訓練可能會提升特定的運動表現，推測在跑步型式的HIIT訓練可能改善了髖屈肌的神經肌肉活化，也因此提升toes-to bar測驗之反覆次數。因此，在目前研究中，似乎尚無足夠證據呈現HICT對心肺適能與肌肉適能改變之關聯，神經肌肉之活化機制似乎較為可能為目前HICT後改善肌肉適能之原因。整體來說，現有之證據尚不足以對HICT研究背後機制加以闡釋改變HICT訓練變項是否對於心肺適能或肌肉適能產生不同效果，仍有待後續研究探討。

在不同運動休息比HICT對於各項肌力、肌耐力、爆發力表現與肌肉適應之關聯，目前的研究仍尚未有

定論，而在本篇文獻整理中也可以發現，不論是何種運動休息比，進行8-12週、每週3次、每次 ≥ 15 分鐘HICT，應能達到提升肌肉適能之效果。

4.4 研究限制

根據本研究所蒐集的相關文獻結果顯示，目前關於HICT的研究中，可能有以下幾點限制：一、運動強度問題。首先在動作選擇部分，Machado等 (11, 39) 讓參與者在相同運動休息比的情況下，以不同徒手訓練動作實施HICT，結果顯示開合跳動作在運動時平均心率為79.67% HRmax、波比操動作在運動時平均心率為94.69% HRmax、登山者動作在運動時平均心率為88.93% HRmax，而深蹲跳動作在運動時平均心率為94.43% HRmax，因而，該作者便指出動作本身之複雜性會影響疲勞程度，並增加能量消耗與代謝需求。由此可見，不同的動作選擇，將會明顯地影響HICT對於心血管系統的刺激。除此之外，根據本研究所整理的結果顯示，HICT的平均運動強度約為75%-95% HRmax或65%-77% VO₂max。Gist等 (21) 使用30秒：240秒運動休息比，進行波比跳與腳踏車衝刺之比較，波比跳方式所測得的峰值心率與平均心率為87% HRmax與78% HRmax，而腳踏車衝刺方式所測得的峰值心率與平均心率為94% HRmax與87% HRmax。Riegler等 (38) 使用30秒：10秒運動休息比，進行HICT與腳踏車HIIT之比較，其中HICT的運動強度僅為73% HRmax或62% VO₂max。而根據Buchheit與Laursen (42)、Garber等 (56) 研究指出，HIIT的運動強度定義，應是指可誘發超過96% HRmax或91% VO₂max的高強度區間。因此，HICT的運動強度似乎低於HIIT。二、訓練週數問題。目前研究中，8-12週之HICT即可改善肌肉適能 (13, 15, 16, 18, 41)，然而，先前阻力訓練文獻指出，6-10週能最佳化肌肥大效果 (57)，以及8-12週訓練後可觀察到肌力成長 (58, 59)。而有幾篇研究則發現，相較於中測表現，後測成績或提升幅度較低，James等 (60) 研究發現，肌力水準較高之參與者，在無負荷跳躍深蹲之速度與跳躍高度和1RM深蹲除體重之成績，5週中測即顯著提升 (1RM深蹲除體重成績 vs. 無負荷跳躍深蹲之速度 vs. 無負荷跳躍深蹲之跳躍高度，提升9.3% vs.

提升12.7% vs. 提升15.2%)，10週後測時表現則無再提升。另外，在Cantrell等 (61) 研究中，進行肌力訓練 (strength training, ST) 與同步訓練 (concurrent training, CT) 之組別，均顯示在高背槓握推 (ST vs. CT, 7.92% vs. 9.34%, 3.96% vs. 3.25%) 與深蹲 (ST vs. CT, 17.69% vs. 15.91%, 12.82% vs. 11.31%) 之1RM成績，6週中測之提升幅度高於12週後測。Ojanen等 (62) 以職業軍人進行12週軍事任務 (task-specific training, TST) 或肌力訓練 (ST) 之研究，TST組在6週中測之6秒最大功率腳踏車之輸出功率 (4.1% vs. 1.5%) 與下肢肌力 (6.8% vs. 1.2%) 提升幅度高於12週後測，ST組在6週中測之6秒最大功率腳踏車之輸出功率 (3.9% vs. 0.1%) 與上肢肌力 (5.1% vs. 1.2%) 提升幅度高於12週後測。然而，目前之HICE研究似乎尚無16週以上之縱貫性研究，多數研究仍以8-12週為主，> 12週之研究僅有2篇，其中亦無HICT研究對8-12週訓練進行中、後測之檢驗。不過，根據目前運動相關之研究推測，可能HICT研究也會面臨高原期，未來研究可能需更進一步針對12週以上HICT對身體適能之改善及探討。

5. 結 論

HICT在運動選擇上兼具時間效率與不需大量場地、設備之優點，在COVID-19期間，當運動之時間與空間受限情形下，仍能做為持續進行之運動方式，除操作簡便外，仍能透過動作選擇之多樣性進行特定肌群之訓練，對於一般大眾與休閒運動參與者而言，可說是具有推廣性之運動選擇。從現有之實證性研究探討，以20秒：10秒之運動休息比、每次進行 ≥ 15 分鐘、每週3次、進行4週以上的HICT，能增加VO₂max、氧氣運輸，提升心肺適能。每次 ≥ 8 分鐘、每週3次、進行 ≥ 8 週則可增加能量系統的壓力，促進脂肪使用，進而改變身體組成。每次進行 ≥ 15 分鐘、每週3次、進行8-12週則可改善肌耐力與肌力，而在目前研究中，HICT對於爆發力表現之影響仍不明確。此外，根據本篇研究，不同訓練程度族群差異亦影響HICT對於心肺適能之改善效果，因此，後續研究設計上仍需進一步探討。

利益衝突聲明：本研究無任何利益衝突。

參考文獻

1. Guiney H, and Machado L. Benefits of regular aerobic exercise for executive functioning in healthy populations. *Psychonomic Bulletin & Review* 20: 73-86, 2013.
2. McGee SL, and Hargreaves M. Exercise adaptations: Molecular mechanisms and potential targets for therapeutic benefit. *Nature Reviews Endocrinology* 16: 495-505, 2020.
3. Silva C. Reduction in Platelet Activation: A Potential Mechanistic Link between Regular Exercise and Its Benefits for Coronary Artery Disease. *Arq Bras Cardiol* 116: 441-442, 2021.
4. Valenzuela PL, Castillo-Garcia A, Morales JS, de la Villa P, Hampel H, Emanuele E, Lista S, and Lucia A. Exercise benefits on Alzheimer's disease: State-of-the-science. *Ageing Research Reviews* 62: 101108, 2020.
5. Eather N, Babic M, Riley N, Harris N, Jung M, Jeffs M, Barclay B, and Lubans DR. Integrating high-intensity interval training into the workplace: The Work-HIIT pilot RCT. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 30: 2445-2455, 2020.
6. Klika B, and Jordan C. High-intensity circuit training using body weight: Maximum results with minimal investment. *ACSM's Health & Fitness Journal* 17: 8-13, 2013.
7. Tabata I, Irisawa K, Kouzaki M, Nishimura K, Ogita F, and Miyachi M. Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Med Sci Sports Exerc* 29: 390-395, 1997.
8. Olson M. Tabata interval exercise: Energy expenditure and post-exercise responses. *Med Sci Sports Exerc* 45: S420, 2013.
9. Emberts T, Porcari J, Dobers-Tein S, Steffen J, and Foster C. Exercise intensity and energy expenditure of a tabata workout. *J Sports Sci Med* 12: 612-613, 2013.
10. Archila LR, Bostad W, Joyner MJ, and Gibala MJ. Simple bodyweight training improves cardiorespiratory fitness with minimal time commitment: A contemporary application of the 5BX approach. *Int J Exerc Sci* 14: 93-100, 2021.
11. Machado AF, Nunes RdAM, de Souza Vale RG, Rica RL, Junior AF, and Bocalini DS. High intensity interval training with body weight: The new calisthenics? *Manual Therapy, Posturology & Rehabilitation Journal* 1-4, 2017.
12. Olson M. TABATA: It's a HIIT! *ACSM'S Health & Fitness Journal* 18: 17-24, 2014.
13. Schmidt D, Anderson K, Graff M, and Strutz V. The effect of high-intensity circuit training on physical fitness. *J Sports Med Phys Fitness* 56: 534-540, 2016.
14. Martínez-Rodríguez A, García de Frutos JM, Marcos Pardo PJ, and Orquín-Castrillón FJ. Frequency of high intensity circuit training and diet. Effects on performance and health in active adults: Randomized controlled trial. *Arch Med Deporte* 35: 73-79, 2018.
15. 何松諺、陳竑廷、鍾雨純、王止俞、劉祐君、吳慧君。短時間高強度循環訓練對中高齡女性身體組成、代謝症候群、下肢肌力及相關血液指標之影響。 *體育學報* 51: 155-168, 2018。
16. Carneiro M, de Oliveira A, Martins F, Souza A, Nunes P, and Orsatti F. High-intensity interval body weight training promotes different adaptations to combined training in body composition and muscle strength in young women. *Science & Sports* 33: e105-e113, 2018.
17. Alonso-Fernández D, Fernández-Rodríguez R, and Gutiérrez-Sánchez Á. Effect of a HIIT programme vs. Extensive Continuous Training on inexperienced individuals. *Apunts Educació Física i Esports* 84-94, 2017.
18. Ballesta-García I, Martínez-González-Moro I, Ramos-Campo DJ, and Carrasco-Poyatos M. High-intensity interval circuit training versus moderate-intensity continuous training on cardiorespiratory fitness in middle-aged and older women: A randomized controlled trial. *Int J Environ Res Public Health* 17: 2020.
19. Menz V, Marterer N, Amin SB, Faulhaber M, Hansen AB, and Lawley JS. Functional vs. running low-volume high-intensity interval training: Effects on VO(2)max and muscular endurance. *J Sports Sci Med* 18: 497-504, 2019.
20. 郭育瑄、張博勛、紀凱程、鄭景峰。高強度循環訓練對健康男性有氧適能和肌肉表現之影響。 *大專體育學刊* 21: 72-83, 2019。
21. Gist NH, Freese EC, Ryan TE, and Cureton KJ. Effects of low-volume, high-intensity whole-body calisthenics on army ROTC cadets. *Mil Med* 180: 492-498, 2015.
22. Domaradzki J, Cichy I, Rokita A, and Popowczak M. Effects of tabata training during physical education classes on body composition, aerobic capacity, and anaerobic performance of under-, normal- and overweight adolescents. *Int J Environ Res Public Health* 17: 2020.
23. Ludin AFM, Saat NZM, Umar NA, and Haari NM. High intensity circuit training on body composition, cardiovascular risk factors and physical fitness status among overweight and obese female students. *J Phys Activity, Sports Exerc* 3: 40-48, 2015.
24. Schaun GZ, Pinto SS, Silva MR, Dolinski DB, and Alberton CL. Whole-body high-intensity interval training induce similar cardiorespiratory adaptations compared with traditional high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training in healthy men. *J Strength Cond Res* 32: 2730-2742, 2018.

25. **Carneiro MA, de Oliveira Júnior GN, Sousa JF, Martins FM, Santagnello SB, Souza MV, and Orsatti FL.** Different load intensity transition schemes to avoid plateau and no-response in lean body mass gain in postmenopausal women. *Sport Sciences for Health* 18: 1359-1368, 2022.
26. **Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, Shamseer L, Tetzlaff JM, Akl EA, Brennan SE, Chou R, Glanville J, Grimshaw JM, Hróbjartsson A, Lalu MM, Li T, Loder EW, Mayo-Wilson E, McDonald S, McGuinness LA, Stewart LA, Thomas J, Tricco AC, Welch VA, Whiting P, and Moher D.** The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Int J Surg* 88: 105906, 2021.
27. **Cashin AG, and McAuley JH.** Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *J Physiother* 66: 59, 2020.
28. 廖華芳。實證物理治療。台灣醫學 15: 525-534, 2011。
29. **Moseley AM, Elkins MR, Van der Wees PJ, and Pinheiro MB.** Using research to guide practice: the physiotherapy evidence database (PEDro). *Brazilian Journal of Physical Therapy* 24: 384-391, 2020.
30. **McHugh ML.** Interrater reliability: The kappa statistic. *Biochem Med (Zagreb)* 22: 276-282, 2012.
31. **Raghuveer G, Hartz J, Lubans DR, Takken T, Wiltz JL, Mietus-Snyder M, Perak AM, Baker-Smith C, Pietris N, and Edwards NM.** Cardiorespiratory fitness in youth: An important marker of health: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 142: e101-e118, 2020.
32. **Ross R, Blair SN, Arena R, Church TS, Després JP, Franklin BA, Haskell WL, Kaminsky LA, Levine BD, Lavie CJ, Myers J, Niebauer J, Sallis R, Sawada SS, Sui X, and Wisløff U.** Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: A case for fitness as a clinical vital sign: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 134: e653-e699, 2016.
33. **Alcaraz PE, Sánchez-Lorente J, and Blazejczyk AJ.** Physical performance and cardiovascular responses to an acute bout of heavy resistance circuit training versus traditional strength training. *J Strength Cond Res* 22: 667-671, 2008.
34. **Haddock CK, Poston WS, Heinrich KM, Jahnke SA, and Jitnarin N.** The benefits of high-intensity functional training fitness programs for military personnel. *Mil Med* 181: e1508-e1514, 2016.
35. **Strasser B, and Burtcher M.** Survival of the fittest: VO(2)max, a key predictor of longevity? *Front Biosci (Landmark Ed)* 23: 1505-1516, 2018.
36. **Islam H, Siemens TL, Matusiak JBL, Sawula L, Bonafiglia JT, Preobrazenski N, Jung ME, and Gurd BJ.** Cardiorespiratory fitness and muscular endurance responses immediately and 2 months after a whole-body Tabata or vigorous-intensity continuous training intervention. *Appl Physiol Nutr Metab* 45: 650-658, 2020.
37. **McRae G, Payne A, Zelt JG, Scribbans TD, Jung ME, Little JP, and Gurd BJ.** Extremely low volume, whole-body aerobic-resistance training improves aerobic fitness and muscular endurance in females. *Appl Physiol Nutr Metab* 37: 1124-1131, 2012.
38. **Riegler M, Stotz G, Fitzgerald K, Munoz CK, Lewis J, Ring S, and Astorino TA.** Acute responses to the 7-minute workout. *J Strength Cond Res* 31: 2572-2578, 2017.
39. **Machado AF, Reis VM, Rica RL, Baker JS, Figueira Junior AJ, and Bocalini DS.** Energy expenditure and intensity of HIIT bodywork® session. *Motriz: Revista de Educação Física* 26: 2020.
40. **Hesketh KL, Church H, Kinnaick F, Shepherd SO, Wagenmakers AJ, Cocks M, and Strauss JA.** Evidence-based vs. social media based high-intensity interval training protocols: Physiological and perceptual responses. *PLoS One* 16: e0257685, 2021.
41. **Martins FM, de Paula Souza A, Nunes PRP, Michelin MA, Murta EFC, Resende E, de Oliveira EP, and Orsatti FL.** High-intensity body weight training is comparable to combined training in changes in muscle mass, physical performance, inflammatory markers and metabolic health in postmenopausal women at high risk for type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled clinical trial. *Exp Gerontol* 107: 108-115, 2018.
42. **Buchheit M, and Laursen PB.** High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports Med* 43: 313-338, 2013.
43. **Wen D, Utesch T, Wu J, Robertson S, Liu J, Hu G, and Chen H.** Effects of different protocols of high intensity interval training for VO(2)max improvements in adults: A meta-analysis of randomised controlled trials. *J Sci Med Sport* 22: 941-947, 2019.
44. **Rosenblat MA, Granata C, and Thomas SG.** Effect of interval training on the factors influencing maximal oxygen consumption: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 52: 1329-1352, 2022.
45. **Murawska-Cialowicz E, Wolanski P, Zuwała-Jagiello J, Feito Y, Petr M, Kokstajn J, Stastny P, and Goliński D.** Effect of HIIT with tabata protocol on serum irisin, physical performance, and body composition in men. *Int J Environ Res Public Health* 17: 2020.
46. 王銳堯、吳篤安。高強度循環訓練對中年男性身體組成、心肺適能與代謝症候指標的影響。運動生理暨體能學報 1-9, 2016。
47. **Kuriyan R.** Body composition techniques. *Indian J Med Res*

- 148: 648-658, 2018.
48. **Ahlert M, Matzenbacher F, Albarello JCdS, and Halmenschlager GH.** Comparison of EPOC and recovery energy expenditure between hiit and continuous aerobic exercise training. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte* 25: 20-23, 2019.
 49. **Sakushima K, Yoshikawa M, Osaki T, Miyamoto N, and Hashimoto T.** Moderate hypoxia promotes skeletal muscle cell growth and hypertrophy in C2C12 cells. *Biochem Biophys Res Commun* 525: 921-927, 2020.
 50. **Seiler S, Jørganson K, Olesen B, and Hetlelid K.** Adaptations to aerobic interval training: interactive effects of exercise intensity and total work duration. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 23: 74-83, 2013.
 51. **Wilder RP, Greene JA, Winters KL, Long WB, 3rd, Gubler K, and Edlich RF.** Physical fitness assessment: An update. *J Long Term Eff Med Implants* 16: 193-204, 2006.
 52. **Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, and Duchateau J.** Rate of force development: Physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol* 116: 1091-1116, 2016.
 53. **Ballesta-García I, Martínez-González-Moro I, Rubio-Arias J, and Carrasco-Poyatos M.** High-intensity interval circuit training versus moderate-intensity continuous training on functional ability and body mass index in middle-aged and older women: A randomized controlled trial. *Int J Environ Res Public Health* 16: 2019.
 54. **Tabata I.** Tabata training: One of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods. *J Physiol Sci* 69: 559-572, 2019.
 55. **Nicolo M, Heyland DK, Chittams J, Sammarco T, and Compher C.** Clinical outcomes related to protein delivery in a critically ill population: A multicenter, multinational observation study. *JPEN J Parenter Enteral Nutr* 40: 45-51, 2016.
 56. **Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, Nieman DC, and Swain DP.** American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1334-1359, 2011.
 57. **Krzysztofik M, Wilk M, Wojdala G, and Golaś A.** Maximizing muscle hypertrophy: A systematic review of advanced resistance training techniques and methods. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16: 4897, 2019.
 58. **Moore EWG, Hickey MS, and Raoul F Reiser I.** Comparison of two twelve week off-season combined training programs on entry level collegiate soccer players' performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 19: 791-798, 2005.
 59. **Sousa N, Mendes R, Abrantes C, and Sampaio J.** Differences in maximum upper and lower limb strength in older adults after a 12 week intense resistance training program. *Journal of Human Kinetics* 30: 183-188, 2011.
 60. **James LP, Gregory Haff G, Kelly VG, Connick M, Hoffman B, and Beckman EM.** The impact of strength level on adaptations to combined weightlifting, plyometric, and ballistic training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 28: 1494-1505, 2018.
 61. **Cantrell GS, Schilling BK, Paquette MR, and Murlasits Z.** Maximal strength, power, and aerobic endurance adaptations to concurrent strength and sprint interval training. *European Journal of Applied Physiology* 114: 763-771, 2014.
 62. **Ojanen T, Häkkinen K, Hanhikoski J, and Kyröläinen H.** Effects of task-specific and strength training on simulated military task performance in soldiers. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17: 8000, 2020.

