

# 體感式電玩結合高強度間歇運動之可行性策略研究-對不同年齡層之有氧能力與運動情緒之探討

林書丞<sup>1</sup>、沈泓誠<sup>1</sup>、李景瑜<sup>1</sup>、王春娘<sup>1</sup>、王嘉吉<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>台南應用科技大學運動休閒與健康管理系

<sup>2</sup>國立臺北商業大學體育室

## 摘要

**目的：**探討體感式電玩結合高強度間歇運動對不同年齡層之血乳酸、心跳率、運動負荷量與運動情緒之效果。**方法：**本研究以有規律運動習慣之 8 位成年人與 8 位高齡者為研究對象，採橫斷面研究設計，並執行以任天堂 switch 健身環大冒險遊戲所設計之運動，進行 8 組 20 秒，強度為盡最大努力，每組間隔休息 30 秒，總時間為 380 秒。於運動前、運動中與運動後 5 分鐘、10 分鐘檢測血乳酸、心跳率、運動自覺量表與運動情緒，計算運動負荷量，並以二因子混合設計分析收集數據，並計算效果量。**結果：**1. 血乳酸：兩組的血乳酸皆超過 4 mmol/L，顯示運動強度達高強度，且成年人在運動中第 4、8 趟與運動後 5、10 分鐘皆顯著高於高齡者；2. 心跳率：運動期間，兩組的心跳率皆超過 85%最大心跳率推估值，而成年人顯著高於高齡者；3. 運動負荷量：兩組間客觀與主觀的運動負荷量皆無顯著差異；4. 運動情緒：兩組在運動情緒之活力與疲勞分數上皆無顯著差異。**結論：**成年人和高齡者皆可利用體感式電玩搭配高強度間歇運動達到預期的高強度運動負荷，故可作為運動課程編排參考，以達到運動多元化。

**關鍵詞：**高強度運動、高齡者、血乳酸、運動負荷量

## 壹、緒論

體感式電玩 (exergaming) 用於運動已行之有年，用其提高運動的參與度有著一定程度的貢獻 (林旻逸等, 2010; Bock et al., 2019)，相關的體感式電玩包含了 Xbox 360、Nintendo Wii、Nintendo switch 與 Sony PlayStation 2 等，透過體感式電玩可以提升有氧能力 (aerobic capacity)、敏捷性 (agility)、肌力 (muscle strength)、肌耐力 (endurance) 與協調性 (coordination)(Comeras-Chueca et al., 2021)，且相較於傳統的運動也有較高的享受程度 (McDonough et al., 2018)，可發現體感式電玩是可以取代傳統的運動方式。然而，體感式電玩使用上在運動的編排可能存

\*通訊作者: 王嘉吉 Email: sunnywang@ntub.edu.tw

地址：100 台北市中正區濟南路一段 321 號

在著限制，例如回合之間的遊戲設定，可能影響到運動的連續性；為解決此問題，若以間歇訓練的運動型態進行運動內容的編排，似乎可以解決回合的限制問題。而在間歇訓練的運動中，多以高強度間歇運動 (high intensity interval exercise, HIIE) 的方式進行，相較於運動員，其他族群接觸 HIIE 的方式進行運動的機率也相對得較低，但隨著運動觀念的改變，這種運動方式也慢慢的被大家接受，且對於不同族群的對象 (例如健康成年人與中老年人) 能有效的改善心肺耐力與心血管因子等 (余亮穎等, 2021)，其中極低量高強度間歇運動 (extremely low-volume high-intensity interval exercise, ELVHIIE) (Weston et al., 2014) 的策略儼然成為現今社會的主流，最受歡迎的即是 TABATA 的訓練方式，內容為執行 8 趟 20 秒的盡最大努力運動，穿插間隔 10 秒的完全休息，共 240 秒的運動時間 (Viana et al., 2019)，結果顯示可顯著的提升有氧能力 (aerobic power) (Viana et al., 2018)、脂肪氧化 (fat oxidation) (Pearson et al., 2020) 與肌肉耐力 (muscular endurance) (Menz, 2019)，在坊間與網路的不斷宣傳下，可發現 ELVHIIE 的策略不僅能縮短運動的參與時間，且可對於身體有正向的影響。綜合上述，若以體感式電玩結合 HIIE 的方式進行，似乎可以發展出一套有趣且對身體健康有正向影響的運動方式。

而體感式電玩過去顯示可有效的提升有氧能力，指標上以心跳率 (heart rate)、攝氧量 (oxygen uptake) 與血乳酸 (lactate acid) 來進行觀察 (Park et al., 2020; Röglin et al., 2021)。Park 等 (2020) 的研究以老年人 ( $75.4 \pm 4.4$  歲)、成年人 ( $27.8 \pm 3.3$  歲) 與青少年 ( $14 \pm 0.8$  歲) 三個族群為研究對象，探討體感式電玩對於心跳率、攝氧量與血乳酸的影響，結果顯示在進行中強度的遊戲期間，心跳率與血乳酸峰值有著顯著的差異，顯示不同的年齡參與體感式電玩，可能存在著個體差異；而 Röglin 等 (2021) 的研究以 28 名健康成年人 ( $24.8 \pm 3.8$  歲) 為研究對象，以傳統中強度耐力跑與 ExerCube 體感式電玩的高強度運動體驗做比較，結果顯示體感式電玩有較高的乳酸反映。綜合上述兩篇研究，顯示同一種運動遊戲體驗在不同年齡層的可有能力的指標上存在著差異，且體感式電玩的運動遊戲模式可達到與傳統運動一樣的強度。但過去在體感式電玩的相關文獻大多聚焦於中強度的負荷量，以高強度的方式執行的文獻甚少，故本研究期望以高強度的負荷量來進行，並探討不同年齡層之間的差異。在有氧能力的判別指標上，本研究除了心跳率的選擇外，又以血乳酸評定搭配觀察；在高強度運動中，時常會造成氧化壓力 (Muldoon et al., 2016)，最常見的即是源自於體內的自由基，(free radical) (Finaud, Lac, & Filaire, 2006)，人體在面臨氧化壓力下使身體呈現失衡的狀態，使蛋白質與脂質的過氧化物增加而造成氧化傷害，當身體因過度活動而無法維持肌肉力量、維持運動強度而降低運動表現，稱之為運動疲勞 (Chuang et al., 2006)，而運動疲勞亦是一種避免受到運動傷害的防禦機制。研究顯示，中、高強度的運動後，會使血乳酸 (blood lactate) 濃度上升而引起運動疲勞 (Del Coso et al., 2012)，在運動選擇上需要注意訓練強度、持續時間與休息比，才能降低身體所造成的負面影響。此外，過去從事高強度的對象大多為成年人以下的年齡層，有關於高齡者執行高強度間歇的研究甚少，且在高齡者的體感式電玩研究中大多為以中強度方式進行 (Graves et al., 2010; Taylor et al., 2018)，故本研究期望探討不同年齡層的反應狀況。

選擇以高強度做為運動方式的同時，也需要考慮受試者的接受度與心情感受度，早期的研究即發現運動中造成的挫敗感會與持續參與運動接受度有關，能夠讓參與者維持對運動的態度持久與穩定是至關重要的一環 (Kwol et al., 2019)，而有關於運動情緒的議題上，過去所關注的重點在於運動強度、頻率與運動方式的選擇 (Park et al., 2017)，本研究期望透過體感式電玩的樂趣性來增加大家接受高強度運動的一項媒介。此外，過去對於運動情緒的評估上，盤式心情量表 (profile of mood stat, POMS) 已被廣泛用於運動對情緒的立即性反應之問卷 (Hallgren et al., 2021)，透過情緒的表現來反應出對於運動的參與態度 (Shintaro & Morikazu, 2009)。POMS 過去也常被使用在反應執行體感式電玩的心理反應相關研究 (Abdelmalek et al., 2022; Qi et al., 2021)，Abdelmalek 等 (2022) 的研究以 POMS 與運動自覺量表 (rating of perceived exertion, RPE) 做為心理反應的指標，並搭配相關生理指標來觀察執行體感式電玩的反應情況；Qi 等 (2021) 的研究以斯特魯普實驗 (stroop test) 與 POMS 來觀察執行虛擬實境 (virtual reality, VR) 體感式電玩的認知神經功能與情緒的反應研究；此外，Röglin 等 (2021) 的研究亦指出高強度的體感式運動體驗除了會有較高的乳酸反應，其運動的享受程度相較於傳統的運動方式也會較高。綜合上述研究，POMS 可做為反應體感式電玩的運動情緒的可行性，故本研究期望加入運動情緒來配合生理的數值來搭配探討。綜合以上所述，本研究目的在探討體感式電玩結合高強度間歇運動對不同年齡層之有氧能力與運動情緒之差異。本研究假設有氧指標上，高齡者的心跳率與血乳酸反映會顯著高於成年人，且運動情緒分數表現會與成年人達顯著差異。

## 貳、方法

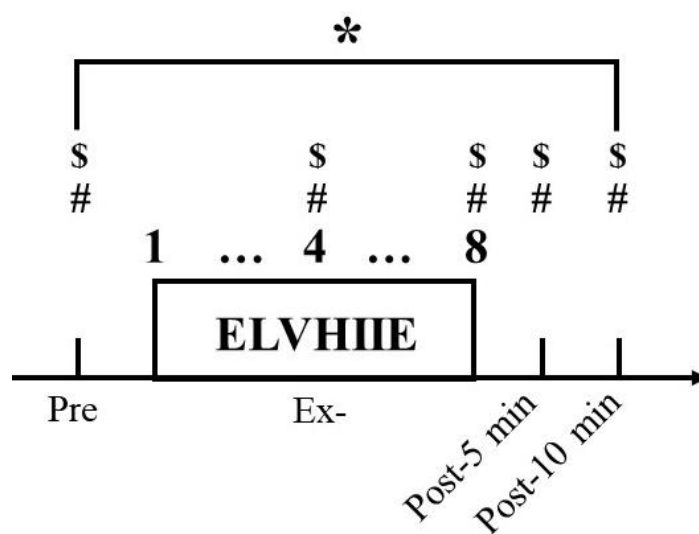
### 一、研究對象

本研究共招募 8 名男性高齡者 (平均年齡： $65.86 \pm 1.63$  歲；平均身高： $160.29 \pm 2.81$  公分；平均體重： $56.14 \pm 4.22$  公斤) 與 8 名男性成年人 (平均年齡： $25.14 \pm 1.07$  歲；平均身高： $169.29 \pm 7.97$  公分；平均體重： $63.29 \pm 3.82$  公斤) 為研究對象，共 16 名。受試者招募為某樂齡大學 65 歲以上 (含) 的高齡者與一般成年人 (招募 20-40 歲之成年人)，招募管道來自於本研究之招募廣告且符合條件者，過去一年需有規律運動習慣 (3 次/週)，且無急性運動傷害及心臟病相關疾病，上肢無重大骨骼肌肉傷害，所有參與者須先填寫個人資料、健康狀況調查表與受試者同意書，本研究實驗經國立成功大學人類研究倫理審查委員會審查通過 (案件編號：112-419)。

### 二、實驗設計

本研究採橫斷面研究設計，比較成年人與高齡者使用任天堂 switch 健身環大冒險所設計之 ELVHIE 之有氧反應與運動情緒。受試者於正式測驗前於腳踏車上進行 5 分鐘之熱身，後以健身環 (ring-con) 執行 8 組 20 秒強度為盡最大努力，間隔休息 30 秒，總時間為 380 秒之

ELVHIE，健身環之課表編排為使用單部位訓練模式，包括胸大肌、三角肌、背擴肌、股四頭肌 [訓練編排參考並修改自 Viana 等 (2019) 與 Pearson 等 (2020)]。有氧能力指標蒐集血乳酸、心跳率 (heart rate) 與運動自覺量表 (rating of perceived exertion, RPE)，運動情緒則使用盤斯情緒量表進行測量 (profile of mood states, POMS)。於運動前、運動中、運動後 5 分鐘與 10 分鐘測量血乳酸、心跳率、RPE 與 POMS (運動中之第 4 趟與第 8 趟測量乳酸與 POMS 之疲勞分數與活力分數)。完整實驗流程如圖 1。



註：\*代表測量心跳率、RPE；#代表測量血乳酸；  
\$代表測量 POMS 之活力分數、疲勞分數；Pre  
代表運動前；Ex-代表運動中；Post-代表運動後。

圖 1、實驗流程

### 三、實驗方法

#### (一) 體感式電玩結合 ELVHIE 之課表

受試者使用 Nintendo Switch 健身環進行 ELVHIE，訓練課表設計參考並修改自 TABATA 之訓練模式，原訓練模式為 8 組 20 秒強度為盡最大努力，間隔休息 10 秒，總時間為 240 秒 (Viana et al., 2019)；考量到電玩回合間之交換時間，將間隔休息時間修改成 30 秒。訓練動作上選擇模式為胸大肌、三角肌、背擴肌、股四頭肌之肌群做為訓練設計 (4 個動作進行 2 次循環)(如圖 2、3、4、5)。



圖 2、胸大肌動作



圖 3、三角肌動作



圖 4、背擴肌動作



圖 5、股四頭肌動作

## (二) 血乳酸測試

使用血糖乳酸分析儀 (Biosen Cline, EKF-diagnostic, Germany) 進行分析，以指尖採血方式進行，將毛細管採集到 10  $\mu\text{L}$  之血液放入紅血球溶解試劑中後冷藏待上機分析，分析前須進行儀器標準及測試校正，檢測  $\text{CV} \leq 1.5\%$ ，血乳酸檢測範圍分別為 0.5-40 mM。

### (三) POMS 量表

本研究所使用之 POMS 簡易版問卷共 30 題 (McNair et al., 1971)，包括緊張、憤怒、疲勞、憂鬱、困惑和活力 6 個面向，過去已被廣泛用於運動對情緒的立即性影響之問卷 (Hallgren et al., 2021)。該問卷採用李克特式 5 點量表來衡量情緒 (0-4 分)，總運動情緒 (TMD) 為透過 5 個負面的面相總和減去 1 個正向的面相分數得出，POMS 總分和量表分數越高，表明消極情緒狀態越多 (活力-活動量表除外，分數越高，代表活力的感受越強烈)。而本研究選擇問卷中之疲勞分數 (題目包括筋疲力竭、疲勞、疲憊不堪、懶散與累壞了，總分 20 分)、與活力分數 (題目包括活潑、積極活躍、活力旺盛、精力充沛與活力充沛，總分 20 分)，來反映不同年齡層從事 ELVHIE 之運動情緒。

### (四) 運動負荷量化

以 TRIMP (Banister & Calvert, 1980) 代表本研究中的運動負荷量 (運動強度 × 時間)，考慮實驗之便利性，本研究選擇 % HRmax (客觀) 與 RPE (主觀) 兩種不同的 TRIMP 計算方式。進行 ELVHIE 時，於每趟運動結束 (共 8 趟) 與下一趟開始前 (恢復期，共 8 段) 詢問參與者的 RPE。

#### 1. % HRmax 計算法

全程以心率偵測器 (Polar, RS800CX, Taiwan) 每 5 秒記錄一次參與者的 HR，並算出 % HRmax。使用 Edwards (1993) 的區塊 TRIMP 計算法，先將運動強度分成 5 個區塊，每區塊有各自的加權分數 (表 2)，把各區塊的加權分數乘上各自的運動時間 (min) 並加總即為運動負荷量 (任意單位，arbitrary unit [AU])，計算公式如下：運動負荷量 = (Z1 運動時間 × 1) + (Z2 運動時間 × 2) + (Z3 運動時間 × 3) + (Z4 運動時間 × 4) + (Z5 運動時間 × 5)

表 2、Edwards 之區塊 TRIMP 計算法

區塊	運動強度	加權分數
Z1	50%-60% HRmax	1
Z2	60%-70% HRmax	2
Z3	70%-80% HRmax	3
Z4	80%-90% HRmax	4
Z5	90%-100% HRmax	5

註：HRmax, maximal heart rate，最大心跳率；Z, zone，區塊 (Edwards, 1993)。

#### 2. RPE 計算法

使用 Foster 等 (1995) 與 Foster 等 (2001) 的 TRIMP 計算法，將每段運動的 RPE 值與運動

時間乘積並加總即可得運動負荷量，此方法所用之 RPE 量表為 Foster 等 (2001) 修正 Borg 等 (1985) 的 CR-10 版本 (表 3)，計算公式如下：運動負荷量 (AU) = Borg’s CR-10 RPE 分數 × 運動時間 (min)

表 3、Borg’s CR-10 RPE 量表

0	Rest
1	Very, very easy
2	Easy
3	Moderate
4	Somewhat Hard
5	Hard
6	
7	Very Hard
8	
9	
10	Maximal

四、資料處理

以 SPSS 20.0 for Windows 統計套裝軟體進行資料處理與分析，所得數值以平均數 ± 標準差 (Mean ± SD) 表示，以混合設計二因子 (two-way ANOVA, mixed design) 比較 2 組在各時間點之血乳酸 [運動前 (pre)、運動第 4 回合 (Ex-4)、運動第 8 回合 (Ex-8)、運動後 5 分鐘 (post-5 min) 與運動後 10 分鐘 (post-10 min)]、心跳率 (8 回合之運動) 與運動情緒 (pre、Ex-4、Ex-8、post-5 min、post-10 min) 之差異，若交互作用達顯著差異，則進行單純主要效果比較，統計之顯著水準訂為  $\alpha = .05$ ；將所得數值計算效果量 (effect size, ES)(Cohen *d*)，並呈現 *p* 值達顯著之數值，0.2-0.49 屬低 ES (small ES)、0.5-0.79 屬中 ES (medium ES)、0.8-1.29 屬大效果量 (large ES)、1.3 以上屬較大效果量 (very large ES) (Sullivan & Feinn, 2012)。

參、結果

一、不同年齡執行體感式電玩結合 ELVHIII 後的血乳酸變化

結果顯示不論年齡，在運動中第 4 趟時，兩組之血乳酸平均皆大於 4 mmol/L，顯示體感式電玩設計之運動模式，確實能夠達到高強度。經統計分析，組別與時間的因子間交互作用達顯著差異 ( $F = 4.112, p < 0.5$ )，單純主要效果比較顯示，兩組在 Ex-4、Ex-8、Post-5 min 與 Post-10 min 的乳酸平均值皆顯著高於 pre；在組別的因子上，成年人在 Ex-4 ( $11.4 \pm 4.15$  vs.  $5.5 \pm 1.06$  mmol/L,  $ES = 1.67, p < .05$ , )、Ex-8 ( $11.4 \pm 4.15$  vs.  $7.59 \pm 1.22$  mmol/L,  $ES = 1.98, p < .05$ )、Post-5 min ( $11.21 \pm 2.80$  vs.  $7.34 \pm 1.29$  mmol/L,  $ES = 1.76, p < .05$ ) 與 Post-10 min ( $10.86 \pm 3.12$  vs.  $8.01 \pm 2.57$  mmol/L,  $ES = 0.95, p < .05$ ) 的乳酸平均值皆顯著高於高齡者。綜合以上結果，顯示體感式電玩結合 ELVHIII 的運動方式可達到高強度，且相較於高齡者，成年人



有較高的乳酸反應 (如圖 6 所示)；ES 計算後顯示 Ex-4、Ex-8 與 Post-5 min 屬較大 ES，Post-10 min 屬大 ES。

## 二、不同年齡執行體感式電玩結合 ELVHIII 後的心跳率變化

結果顯示兩組的 85% 運動強度之心跳率推估  $[(220 - \text{年齡}) \times 85\%]$ ，成年人約為 165 bpm，高齡者約為 135 bpm，顯示運動中之心跳反應成年人在 Ex-2 時達到，而高齡者則是 Ex-3、Ex-4、Ex-5、Ex-6、Ex-7 和 Ex-8 達到。經統計分析，組別與時間的因子間交互作用達顯著差異 ( $F = 5.210, p < 0.05$ )，單純主要效果比較顯示，兩組在 Ex-1 ( $157.86 \pm 31.87$  vs.  $112.86 \pm 19.91$  bpm,  $ES = 0.79, p < .05$ )、Ex-2 ( $169.86 \pm 35.96$  vs.  $121.57 \pm 20.87$  bpm,  $ES = 0.49, p < .05$ )、Ex-4 ( $153.86 \pm 14.52$  vs.  $138.43 \pm 21.19$  bpm,  $ES = 0.14, p < .05$ )、Ex-5 ( $157.86 \pm 31.45$  vs.  $133.14 \pm 20.20$  bpm,  $ES = 1.16, p < .05$ ) 和 Ex-8 ( $154.14 \pm 9.23$  vs.  $143.14 \pm 20.74$  bpm,  $ES = 0.99, p < .05$ ) 的心跳率，成年人顯著高於高齡者。綜合上述結果，在心跳率上兩者之運動強度在運動中可達 85% 心跳率，且搭配乳酸值的觀察下，也證實體感式電玩所設計之運動策略可達高強度 (如圖 7 所示) ES 計算後顯示 Ex-1 屬中 ES、Ex-2 與 Ex-4 屬低 ES、Ex-5、Ex-8 屬大 ES。

## 三、不同年齡執行體感式電玩結合 ELVHIII 後的客觀與主觀運動負荷量

在運動負荷量的計算後顯示，兩組 (成年人 vs. 高齡者) 的客觀 ( $511.43 \pm 144.16$  vs.  $528.57 \pm 181.06$  AU,  $p > .05$ ) 與主觀 ( $862.86 \pm 236.76$  vs.  $900 \pm 154.49$  AU,  $p > .05$ ) 運動負荷量上皆未達顯著差異。依據此結果發現，成年人與高齡者在生理與心理上的運動負荷量相當，顯示該訓練策略對於不同年齡層達到相同的訓練量 (如圖 8 所示)。

## 四、不同年齡執行體感式電玩結合 ELVHIII 後的運動情緒

在運動情緒顯示，兩組 (成年人 vs. 高齡者) 的活力分數顯示，在 Ex-4 ( $7.57 \pm 0.98$  vs.  $9.14 \pm 1.57$ )、Ex-8 ( $5.14 \pm 1.35$  vs.  $6.29 \pm 1.11$ )、Post-5 min ( $5.86 \pm 2.79$  vs.  $8.29 \pm 1.11$ ) 與 Post-10min ( $8.71 \pm 1.11$  vs.  $8.71 \pm 1.11$ ) 皆顯著低於 pre ( $19 \pm 0.82$  vs.  $18.86 \pm 0.90$ )，但兩組無差異；疲勞分數上顯示，在 Ex-4 ( $17 \pm 1.15$  vs.  $16 \pm 2$ )、Ex-8 ( $18.86 \pm 1.21$  vs.  $18 \pm 2.08$ )、Post-5 min ( $15 \pm 0.82$  vs.  $14 \pm 0.82$ ) 與 Post-10min ( $10.71 \pm 2.06$  vs.  $10.71 \pm 2.56$ ) 皆顯著高於 pre ( $0.71 \pm 0.76$  vs.  $1.14 \pm 1.06$ )，兩組間亦無差異 ( $p > .05$ )。依據此結果發現，成年人與高齡者在從事運動時的行緒反應相當 (如圖 9 所示)。



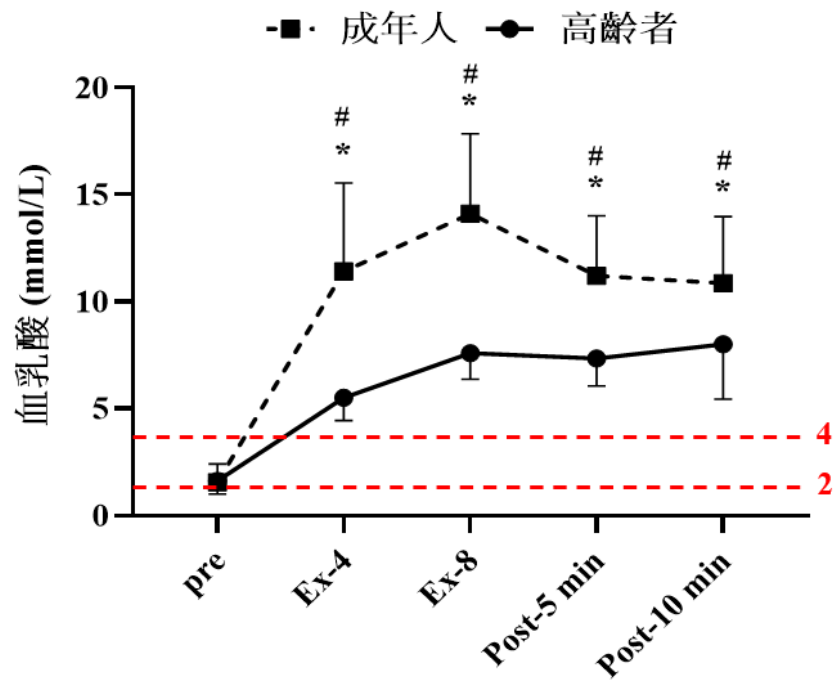


圖6、不同年齡執行體感式電玩結合ELVHIE後的血乳酸變化  
註：\*代表與前測達顯著差異 ( $p < .05$ )；#代表兩組達顯著差異 ( $p < .05$ )。

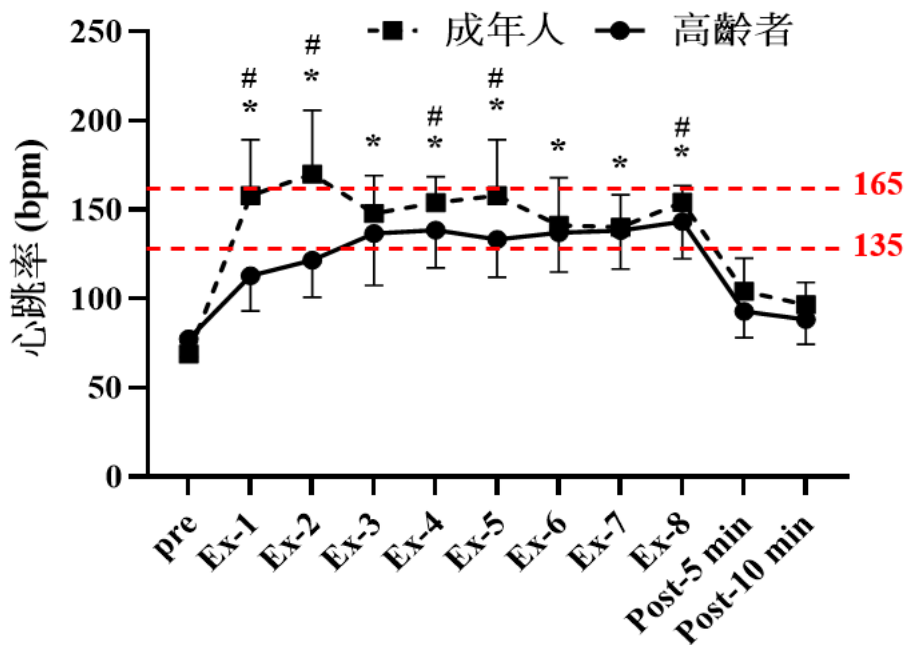


圖7、不同年齡執行體感式電玩結合ELVHIE後的心跳率變化  
註：\*代表與前測達顯著差異 ( $p < .05$ )；#代表兩組間達顯著差異 ( $p < .05$ )。

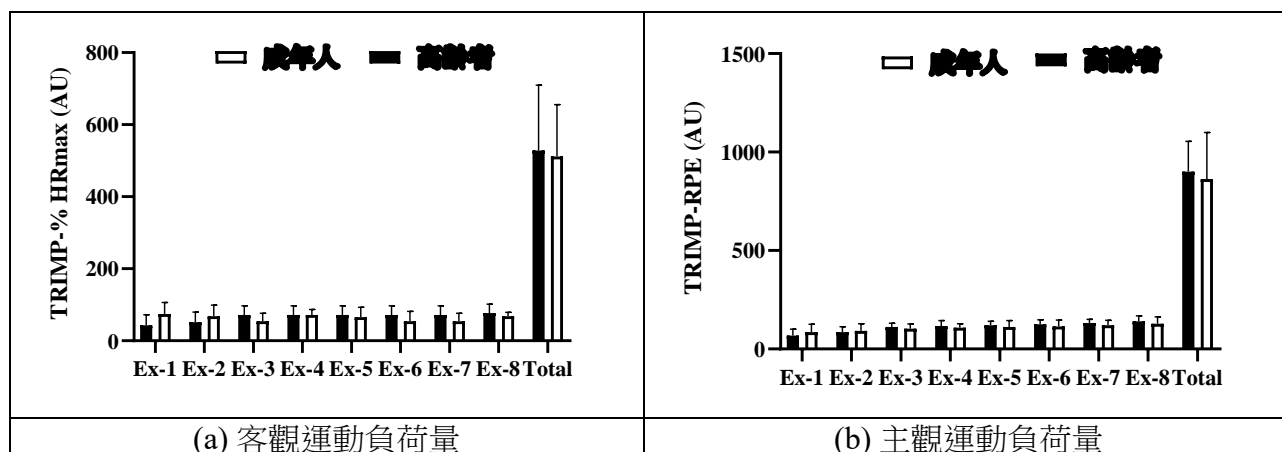


圖8、不同年齡執行體感式電玩結合ELVHIIE後的客觀與主觀運動負荷量

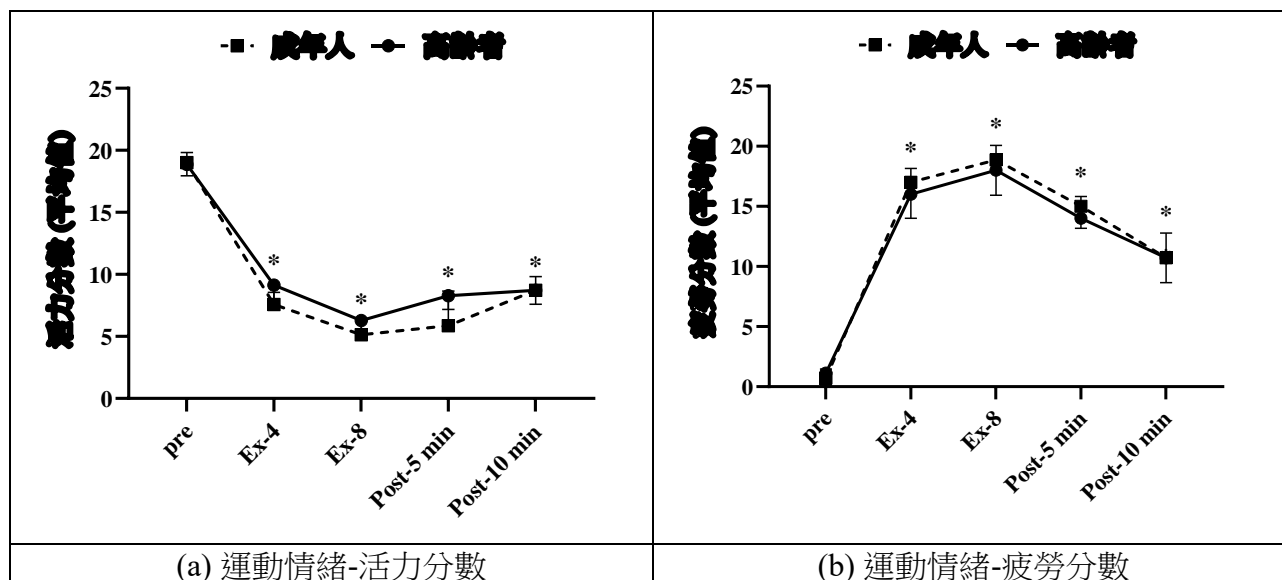


圖9、不同年齡執行體感式電玩結合ELVHIIE後的運動情緒

註：\*代表與前測達顯著差異 ( $p < .05$ )。

## 肆、討論

本研究以 Nintendo Switch 健身環進行 8 組 20 秒強度為盡最大努力，間隔休息 30 秒，總時間為 380 秒；選擇遊戲模式中的胸大肌、三角肌、背擴肌、股四頭肌訓練模式進行。結果顯示兩組的血乳酸皆超過 4 mmol/L，顯示運動強度達高強度，且成年人在運動中第 4、8 趟與運動後 5、10 分鐘接顯著高於高齡者；在執行運動期間，心跳率超過 85% 最大心跳率推估值，且成年人顯著高於高齡者；運動負荷量計算後顯示，兩組無論在客觀或主觀的運動負荷量皆無差異；運動情緒的反應上則顯示兩組在運動情緒之活力與疲勞分數上皆無差異。

在有氧指標部分，血乳酸顯示兩族群皆超過 4 mmol/L，且成年人顯著高於高齡者；血乳酸與運動強度成正比，在產生能量的過程中，丙酮酸 (Pyruvate) 可透過氧氣的參與而持續的產生三磷酸腺苷 (adenosine triphosphate, ATP)，但隨著強度的上升逐漸進入無氧運動，此時乳酸即會上升 (Bangsbo & Hostrup, 2019)，顯示以體感式電玩執行 HIIE 可符合 HIIE 之運動強度，證實了其可行性。而有關體感式電玩的研究中，Röglin 等 (2021) 的研究以 28 名健康成年人為研究對象，以傳統中強度耐力跑與 ExerCube 體感式電玩的高強度運動體驗做比較，乳酸的反應上皆超過個體的乳酸閾值 (lactate threshold, LT)；Park 等 (2020) 的研究以老年人、成年人與青少年三個族群為研究對象，探討體感式電玩對血乳酸的反應，結果將 3 個族群執行體感式電玩時的運動負荷量進行量化 [該研究以總做功量瓦特 (kj) 量化]，發現老年人的總做功量最低，所以其血乳酸皆顯著低於年輕族群。綜合上述兩篇文獻，顯示體感式電玩確實能達到一定的運動強度，且經過運動負荷量的量化，可解釋在相同的遊戲中，不同族群的生理反應原因；但本研究結果與 Park 等 (2020) 的研究運動負荷量部分不相符，本研究以 TRIMP 的方式進行運動量化，結果顯示兩組間的運動負荷量無論在主觀或客觀上皆無差異，亦可能為不同運動強度或是量化方式不同而造成的運動負荷量差異，但血乳酸的反應上與過去研究相符合，顯示成年人相較於高齡者有較高的乳酸反應。

在心跳率的指標顯示，執行運動期間，心跳率超過 85% 最大心跳率推估值，且成年人顯著高於高齡者。而心跳率過去最常被拿來做為評定運動強度的指標之一，且不同的運動型態，可能影響著心跳與血乳酸的反應 (Zakynthaki, 2015)。依據本研究之結果，成年人僅在第 2 回合心跳率超過 85%，高齡者則在第 3-8 趟皆超過 85%，此結果若無搭配乳酸一起觀察，可能會造成強度上的誤解；Bekraoui 等 (2020) 的研究針對持續性運動與間歇性運動進行比較，結果顯示，用心跳率指標來評估間歇性的運動型態時常會造成低估的現象。綜合上述的 2 篇文獻，可用來解釋成年人心跳率僅有一回合達到 85% 心跳率的現象。而與體感式電玩的研究，Röglin 等 (2021) 的研究也指出 ExerCube 體感式電玩的高強度運動相較於中強度耐力跑有較高的心跳率與 RPE 反映；Park 等 (2020) 的研究也顯示高齡者的平均心跳率顯著低於年輕人；而 Kraft 等 (2011) 的研究以大學生為研究對象，比較體感式的互動自行車與傳統電視自行車運動的心跳率，結果顯示體感式電玩有較高的心跳率反映。綜合上述 3 篇研究顯示，體感式電玩可做為運動的策略之一，但過去尚未發現以 HIIE 搭配體感式電玩的相關研究，故無法進行比較。此外，依據 Graves 等 (2010)、Taylor 等 (2018) 的研究顯示較低的運動功率可能會影響活動能力與神經控制能力，且體重可能也是影響的原因之一，而本研究高齡者的體重相較於成年人亦低了約 12%，可能也造成能量系統的差異之一。

運動情緒的指標上，過去的文獻，體感式電玩已被證實了可提升身體的健康狀況 (Monedero et al., 2017)，在 Diener 等 (2022) 的統合分析也顯示，體感式電玩確實用於高齡者的健康促進上，能被廣泛的被接受。本研究結果顯示，在運動的情緒反應上，無論高齡者或成年人在執行體感式電玩的高強度狀況下，的兩組在運動情緒之活力分數皆會顯著降低，疲勞分數會顯著上升。此結果與 Abedelmalek 等 (2022) 與 Qi 等 (2021) 的研究相符合，

Abdelmalek 等 (2022) 的研究顯示，體感式電玩執行後，其 POMS 分數與 RPE 分數會顯著改變；Qi 等 (2021) 的研究顯示，在 VR 競技自行車後，其 POMS 分數會達顯著改變。顯示在執行運動的狀況下，活力分數與疲勞分數會與基準值有所差異，而本研究假設不同年齡層之間可能會存在著差異，但結果顯示在高強度的狀況下是無差異的，而搭配心跳率與血乳酸一起討論下，顯示乳酸的數值皆超過 4 mmol/L 屬高強度，RPE 的分數也會隨著運動強度的升高而減少 (Viana et al., 2019)。綜合以上討論，可發現以體感式電玩執行 HIIE 後，成年人與高齡者的運動情緒是無差異的。而本研究為第一篇體感式電玩搭配 HIIE 之研究，故含有許多研究限制，例如課表的安排依據、高齡者的適用性、遊戲回合上的設定時間等等，期望可做為未來研究的依據來讓研究更完善。

## 伍、結論

本研究證實了體感式電玩結合 HIIE 作為運動策略的可行性，運動課表為以 Nintendo Switch 健身環進行 8 組 20 秒，強度為盡最大努力，間隔休息 30 秒，總時間為 380 秒；遊戲模式選擇胸大肌、三角肌、背擴肌、股四頭肌訓練模式進行。不同年齡層的有氧能力指標部分，成年人與高齡者的血乳酸皆超過 4 mmol/L，顯示運動強度達高強度，且成年人在運動中會有較高的血乳酸反應，而在運動期間心跳率會超過 85% 的最大心跳率；運動情緒的指標部分，不同年齡層之 POMS 活力分數會隨著時間而下降，疲勞分數則會隨著時間而上升；且運動負荷量經計算量化後顯示，兩組無論在客觀 (以心跳計算) 或主觀 (以 RPE 計算) 的運動負荷量皆無差異。

## 陸、實務應用

本研究結果顯示，成年人與高齡者在執行高強度間歇訓練之體感式電玩能有效的達到高強度的運動效果與運動體驗。在成年人的實務應用上，證實了可達到高強度的運動效果，可解決場地上的限制，未來可提供上班族、健身教練、健身中心和體育活動相關單位使用，來提升有氧能力。在高齡者的實務應用上，可運用於高齡者的動計劃，藉由體感式電玩的樂趣性且以間歇運動模式進行，讓高齡者提高對高強度運動的參與與提升有氧能力，但需要注意訓練計畫上的安排，適時調整運動強度或增加間隔休息時間來確保安全性。本研究為第一篇以 switch 進行 HIIE 安排的研究，確認了不同年齡層間的反應情況可提供日後的課程編排依據，可以讓更多人體驗到更多元的運動方式，並提供未來體育課程的編排參考。

## 利益衝突

本研究無涉及相關利益衝突。

## 致謝

本研究蒙台南應用科技大學樂齡大學學生的參與及經費補助，特此致謝。

## 引用文獻

- 余亮穎、李佳倫、張乃仁 (2021)。高強度間歇訓練對一般健康成人、中老年者、過重與肥胖者以及第 2 型糖尿病患者的應用方法：敘述性綜論。《運動表現期刊》，8(2)，53-72。  
<https://doi.org/10.3966/240996512021090802001>
- 林旻逸、洪偉欽、成和正 (2010)。體感式電玩對人體健康與運動教育之探討。《大專體育》，110，61-67。<https://doi.org/10.6162/SRR.2010.110.10>
- Abdelmalek, S., Aloui, K., Denguezli Bouzgarou, M., Adam, H., Souissi, N., & Chtourou, H. (2022). Exergaming during ramadan intermittent fasting improve body composition as well as physiological and psychological responses to physical exercise in adolescents with obesity. *Frontiers in Nutrition*, 9, 851054. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.851054>
- Bangsbo, J., & Hostrup, M. (2019). *Ugeskrift for laeger*, 181(8), V10180669.
- Banister, E. W., & Calvert, T. W. (1980). Planning for future performance: Implications for long term training. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences*, 5(3), 170-176.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6778623/>
- Bekraoui, N., Boussaidi, L., Cazorla, G., & Léger, L. (2020). Oxygen uptake, heart rate, and lactate responses for continuous forward running and stop-and-go running with and without directional changes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(3), 699–707.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002802>
- Bock, B. C., Dunsiger, S. I., Ciccolo, J. T., Serber, E. R., Wu, W. C., Sillice, M., & Marcus, B. H. (2019). Mediators of physical activity between standard exercise and exercise video games. *Health Psychology*, 38(12), 1107-1115. <https://doi.org/10.1037/hea0000791>
- Borg, G., Ljunggren, G., & Ceci, R. (1985). The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 54(4), 343-349.  
<https://doi.org/10.1007/BF02337176>
- Chuang, D. T., Chuang, J. L., & Wynn, R. M. (2006). Branched-chain amino acids: Metabolism, physiological function and application. *The Journal of Nutrition*, 136, 243S-249S.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81(11 Suppl), S52-S69.  
<https://doi.org/10.1097/00002060-200211001-00007>
- Comeras-Chueca, C., Marin-Puyalto, J., Matute-Llorente, A., Vicente-Rodriguez, G., Casajus, J. A., & Gonzalez-Aguero, A. (2021). Effects of active video games on health-related physical

fitness and motor competence in children and adolescents with overweight or obesity: Systematic review and meta-analysis. *JMIR Serious Games*, 9(4), e29981.

<https://doi.org/10.2196/29981>

Del Coso, J., González-Millán, C., Salinero, J. J., Abián-Vicén, J., Soriano, L., Garde, S., & Pérez-González, B. (2012). Muscle damage and its relationship with muscle fatigue during a half-iron triathlon. *PloS One*, 7(8), e43280. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043280>

Diener, J., Rayling, S., Bezold, J., Krell-Roesch, J., Woll, A., & Wunsch, K. (2022). Effectiveness and acceptability of e- and m-health interventions to promote physical activity and prevent falls in nursing homes-a systematic review. *Frontiers in Physiology*, 13, 894397.

<https://doi.org/10.3389/fphys.2022.894397>

Finaud, J., Lac, G., & Filaire, E. (2006). Oxidative stress: Relationship with exercise and training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(4), 327-358. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636040-00004>

Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., . . . Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), 109-115. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11708692/>

Foster, C., Hector, L. L., Welsh, R., Schrager, M., Green, M. A., & Snyder, A. C. (1995). Effects of specific versus cross-training on running performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 70(4), 367-372.

<https://doi.org/10.1007/BF00865035>

Graves, L. E., Ridgers, N. D., Williams, K., Stratton, G., Atkinson, G., & Cable, N. T. (2010). The physiological cost and enjoyment of Wii Fit in adolescents, young adults, and older adults. *Journal of Physical Activity and Health*, 7(3), 393-401. <https://doi.org/10.1123/jpah.7.3.393>

Hallgren, M., Vancampfort, D., Hoang, M. T., Andersson, V., Ekblom, Ö., Andreasson, S., & Herring, M. P. (2021). Effects of acute exercise on craving, mood and anxiety in non-treatment seeking adults with alcohol use disorder: An exploratory study. *Drug and Alcohol Dependence*, 220, 108506. <https://doi.org/10.1016/j.drugalcdep.2021.108506>

Kraft, J. A., Russell, W. D., Bowman, T. A., Selsor, C. W., 3rd, & Foster, G. D. (2011). Heart rate and perceived exertion during self-selected intensities for exergaming compared to traditional exercise in college-age participants. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1736–1742. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e06f13>

Kwol V. S., Eluwole K. K., Avci T., Lasisi T. T. (2019). Another look into the knowledge attitude practice (KAP) model for food control: An investigation of the mediating role of food handlers' attitudes. *Food Control*, 107025. <https://doi.org/10.1016/j.xsfoodcont.2019.107025>

McDonough, D. J., Pope, Z. C., Zeng, N., Lee, J. E., & Gao, Z. (2018). Comparison of college students' energy expenditure, physical activity, and enjoyment during exergaming and

- traditional exercise. *Journal of Clinical Medicine*, 7(11), 433.  
<https://doi.org/10.3390/jcm7110433>
- McNair, D. M., Lorr, M., & Droppleman, L. F. (1971). Manual for the profile of mood states. San Diego, CA: Educational and industrial testing service.  
<https://www.statisticssolutions.com/free-resources/directory-of-survey-instruments/profile-of-mood-states-poms/>
- Menz, V., Marterer, N., Amin, S. B., Faulhaber, M., Hansen, A. B., & Lawley, J. S. (2019). Functional vs. running low-volume high-intensity interval training: Effects on  $VO_{2max}$  and muscular endurance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(3), 497-504.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31427872/>
- Monedero, J., Murphy, E. E., & O'Gorman, D. J. (2017). Energy expenditure and affect responses to different types of active video game and exercise. *PloS One*, 12(5), e0176213.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176213>
- Muldoon, M. F., Laderian, B., Kuan, D. C., Sereika, S. M., Marsland, A. L., & Manuck, S. B. (2016). Fish oil supplementation does not lower C-reactive protein or interleukin-6 levels in healthy adults. *Journal of Internal Medicine*, 279(1), 98-109.  
<https://doi.org/10.1111/joim.12442>
- Park, S. B., Kim, M., Lee, E., Lee, D., Son, S. J., Hong, J., & Yang, W. H. (2020). Energy system contributions and physical activity in specific age groups during exergames. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(13), 4905.  
<https://doi.org/10.3390/ijerph17134905>
- Park, S., Chiu, W., & Won, D. (2017). Effects of physical education, extracurricular sports activities, and leisure satisfaction on adolescent aggressive behavior: A latent growth modeling approach. *PloS One*, 12(4), e0174674. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174674>
- Pearson, R. C., Olenick, A. A., Green, E. S., & Jenkins, N. T. (2020). Tabata-style functional exercise increases resting and postprandial fat oxidation but does not reduce triglyceride concentrations. *Experimental Physiology*, 105(3), 468-476. <https://doi.org/10.1113/EP088330>
- Qi, L., Yin, Y., Bu, L., Tang, Z., Tang, L., & Dong, G. (2021). Acute VR competitive cycling exercise enhanced cortical activations and brain functional network efficiency in MA-dependent individuals. *Neuroscience Letters*, 757, 135969.  
<https://doi.org/10.1016/j.neulet.2021.135969>
- Röglin, L., Ketelhut, S., Ketelhut, K., Kircher, E., Ketelhut, R. G., Martin-Niedecken, A. L., Hottenrott, K., & Stoll, O. (2021). Adaptive high-intensity exergaming: The more enjoyable alternative to conventional training approaches despite working harder. *Games for Health Journal*, 10(6), 400-407. <https://doi.org/10.1089/g4h.2021.0014>
- Shintaro O., Morikazu H. (2009). Does gender affect media choice in travel information search? On



the use of mobile internet. *Tourism Management*, 30(6), 794-804.

<https://doi.org/10.1016/j.tourman.2008.12.012>

Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using effect size-or why the p value is not enough. *Journal of Graduate Medical Education*, 4(3), 279-282. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-12-00156.1>

Taylor, L. M., Kerse, N., Frakking, T., & Maddison, R. (2018). Active video games for improving physical performance measures in older people: A meta-analysis. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 41(2), 108-123. <https://doi.org/10.1519/JPT.0000000000000078>

Viana, R. B., de Lira, C. A. B., Naves, J. P. A., Coswig, V. S., Del Vecchio, F. B., & Gentil, P. (2019). Tabata protocol: A review of its application, variations and outcomes. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 39(1), 1-8. <https://doi.org/10.1111/cpf.12513>

Viana, R. B., Naves, J. P. A., de Lira, C. A. B., Coswig, V. S., Del Vecchio, F. B., Vieira, C. A., & Gentil, P. (2018). Defining the number of bouts and oxygen uptake during the "Tabata protocol" performed at different intensities. *Physiology and Behavior*, 189, 10-15.

<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.02.045>

Weston, M., Taylor, K. L., Batterham, A. M., & Hopkins, W. G. (2014). Effects of low-volume high-intensity interval training (HIT) on fitness in adults: A meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(7), 1005-1017.

<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0180-z>

Zakynthinaki M. S. (2015). Modelling heart rate kinetics. *PloS One*, 10(4), e0118263.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118263>

# Feasibility Study of Exergaming Combined with High-Intensity Interval Training for Different Ages: Investigation of Aerobic Capacity and Mood State

Shu-Cheng Lin<sup>1</sup>, Hong-Cheng Shen<sup>1</sup>, Jing-Yu Li<sup>1</sup>, Chun-Niang Wang<sup>1</sup>, Chia-Chi Wang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Sport, Leisure and Health Management, Tainan University of Technology, Tainan City, Taiwan

<sup>2</sup>Physical Education Office, National Taipei University of Business, Taipei, Taiwan

## Abstract

**Purpose:** This study aimed to investigate the effects of combining exergaming with high-intensity interval exercise (HIIE) on blood lactate levels, heart rate, exercise load, and mood state in different age groups.

**Methods:** A cross-sectional study design was employed, and 8 young adults and 8 older adults, all with regular exercise habits, were recruited. The participants executed a HIIE program using the Nintendo Switch fitness ring adventure, comprising 8 sets of 20-second maximum-effort intervals followed by 30 second of rest, totaling 380 seconds of exercise. Blood lactate levels, heart rate, rating of perceived exertion (RPE) scale, and profile of mood states (POMS) were assessed before, during, and 5 and 10 minutes after the exercise. Exercise load was calculated based on the collected data. The data were analyzed using a two-way mixed-design analysis of variance. **Results:** 1. Blood lactate levels: The concentration of blood lactate in both groups showed an increase over 4 mmol/L during HIIE program, indicating the high exercise intensity. The young adult group exhibited significantly higher blood lactate levels than the older adult group at the 4th, 8th exercise bouts, and 5 and 10 minutes after exercise. 2. Heart rate: During the exercise, heart rates of both groups exceeded 85% of the estimated maximum heart rate (HRmax), with significantly higher rates observed in the young adult group compared to the older adult group. 3. Exercise load: There were no significant differences in objective (%HRmax) and subjective (RPE scores) exercise load between the groups. 4. Mood state: Both groups showed no significant differences in vigor and fatigue scores on the POMS. **Conclusion:** To diversify exercise options, combining exergaming with HIIE when designing an exercise program could be an option in both young and older individuals.

**Keywords:** high-intensity exercise, elderly, blood lactate, exercise load

