

急性健身運動、肥胖與執行功能之回顧

李瑞鴻¹ 吳治翰² 蔡書涵³ 吳聰義⁴ 張怡潔⁵ 張育愷^{1,6}

¹ 國立臺灣師範大學體育學系 ² 國立體育大學競技與教練科學研究所 ³ 東吳大學體育室 ⁴ 國立臺灣體育運動大學技擊運動學系 ⁵ 中山醫學大學體育中心
⁶ 國立臺灣師範大學學習科學跨國頂尖研究中心

摘要

肥胖對於大腦健康相關之執行功能存在負面影響，過去研究已發現，急性健身運動對於執行功能存在正面效果，且該效益可延伸至肥胖族群。因此，本文目的為回顧急性健身運動對肥胖族群執行功能之影響，並針對肥胖與執行功能和急性健身運動對於肥胖族群執行功能之影響進行回顧。透過肥胖、急性健身運動與執行功能等關鍵字於 PubMed 或 Google 學術等網站搜尋相關文獻。結果發現，肥胖對執行功能之抑制功能、工作記憶，以及認知彈性皆有負面影響，而急性健身運動提升肥胖族群執行功能之效益已在少數研究中發現。雖目前聚焦於肥胖族群之研究為少數，但值得注意的是，該些研究涵蓋多種運動型態，且對於執行功能之三種次成分皆有正面影響。整體而言，急性健身運動能改善肥胖族群之執行功能，並可在不同運動型態及執行功能成分上發現其效益。然而，該研究仍屬初步階段，未來仍須針對該議題加以探討。

關鍵詞：抑制控制、更新、轉換、事件關聯電位

主要聯絡者：張怡潔

聯絡地址：402 臺中市南區建國北路一段 110 號 中山醫學大學體育中心

E-mail: jessice225@yahoo.com.tw

壹、緒論

世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 指出：「肥胖 (obesity) 為不正常或過度之脂肪累積，可能對於健康有負面影響。」截至 2016 年，肥胖族群已佔世界約 6.5 億成年人口，而臺灣之「國民營養健康狀況變遷調查」提出，成年人肥胖盛行率已於 2013 至 2016 年間達到 22.3%，意即每五名成年人就有一名為肥胖族群。肥胖與諸多疾病之發生率存在密切關聯，除第二型糖尿病、心血管疾病和癌症等生理狀況外 (Guh et al., 2009)，亦可能導致與心理層面有關之抑鬱症與焦慮症產生 (Luppino et al., 2010)，甚至損害大腦健康有關之執行功能 (executive function; Yang, Shields, Guo, & Liu, 2018)。執行功能為一項高階認知過程，透過影響低階認知過程，使個體能在目標導向行為 (goal-directed behavior) 中調節思想和行為 (Friedman & Miyake, 2017)，對於職業生涯 (Bailey, 2007)、人際關係 (Hughes & Dunn, 1998)、體重控制 (Will Crescioni et al., 2011)，以及生活質量 (Moffitt et al., 2011) 皆有密切關聯。執行功能涵蓋諸多次成分，包含：抑制功能、工作記憶和認知彈性，該些能力與個體之衝突控制、處理訊息，以及轉換規則有關 (Diamond, 2013; Friedman & Miyake, 2017; Miyake et al., 2000)。過去統合分析研究發現，肥胖對於抑制功能、工作記憶，以及認知彈性皆有負面效果 (Yang et al., 2018)，並透過認知神經科學儀器進一步發現，肥胖族群之腦波反應和腦區活化皆與健康族群不同 (Song et al., 2016; Syan et al., 2019)，故探究增進肥胖族群執行功能之方法，為一項至關重要之議題。

急性健身運動 (acute exercise) 係指個體接受短暫或一次性之運動介入，過去已有統合分析指出，短時間之急性健身運動對於執行功能有小 ($d = .26$) 之效益 (Chang, Labban, Gapin, & Etnier, 2012)。近年來，已有少數研究顯示肥胖族群在急性健身運動介入後，獲得抑制功能、工作記憶，以及認知彈性表現之提升 (de Almeida, Teixeira, Merege-Filho, Dozzi Brucki, & de Salles Painelli, 2021; Quintero et al., 2018; Wheeler et al., 2020; Zhang et al., 2020)。值得一提的是，上述急性運動對肥胖族群之效果係建立於不同型態之運動上，例如：有氧健身運動 (de Almeida et al., 2021; Vincent & Hall, 2017)、阻力健身運動 (de Almeida et al., 2021) 和協調性健身運動 (coordinative exercise; Zhang et al., 2020) 等。除常見之運動型態外，亦包含以提升多種身體適能為目標之多面向健身運動 (multi-modal exercises; Quintero et al., 2018; Wen & Tsai, 2020a)，甚至涵蓋增進日常生活所需動作之功能性作業健身運動 (functional task exercise; de Almeida et al., 2021)，該些

型態之運動介入皆對於肥胖族群之執行功能有顯著正面影響。

整體而言，肥胖對於執行功能之抑制功能、工作記憶，以及認知彈性皆有負面影響，故探究增進肥胖族群執行功能之方法至關重要，過去研究發現急性健身運動對健康族群執行功能有提升效果，且在少數研究上發現其效益可延伸至肥胖族群。本文目的為回顧肥胖與執行功能之關聯，與以及急性健身運動對肥胖族群執行功能之影響，透過 PubMed 或 Google 學術等資料庫，以「肥胖」、「急性健身運動」與「執行功能」等關鍵字進行搜索，整合目前肥胖與執行功能與急性健身運動對於肥胖族群執行功能之文獻，期望提供該議題之未來研究方向與建議。

貳、肥胖與執行功能

身體質量指數 (body mass index, BMI) 為健康體位判定之指標，WHO 指出，BMI 高於 27 者為過重，大於 30 者則被認為肥胖，而國內則以衛福部之建議為準，分為過輕 (BMI < 18.5)、健康體重 (18.5 ≤ BMI < 24)、過重 (24 ≤ BMI < 27)，以及肥胖 (BMI ≥ 27)。過去已有學者採用較高層級之統合分析探討肥胖與執行功能之關聯，Yang 等 (2018) 納入 72 篇研究發現，肥胖對於執行功能之三種次成分皆存在負面影響，故本節將探討肥胖與抑制功能、工作記憶，以及認知彈性之關聯，並提出行為指標之整體效果，再整合以認知神經科學儀器測量大腦之單篇文獻進行回顧。最後，提出肥胖族群與執行功能之可能機制。

一、肥胖與抑制功能

抑制功能指個體能夠控制自身注意力、行為、思想或情緒，以避免聚焦於內在或外在誘惑，進一步執行適當或需要之選擇 (Diamond, 2013; Friedman & Miyake, 2017)。若以執行減重計畫為例，個體必須抑制美食之引誘，以減少熱量之攝取。在行為層面，近年 Yang 等 (2018) 納入 39 篇研究進行統合分析發現，肥胖對於抑制功能有負面影響 ($g = .36$)，且異質性低 ($\tau^2 = .069$)，而年齡、性別、BMI，以及檢測抑制功能之認知測驗類型等可能之調節變項，皆不會影響肥胖對抑制功能之負面效果。

除行為層面外，近年來學者更採用認知神經科學領域之事件關聯電位 (event-related potential, ERP) 探討肥胖與抑制功能之關係。ERP 為個體受事件、刺激或反應而誘發之腦波變化，其高時間解析度之特點，使研究者得以探究個體

對於測驗刺激之電位反應，提供另一項客觀指標探究大腦機轉 (Fabiani, Gratton, & Federmeier, 2007; 高三福、張育愷、季力康、林靜兒, 2019)。過去已有學者透過 ERP 探究健身運動對於執行功能之影響外，亦探究心肺適能、肥胖等變項與執行功能之關聯 (宋岱芬等, 2017)。ERP 之指標可分為正向波 (positive, P) 與負向波 (negative, N)，例如：N2、N450 和 P3 為反應抑制和注意力分配之指標 (Hruby & Marsalek, 2003)。

在孩童族群，Kamijo 等 (2012) 招募各 37 名健康體重與肥胖孩童，使用修改版 Go/No-Go 作業檢測抑制功能，其含有兩類型之刺激與情境，刺激分為老虎和獅子 (比例為 8 比 2)，情境分為 Go 與 No-Go 情境，參與者於 Go 情境須對獅子做出反應，老虎則否；而 No-Go 情境需對老虎做出反應，獅子則否。該測驗以反應時間與準確率作為指標。結果發現，相較於健康體重孩童，肥胖孩童在較需抑制功能之 No-Go 情境有較低之準確率。此外，相較於 Go 情境，肥胖孩童在 No-Go 情境產生較小之 P3 振幅與較大之 N2 振幅，但健康體重孩童則無此現象。結果意味著肥胖孩童之抑制功能較差，且對於測驗投入較少的注意力資源和表現出較差之衝突控制。除於 Go/No-Go 作業發現肥胖孩童抑制功能較差外，Tsai, Chen, Pan, 與 Tseng (2016) 則從視覺空間注意力之角度探討肥胖與健康體重孩童抑制功能之差異，並採用 ERP 測量腦波反應，其招募各 26 位肥胖及健康體重孩童，透過視覺空間注意力測驗 (visuospatial attention task) 測量抑制功能。測驗開始時，會呈現十字於螢幕中央，方框於左和右側，十字於 1 秒後變為左箭頭、右箭頭或是沒有任何提示，再經過 350 毫秒後，於其中一側方框內出現綠點，參與者須做出正確之方向反應，該測驗有效 (提示與隨後出現之刺激相同)、無效 (提示與隨後出現之刺激相異)，以及無提示出現比例為 6:3:1 (共有 90 個試驗)，並以反應時間及準確率作為指標。結果發現，相較於健康孩童，肥胖孩童反應時間顯著較長，且顯著產生較小之 P3 振幅，表示其在抑制功能之視覺空間注意力方面有較差之表現，且投入較少之注意力資源於測驗中。

在青少年族群，Chen, Jia, 與 Woltering (2018) 招募 18 名健康體重與 22 名肥胖青少年，使用 Go/No-Go 作業檢測抑制功能。結果發現，相較於健康體重青少年，肥胖青少年在較需抑制功能之 No-Go 情境時有較低之準確率，且產生更大之 N2 振幅，表示肥胖青少年有較差之抑制功能與衝突控制。

在年輕成年族群，Tsai, Huang, 與 Tsai (2017) 不僅探討肥胖及健康體重年輕成年人抑制功能之差異，還透過 ERP 測量腦波變化，甚至檢測其胰島素、血糖、瘦素 (leptin)，以及 C 反應蛋白 (C-reactive protein) 等生化指標。該研究招募各

30 位肥胖及健康體重族群，透過視覺空間注意力測驗測量抑制功能。結果發現，相較於健康體重族群，肥胖族群之反應時間顯著較長、P3 振幅較小，以及有顯著較高之胰島素、血糖、瘦素和 C 反應蛋白濃度。值得注意的是，瘦素及 C 反應蛋白與認知表現呈顯著負相關。結果可能意味著，肥胖族群之抑制功能較差、投入較小注意力資源於測驗中，以及具有較高與認知功能表現呈負相關的瘦體素和 C 反應蛋白濃度，可能為導致肥胖族群抑制功能較差之原因。除以生化角度探究外，Song 等 (2016) 則以體適能之觀點進行詮釋，其招募各 25 名肥胖高體適能組、肥胖低體適能組、健康體重高體適能組、與健康體重低體適能組，採用 Stroop 測驗測量抑制功能。結果發現，健康體重高體適能組測驗表現顯著最高、肥胖高體適能組和健康體重低體適能組次之，而肥胖低體適能組最差。此外，健康體重高體適能組之反應時間顯著最短且 P3 振幅較大，結果指出健康體重且體適能高者有較佳之抑制功能和較多注意力資源投入於測驗中，肥胖高體適能者及健康體重低體適能者之抑制功能次之，肥胖低體適能者則具最差之抑制功能。

在成年族群，Wen 與 Tsai (2020a) 以生化角度探討肥胖與久坐之健康體重女性抑制功能之差異，招募各 26 位年齡介於 21 至 45 歲之肥胖及健康體重族群，並透過 Stroop 測驗及 Go/No-Go 作業檢測抑制功能。Go/No-Go 作業分為 Go 與 No-Go 情境，參與者於 Go 情境需對刺激做出反應，而 No-Go 情境則無需反應刺激，該測驗以反應時間與準確率作為指標。此外，該研究不僅透過 ERP 檢測腦波反應，還測量 C 反應蛋白、瘦素、脂聯素 (adiponectin) 等生化指標。結果發現，雖然在行為上未發現兩組之差異，但相較於久坐健康體重女性，肥胖族群於 Stroop 測驗表現出較長之 N2 潛時及較小之 P3 振幅，以及於 Go/No-Go 作業表現出較小之 N2 及 P3 振幅。此外，肥胖族群之 C 反應蛋白顯著較高、脂聯素顯著較小、瘦素顯著較高，且脂聯素與瘦體素之比例顯著較高，還發現 No-Go 情境之 P3 振幅和脂聯素與瘦素比例呈現顯著相關。結果可能意味著，肥胖成年女性雖於抑制功能表現上與久坐健康體重女性並無差異，但透過 ERP 結果卻發現其投入較少之注意力資源及衝突控制之反應較慢，還發現注意力資源透入越少，其脂聯素與瘦素比例則越小。此外，亦有學者探究飲食失調與 ERP 成分之關係，Iceta 等 (2020) 招募各 30 位肥胖飲食失調、肥胖無飲食失調與健康體重成年人，認知測驗採用聲音 oddball 典範 (auditory oddball paradigm)。該測驗以隨機之方式呈現目標聲音刺激 (2000Hz) 及非目標聲音刺激 (800Hz)，比例為 1:4，參與者須辨別目標刺激並做出反應，並以 ERP 紀錄腦波反應。該研究亦測量生化指標，包含血糖、胰島素、胰島素阻抗性、瘦素等，還調查其飲食狀況。結果發現，

相較於健康體重族群，肥胖族群具有顯著較高之測驗錯誤率、顯著較小的 P3 振幅、顯著較高的胰島素、胰島素阻抗、瘦素。值得注意的是，在糖分攝取上，肥胖飲食失調組顯著高於肥胖無飲食失調組，且肥胖組皆顯著攝取較健康體重組高比例之脂質及蛋白質。該些結果意味著，肥胖族群具有較差之抑制功能，且投入較少之注意力資源於測驗中，具有較高之胰島素阻抗性和瘦素濃度，表示其胰島素和瘦素之作用較無效率，較不能使其血糖降低，該些原因皆可能為導致抑制功能較差之因素。

在中老年族群，Cohen, Yates, Duong, 與 Convit (2011) 透過磁振造影 (magnetic resonance imaging, MRI) 探究大腦結構，招募 42 位肥胖與 107 位健康體重族群，採用 Stroop 測驗檢測抑制功能。值得注意的是，該研究更調查近 3 天的飲食攝取。結果發現，相較於健康體重組，肥胖組準確率測驗顯著較低、顯著攝取較高熱量與油炸之食物，以及眶額皮質 (orbitofrontal cortex) 體積顯著較小，該些結果可能意味著，中老年肥胖族群之抑制功能較差、攝取較不健康之食物，且與執行功能相關之腦區功能較不健全。

由上述研究得知，在行為層面，相較於健康族群，無論年齡、性別、BMI，以及採用何種認知測驗，肥胖族群皆表現出較差之抑制功能 (Yang et al., 2018)。此外，透過 ERP 之結果發現，肥胖孩童和青少年在較需抑制之 No-Go 情境，有較差之衝突控制與較低之注意力資源投入 (Chen et al., 2018; Kamijo et al., 2012; Tsai et al., 2016)；肥胖年輕成年人不僅投入較少之注意力資源，還具有較高之胰島素、血糖、瘦素和 C 反應蛋白濃度 (Tsai et al., 2017)，甚至發現健康體高體適能者之抑制功能最佳，肥胖高體適能者和健康體重低體適能者次之，肥胖低體適能者則最差 (Song et al., 2016)；肥胖成年人也發現其需較長之時間反應衝突控制、注意力資源投入較少，且隨著脂聯素與瘦素降低而減少投入，還發現其胰島素和瘦素之功能可能較不健全 (Iceta et al., 2020; Wen & Tsai, 2020b)。除 ERP 外，透過 MRI 亦發現，中老年肥胖族群之眶額皮質體積較小，表示與執行功能相關之腦區功能可能較不健全，且對於食物有更大的注意力資源投入，意即肥胖族群較不能抵抗食物之誘惑 (Cohen et al., 2011)。整體而言，無論在行為或是大腦層面，皆顯示肥胖族群在不同年齡具較差之抑制功能。

二、肥胖與工作記憶

工作記憶指個體將訊息維持並進行處理，或是將新的資訊納入腦中運算之能

力，故其亦可稱為更新 (updating)。若以算數為例，個體必須將原先之數字記在腦中，並將其與其他數字進行計算 (Diamond, 2013; Friedman & Miyake, 2017)。

在行為層面，Yang 等 (2018) 納入 20 篇研究進行統合分析發現，肥胖對於工作記憶有負面效果 ($g = .33$)，且異質性低 ($\tau^2 = .071$)，對於可能之調節變項，如年齡、性別和 BMI 皆不會影響其結果。然而，不同類型之工作記憶測驗則會調節對於肥胖族群工作記憶之效果，在所納入的文獻中，經常被採用之作業為記憶廣度測驗 (digit span test, $n = 6$) 與字-數序列作業 (letter-number sequencing task, $n = 4$)，如採用前者之作業，肥胖對於工作記憶有顯著小負面效果 ($g = .346$)，但採用後者則無發現顯著差異；此外，採用其他作業則有顯著小的負面效果 ($g = .477$)。整體而言，相較於健康族群，肥胖族群之抑制功能較差，且年齡、性別、BMI，皆不會影響肥胖對於抑制功能之負面效果。然而，採用何種作業會調節肥胖對於工作記憶的影響，特別在字-數序列作業並未發現肥胖及健康族群產生差異。

除行為層面外，過去亦有學者透過 MRI 測量大腦結構，在青少年階段，Yau, Kang, Javier, 與 Convit (2014) 招募各 30 名肥胖及健康體重青少年，並排除有胰島素抵抗異常和代謝症候群的參與者，採用 WRAML 測驗 (wide range assessment of memory and learning) 測量工作記憶。結果發現，肥胖與健康體重青少年測驗表現趨近顯著差異，但肥胖青少年之眶額皮質體積顯著較小，意即工作記憶表現雖無差異，但與執行功能相關之眶額皮質功能可能有所虧損。值得注意的是，在另一項樣本數較多之研究則發現更進一步的結果，Ross, Yau, 與 Convit (2015) 探討胰島素抵抗、身體適能，以及大腦結構對於肥胖族群工作記憶表現的影響，招募 79 名肥胖與 54 名健康體重的青少年，採用視覺工作記憶作業 (visual working memory tasks) 檢驗其工作記憶表現，並測量其胰島素敏感性和最大攝氧量。結果發現，相較於健康體重青少年，肥胖青少年之工作記憶顯著較差、眶額皮質體積顯著較小、胰島素敏感性和最大攝氧量皆與眶額皮質厚度有顯著高度相關，以及最大攝氧量與工作記憶表現顯著相關，表示肥胖族群較差的工作記憶表現或可透過胰島素敏感性和最大攝氧量來預測。除比較腦體積之究外，過去亦有學者採用功能性磁振造影 (functional MRI, fMRI) 檢測作業期間腦區之血氧濃度相依對比 (blood-oxygenation-level-dependent, BOLD) 訊號與非等向性指標 (fractional anisotropy, FA) 在工作記憶微觀結構之差異，Alarcón, Ray, 與 Nagel (2016) 招募 88 位健康體重、46 位過重，以及 18 位肥胖參與者，採用語言 (verbal working memory tasks) 與空間工作記憶作業 (spatial working memory tasks) 檢測工作記

憶。結果發現，BMI 與語言和空間工作記憶表現呈顯著負相關、BMI 與 FA 呈顯著負相關，但在 BOLD 訊號上則無顯著差異。該些結果可能意味著，肥胖青少年之工作記憶較差，且工作記憶相關之結構較小，但在作業時腦區活化並無不同，表示結構可能先於功能性的改變。

在成年族群，Gonzales 等 (2010) 亦採用 fMRI 檢驗作業期間大腦活化，招募不同體重之參與者並分為健康體重、過重、和肥胖組，工作記憶檢測採用 n-back 作業。該測驗隨機呈現單一字母，當目前呈現之字母與前 n 次相同時 (該研究為 2-back)，參與者必須按下反應鍵，並以反應時間及準確率作為指標。結果發現，測驗之組間準確率和反應時間皆無顯著差異，但在神經活化方面，肥胖組顯著低於其他兩組，且右頂葉皮層 (right parietal cortex) 也產生顯著較低之活化，該些結果可能意味著，相較於健康族群，雖肥胖族群並未有較差之工作記憶，但其空間相關腦區有較差之活化。相較於前述樣本數較少之研究，Syan 等 (2019) 則招募 243 名肥胖與 469 名健康體重族群，採用 n-back 測驗，並使用 fMRI 檢測 BOLD 訊號。結果發現，肥胖成年人之工作記憶較差，且在 n-back 作業負關聯區域之腹內側前額葉皮質 (ventromedial prefrontal cortex)、扣帶皮層 (posterior cingulate cortex)，以及右中央溝前回 (right precentral gyrus) 有較大之 BOLD 訊號，意即肥胖族群有較差之工作記憶，且在與作業無關之區域也產生活化，表示訊息處理效率較差。

在中老年族群，Cohen 等 (2011) 則透過 MRI 檢測大腦體積差異，招募 42 位肥胖與 107 位健康體重族群，採用記憶廣度測驗與視覺記憶廣度測驗 (visual memory span test) 測工作記憶。記憶廣度測驗施測時，實驗者會唸出一串數字，參與者必須依據反向之順序回應，而視覺記憶廣度測驗則在螢幕呈現不同形狀之圖案，以隨機順序呈現，參與者必須依據反向之順序回答。結果發現，相較於健康體重組，肥胖組在兩項測驗之得分顯著較低，且眶額皮質體積顯著較小，表示中老年肥胖族群之工作記憶較差，且與執行功能相關之腦區功能可能較不完整。

由上述研究得知，在行為層面，相較於健康族群，無論年齡、性別，以及 BMI，肥胖族群皆表現出較差之工作記憶，然選擇何種作業則會調節其效果 (Yang et al., 2018)。透過採用 MRI 及 fMRI 之研究發現，在青少年階段，肥胖族群之工作記憶表現較差，且眶額皮質較薄，胰島素敏感性及最大攝氧量也與該腦區有關 (Ross et al., 2015; Yau et al., 2014)。此外，肥胖青少年在工作記憶相關之結構較小，雖 BOLD 訊號並差異，結果表示導致工作記憶較差之原因可能為結構上先於功能上的改變；在成年階段，肥胖族群工作記憶表現較差 (Gonzales et

al., 2010; Syan et al., 2019)，且活化與測驗無關之腦區 (Syan et al., 2019)；在中老年族群階段，其工作記憶表現較差，且執行功能相關之眶額皮質體積較小 (Cohen et al., 2011)。整體而言，肥胖族群具較差之工作記憶，大腦處理訊息之效率較差，且執行功能有關之腦區功能可能較不健全。

三、肥胖與認知彈性

認知彈性指個體能夠在空間或人際溝通上改變觀點，或是更換原有想法而採用其他方式思考，亦稱為轉換 (shifting)，例如：用某種方式無法解決問題時，能否轉換原有方法以擬訂不同策略 (Diamond, 2013; Friedman & Miyake, 2017)。

在行為層面，Yang 等 (2018) 納入 24 篇研究發現，肥胖對於認知彈性有顯著的負面效果 ($g = .369$)，且異質性低 ($\tau^2 = .059$)，對於調節變項，年齡、性別、BMI，以及認知彈性測驗皆沒有顯著差異。整體而言，相較於健康族群，肥胖族群之認知彈性較差，且年齡、性別、BMI 和採用何種認知測驗，皆不會影響肥胖對於認知彈性之負面影響。

除行為層面外，亦有學者採用 MRI 進行研究。在青少年階段，Yau 等 (2014) 測量肥胖及健康體重青少年認知彈性及腦區結構之差異，招募各 30 名肥胖及健康體重青少年，排除有胰島素抵抗異常和代謝症候群之參與者，並使用 TMT 作業 (trail making task) 測量認知彈性。該作業分為 A 和 B 情境，於 A 情境中，參與者必須在一筆劃內將數字自 1 連至 25；B 情境則包含各 16 個字母和數字，參與者必須依照 1-A、2-B...16-L 之順序連線，其指標為 B 情境之總執行時間或 B 與 A 情境總執行時間之差值。結果發現，肥胖與健康體重青少年測驗表現並無顯著差異，但肥胖青少年之眶額皮質體積顯著較小，表示雖在測驗表現上無發現差異，但與前額葉執行相關之眶額皮質功能可能較不完整。

在中老年族群，Cohen 等 (2011) 招募 98 名健康體重及 41 名過重或肥胖之中老年人，調查其食物選擇、使用 TMT 作業檢測認知彈性，以及透過 MRI 檢測大腦結構。結果發現，相較於健康族群，過重及肥胖族群選擇之食物熱量顯著較高，在 TMT 作業表現亦顯著較差，以及眶額皮質之體積顯著較小。結果意味著，肥胖中老年人選擇較不健康之食物，認知彈性較差，以及前額葉相關腦區體積較小，可能為肥胖族群認知彈性較差之因素。而 Debette 等 (2011) 之研究則透過十年追蹤及大樣本數探究該議題，並透過 MRI 測量大腦結構。該研究招募 1057 位健康體重及 295 位肥胖參與者，採用 TMT 作業測量認知彈性，並追蹤十年後

之變化。結果發現，中年肥胖顯著預測較差之 TMT 表現，且與全腦體積減少呈顯著相關，表示中年肥胖可能導致認知彈性之虧損與全腦體積之縮小。

由上述研究得知，在行為層面，相較於健康族群，無論年齡大小、性別、BMI 大小，以及採用何種認知測驗，肥胖族群皆表現出較差之認知彈性 (Yang et al., 2018)。此外，透過 MRI 研究發現，過重及肥胖參與者有較差之食物選擇 (Cohen et al., 2011) 和執行功能相關之眶額皮質也具較小之體積 (Cohen et al., 2011; Yau et al., 2014)。值得注意的是，中年肥胖預測十年後認知彈性之減損，且導致全腦體積減少 (Debette et al., 2011)，該些結果皆可能為過重及肥胖族群表現出較差認知彈性之原因。整體而言，肥胖族群之認知彈性較差、在食物選擇上較不健康與存在較小之眶額皮質體積，此外，中年肥胖更導致全腦體積的縮小。

四、肥胖族群與執行功能負向關聯之可能機制

綜合上述研究，相較於健康體重族群，肥胖族群在抑制功能、工作記憶與認知彈性皆具有較差之表現 (Yang et al., 2018)。以認知神經科學之研究發現，在 ERP 層面，肥胖族群投入較少之注意力資源於測驗中，且具有較差之衝突控制 (Chen et al., 2018; Kamijo et al., 2012; Song et al., 2016)；在 MRI 層面，肥胖族群在眶額皮質體積皆顯著較小 (Cohen et al., 2011; Ross et al., 2015; Yau et al., 2014)，而該些腦區與執行功能存在密切之關係。除認知神經科學知角度外，甚至發現肥胖族群之生化指標亦有不同之變化，例如 C 反應蛋白、瘦素、胰島素等 (Iceta et al., 2020; Tsai et al., 2017; Wen & Tsai, 2020b)，以下將提出肥胖族群執行功能較差之可能機制。

(一) 眶額皮質

相較於健康體重族群，肥胖族群測驗表現較差且眶額皮質體積較小 (Cohen et al., 2011; Ross et al., 2015; Yau et al., 2014)，眶額皮質為一大片腹側額葉所組成，其被認為與目標導向行為有關 (Rudebeck & Rich, 2018)，例如抑制、決策及獎賞 (Fettes, Schulze, & Downar, 2017; Wikenheiser & Schoenbaum, 2016)。過去研究發現，眶額皮質損傷之患者，其測驗表現也較差 (Kuusinen, Cesnaite, Peräkylä, Ogawa, & Hartikainen, 2018)，故肥胖族群之眶額皮質體積較小，可能為執行功能表現較健康體重族群差之原因。

(二) 生化指標

相較於健康體重族群，肥胖族群具有較高之胰島素、瘦素及 C 反應蛋白濃度 (Iceta et al., 2020; Tsai et al., 2017; Wen & Tsai, 2020b)，以下分別針對該三種激素進行探究：胰島素為一項抑制血糖之激素，胰島素阻抗表示其胰島素抑制血糖的功能異常，需要分泌較多的胰島素來維持作用，肥胖族群經常伴隨該症狀。而過去研究發現，胰島素阻抗與執行功能障礙具有顯著關聯 (Biessels & Reagan, 2015)；瘦素由脂肪組織分泌，為抑制食慾與降低脂肪儲存之激素，其濃度分泌與 BMI 呈正相關，表示肥胖族群瘦素功能可能較不健全，需分泌更多以維持其功能 (Gustafson et al., 2013)，且過去研究亦發現，瘦素濃度與較高之脂肪組織和較差之認知功能有關 (Gustafson et al., 2015)；C 反應蛋白為一項身體發炎之指標，其分泌異常與多面向的認知障礙有關，例如記憶、學習能力、認知彈性、處理速度等 (Bulzacka et al., 2016)，亦有統合分析指出，該激素之反應可能與認知障礙有關 (Bora, 2019)。整體而言，肥胖族群之胰島素、瘦素和 C 反應蛋白濃度較健康體重族群高，可能表示其胰島素和瘦素功能較不健全，且身體之發炎反應較高，該些激素皆與執行功能之障礙有關，可能為肥胖族群執行功能較差之原因。

參、急性健身運動、肥胖與執行功能

肥胖對於執行功能之負面影響已透過行為及認知神經科學觀點證實，執行功能可透過急性健身運動獲得正面影響 (曾竣瑋、洪巧菱、趙曉涵、洪聰敏、王鶴森，2019；齊璘、陳豐慈、王俊智、粘瑞狄、張育愷，2020；謝漱石、闕廷宇、洪聰敏，2017)。亦有統合分析指出，急性健身運動對於健康族群之執行功能有小 ($d = .26$) 之效益 (Chang et al., 2012)。然而，急性健身運動對於肥胖族群之探究仍處於初步階段，故本節將探究急性健身運動對於肥胖族群執行功能之影響，以「肥胖」、「急性健身運動」，以及「執行功能」等關鍵字於 PubMed、Google 學術等資料庫搜索，排除動物、未進行認知測驗之研究，共搜尋到 7 篇文獻。雖目前針對肥胖族群探討急性健身運動對執行功能之研究較少，但該些研究除針對常見之急性健身運動型態進行詮釋外，還探討結合兩種運動型態，或是以增進不同身體適應為目標之多面向健身運動，甚至還有以提升日常生活所需動作之功能性作業健身運動等新型運動型態。此外，該些研究亦涵蓋執行功能之三種次成分。因此，本節將針對急性健身運動對肥胖族群抑制功能、工作記憶和認知彈性

進行回顧，並彙整摘要於附錄一。

一、抑制功能

在青少年族群上，Zhang 等 (2020) 招募 38 名肥胖青少年並分成運動組和控制組，不僅測量中強度急性協調性健身運動對抑制功能之影響，亦測量對食物線索之反應。結果發現，無論何種情境，運動後皆降低反應時間。此外，與對照組相比，運動組完成急性協調健身運動後，對食物提示相關刺激之反應時間縮短，意即急性協調性健身運動能夠增進肥胖青少年之抑制功能。

在成年族群上，Vincent 與 Hall (2017) 招募 28 名肥胖或過重且患有第二型糖尿病 (type 2 diabetes mellitus) 之成年人，比較中強度與低強度急性有氧健身運動對抑制功能之效果，採用 Stroop 測驗與 Go/No-Go 作業進行檢測，並詢問參與者身體活動狀況 (例如：過去 7 天完成多久時間的中等至劇烈強度的身體活動)。結果發現，急性有氧健身運動對於第二型糖尿病之肥胖和過重成年人並無整體效益，但進一步分析發現，相較於低強度急性健身運動，中強度急性健身運動對女性和較常進行身體活動之參與者有增進抑制功能之效果。整體而言，急性有氧健身運動對於肥胖族群抑制功能有選擇性之作用，而性別和身體活動狀態可能為其調節因素。相較於有肥胖併發症之參與者，Inoue 等 (2020) 則排除具肥胖併發症之肥胖成年人，探討 30 分鐘的中強度有氧健身運動與 20 分鐘的高強度間歇健身運動對於其執行功能之影響，招募 17 位參與者並分為有氧健身運動組及高強度間歇健身運動組，以 Stroop 測驗檢測其抑制功能，亦測量腦源性神經營養因子 (brain-derived neurotrophic factor, BDNF) 之濃度變化。結果發現，兩組在運動後皆提升 Stroop 反應時間和測驗分數，且 BDNF 也顯著提升，該些結果可能意味著，兩種健身運動型態皆能提升肥胖成年人抑制功能與 BDNF 濃度，且高強度間歇健身運動介入時間較短，即產生與有氧健身運動相同之效益。不同於以時間為單位之觀點，Quintero 等 (2018) 以總能量消耗之觀點，招募 36 名肥胖成年人並隨機分派至阻力健身運動組、高強度間歇健身運動組、多面向健身運動組 (阻力健身運動 + 高強度間歇健身運動) 和控制組，比較在抑制功能上的差異，並採用 Stroop 測驗進行檢測。結果發現，高強度間歇健身運動組和多面向健身運動組測驗表現顯著優於阻力健身運動組，而阻力健身運動組則顯著優於控制組，該些結果可能意味著，急性健身運動型態對肥胖族群之效益，最佳為高強度間歇健身運動和多面向健身運動，阻力健身運動次之。

在老年族群上，特別採用較新穎之健身運動型態-功能性作業健身運動進行探討。功能性作業健身運動為一項模擬日常生活動作之健身運動，例如：從椅子上坐起、上下樓梯等，de Almeida 等 (2021) 探討介入該種急性健身運動對抑制功能之影響，招募 16 名肥胖老年女性並介入 30% 1-RM 功能性作業健身運動和控制情境。此外，更比較不同阻力健身運動強度對抑制功能之效果，招募 15 名肥胖老年人，並介入 70% 1-RM、50% 1-RM 和控制情境，並採用 Stroop 測驗進行檢測。結果發現，相較於控制情境，低強度功能性作業健身運動顯著提升抑制功能，而在完成兩種強度之阻力健身運動後，皆顯著減少反應時間，表示中強度與高強度之阻力健身運動皆能增進抑制功能。整體而言，無論何種強度之阻力健身運動，皆增進肥胖老年人之抑制功能，甚至低強度功能性作業健身運動即能產生效益。

除行為層面外，亦有學者採用 ERP 檢測腦波反應，介入有氧與阻力運動型態混合之多面向健身運動，針對無肥胖併發症之肥胖成年女性進行探究，Wen 與 Tsai (2020a) 招募 32 位參與者隨機分派至多面向健身運動組及控制組，多面向健身運動介入時間為 20 分鐘，內容為有氧及阻力交替進行 (1 分鐘：1 分鐘)，並採用 Stroop 測驗檢測抑制功能。結果發現，兩組介入後之測驗表現雖未具顯著差異，但 ERP 之結果發現，N2 及 P3 潛時縮短和 P3 振幅增加，該些結果可能意味著，雖運動後並未提升測驗表現，但縮短對於刺激之大腦反應，且對於注意力之投入增加。

由上述研究得知，急性健身運動在不同運動型態，如常見之有氧 (Inoue et al., 2020)、協調性運動 (Zhang et al., 2020) 等，亦或是多面向型態 (Quintero et al., 2018)，皆發現其對於抑制功能之效益。雖對於肥胖併發症患者未有增進 (Vincent & Hall, 2017)，但透過 ERP 亦發現對於注意力資源投入之增進 (Wen & Tsai, 2020a)，且對於不同年齡層之參與者皆顯示提升之效果。整體而言，急性健身運動對於肥胖族群之抑制功能有正面影響。

二、工作記憶

急性健身運動對於肥胖族群工作記憶之影響僅有 1 篇文獻，其探究打斷久坐行為 (sedentary behavior) 對工作記憶之影響，Wheeler 等 (2020) 招募 65 名肥胖或過重之老年人，排除相關併發症，並完成久坐 (連續久坐 8 小時)、運動和坐式生活 (連續久坐 1 個小時、中強度有氧健身運動 30 分鐘、連續久坐 6.5 小時)，

以及運動和中斷久坐 (久坐 1 小時、中強度有氧健身運動 30 分鐘、每 30 分鐘中斷久坐並進行 3 分鐘的低強度步行) 等三種情境。認知測驗測量空間工作記憶 (Groton maze learning test)、心理動作功能與訊息處理速度 (detection test)、注意力 (identification test)、視覺學習 (one card learning test) 和工作記憶 (n-back test)。結果發現，無論進行低強度步行與否，在中強度健身運動後，皆能增進過重或肥胖老年人之工作記憶，但在注意力、心理動作功能或視覺學習方面沒有顯著影響。值得注意的是，雖運動與久坐相結合時，運動對於工作記憶的效益會減弱，但在久坐的一段時間內，進行中強度健身運動即對於工作記憶有增進之效果。

三、認知彈性

急性健身運動對於肥胖族群認知彈性之影響亦僅有 1 篇文獻，為 de Almeida 等 (2021) 探討功能性作業健身運動對於認知彈性之影響，招募 16 名肥胖老年女性並介入 30% 1-RM 功能性作業健身運動和控制情境，並比較低和中等強度阻力健身運動強度對抑制功能之效果，招募 15 名肥胖老年人，介入 70% 1-RM、50% 1-RM 和控制情境，採用 TMT 作業進行檢測。結果發現，相較於控制情境，低強度功能性作業健身運動情境顯著提升認知彈性，而對於阻力健身運動，皆顯著減少反應時間，表示中與高強度之阻力健身運動皆能增進認知彈性。整體而言，無論何種強度之阻力健身運動，皆增進肥胖老年人之認知彈性，且於低強度功能性作業健身運動即能發現其效益。

四、小結

由上述研究得知，目前僅有之文獻多聚焦於抑制功能，以下將依據不同年齡層提出回顧之結果：在肥胖孩童層面，尚未有人進行探究；在肥胖青少年層面，僅 Zhang 等 (2020) 聚焦急性協調性健身運動對於抑制功能之效果，結果發現，青少年可透過該方式獲得增進之效益，而在工作記憶及認知彈性方面，仍未有文獻進行探究；在肥胖成年人層面，急性有氧 (Inoue et al., 2020)、阻力、高強度間歇，以及多面向健身運動 (Quintero et al., 2018) 皆發現存在提升抑制功能之效果。值得注意的是，急性有氧健身運動對於肥胖併發症者並未獲得效益 (Vincent & Hall, 2017)，尚不能得知其它運動型態是否具改善該族群之效果。此外，對於工作記憶及認知彈性，亦未有學者針對肥胖成年人進行探究；在肥胖老年族群層面，急性有氧健身運動能增進其工作記憶 (Wheeler et al., 2020)，且阻力健身運

動與較新穎型態之功能性作業健身運動，對於抑制功能及認知彈性方面亦發現正向效果，且低強度即可獲得效益 (de Almeida et al., 2021)。此外，Wen 與 Tsai (2020a) 則探討結合有氧和阻力健身運動之多面向健身運動對於肥胖成年人抑制功能之影響，特別透過 ERP 進行測量，雖未發現行為層面之改善，但發現縮短大腦對刺激之反應，且增加注意力資源之投入，而對於其他運動型態及認知層面則尚未有深入之測量。

整體而言，急性健身運動對於肥胖族群抑制功能之增進效果較為完整，對於工作記憶及認知彈性有少數文獻發現提升之效益，然該仍有許多議題需探究，如運動型態、年齡、肥胖併發症等，對於這些變項將於末節提供未來研究建議。

肆、結論與未來研究建議

本文發現肥胖對於抑制功能、工作記憶和認知彈性等執行功能皆有負面影響，甚至已透過 ERP、MRI、fMRI 等認知神經科學觀點進一步地佐證。肥胖族群與執行功能負向關聯之機制，可能源於與執行功能有關之眶額皮質體積較小，或是其胰島素、瘦素具有阻抗性，以及 C 反應蛋白濃度高使身體呈現發炎狀態，導致執行功能表現較健康族群不佳。急性健身運動對於健康族群在抑制功能、工作記憶和認知彈性已被廣泛證實。值得注意的是，急性健身運動增進執行功能之效果亦延伸至肥胖族群，不僅能透過有氧健身運動、阻力健身運動、協調性運動和高強度間歇運動，甚至多面向健身運動與功能性作業健身運動皆能提升執行功能。整體而言，肥胖對執行功能之負面影響，或許能透過急性健身運動改善，並可能適用於不同類型之健身運動，以下將提出本研究之限制與未來研究建議。

一、最佳運動處方之建立

就目前回顧之研究發現，高強度間歇健身運動及多面向健身運動之效益最佳 (Inoue et al., 2020; Quintero et al., 2018)，其餘運動型態諸如有氧 (Inoue et al., 2020; Wheeler et al., 2020)、阻力 (Quintero et al., 2018)，以及功能性健身運動 (de Almeida et al., 2021) 皆能產生效益，然該些研究需謹慎評估，因其介入時間、運動強度及對象皆不一致，未來建議以相同介入時間進行比較。再者，對於有氧、阻力及功能性健身運動之運動強度亦需進一步探討。最後，將不同年齡層之參與者納入，以研擬出最佳之運動處方。

二、對於執行功能之次成分深入探究

急性健身運動對於肥胖族群執行功能之影響，目前針對抑制功能之探究較多，對於工作記憶及認知彈性方面相對較少，建議與常見之阻力健身運動型態進行比較外，亦可比較高強度間歇健身運動對其之影響，以進一步瞭解是否其對於抑制功能最佳之效益能延伸至該些執行功能次成分。

三、納入更多類型之參與者

對於患有肥胖併發症之族群而言，目前僅 Vincent 與 Hall (2017) 探討急性健身運動對抑制功能之影響，雖未發現效益，但鑒於肥胖族群常伴隨相關之併發症，探究急性健身運動對執行功能之效益尤為重要。此外，目前尚未對於孩童族群進行研究。未來建議納入該些族群並介入不同之運動型態、強度及時間，探討對於不同執行功能之次成分進行探究。

四、採用認知神經科學儀器

目前僅 Wen 與 Tsai (2020a) 採用 ERP 檢測急性多面向健身運動對於肥胖成年女性抑制功能之影響，發現在腦波之 N2 和 P3 成分有正向效益，建議未來可探討其它變項，如運動型態、強度、性別、執行功能次成分等。此外，尚未有學者透過 fMRI 測量，是否於肥胖族群有虧損之腦區可獲得增進之效益，仍有待深入瞭解。

參考文獻

- 宋岱芬、陳豐慈、祝堅恆、齊璘、劉思聰、張育愷 (2017)。肥胖、心血管適能與抑制相關執行功能之關係：事件相關電位研究。《體育學報》，50(1)，43-56。
- 高三福、張育愷、季力康、林靜兒 (2019)。運動心理學在臺灣三十年的回顧與展望。《臺灣運動心理學報》，19(1)，1-20。
- 曾竣瑋、洪巧菱、趙曉涵、洪聰敏、王鶴森 (2019)。不同急性運動類型對 BDNF 及干擾控制之影響。《體育學報》，52(3)，307-318。
- 齊璘、陳豐慈、王俊智、粘瑞狄、張育愷 (2020)。急性健身運動與執行功能之前導研究：家庭收入之調節角色。《體育學報》，53(3)，327-340。

謝漱石、關廷宇、洪聰敏 (2017)。急性阻力運動與認知功能：文獻回顧。臺灣運動心理學報，17(1)，111-129。

Alarcón, G., Ray, S., & Nagel, B. J. (2016). Lower working memory performance in overweight and obese adolescents is mediated by white matter microstructure. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 22, 281-292.

Bailey, C. E. (2007). Cognitive accuracy and intelligent executive function in the brain and in business. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1118, 122-141.

Biessels, G. J., & Reagan, L. P. (2015). Hippocampal insulin resistance and cognitive dysfunction. *Nature Reviews Neuroscience*, 16, 660-671.

Bora, E. (2019). Peripheral inflammatory and neurotrophic biomarkers of cognitive impairment in schizophrenia: A meta-analysis. *Psychological Medicine*, 49, 1971-1979.

Bulzacka, E., Boyer, L., Schürhoff, F., Godin, O., Berna, F., Brunel, L., . . . Fond, G. (2016). Chronic peripheral inflammation is associated with cognitive impairment in schizophrenia: Results from the multicentric face-sz dataset. *Schizophrenia Bulletin*, 42, 1290-1302.

Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research*, 1453, 87-101.

Chen, S., Jia, Y., & Woltering, S. (2018). Neural differences of inhibitory control between adolescents with obesity and their peers. *International Journal of Obesity*, 42, 1753-1761.

Cohen, J. I., Yates, K. F., Duong, M., & Convit, A. (2011). Obesity, orbitofrontal structure and function are associated with food choice: A cross-sectional study. *BMJ Open*, 1(2), e000175.

de Almeida, S. S., Teixeira, E. L., Merege-Filho, C. A. A., Dozzi Brucki, S. M., & de Salles Painelli, V. (2021). Acute effects of resistance and functional-task exercises on executive function of obese older adults: Two counterbalanced, crossover, randomized exploratory studies. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 10, 102-113.

Debette, S., Seshadri, S., Beiser, A., Au, R., Himali, J. J., Palumbo, C., . . . DeCarli, C.

- (2011). Midlife vascular risk factor exposure accelerates structural brain aging and cognitive decline. *Neurology*, *77*, 461-468.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*, 135-168.
- Fabiani, M., Gratton, G., & Federmeier, K. D. (2007). Event-related brain potentials: Methods, theory, and applications. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, & G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of psychophysiology* (pp. 85-119). New York: Cambridge University Press.
- Fettes, P., Schulze, L., & Downar, J. (2017). Cortico-striatal-thalamic loop circuits of the orbitofrontal cortex: Promising therapeutic targets in psychiatric illness. *Frontiers in Systems Neuroscience*, *11*, 25.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2017). Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex*, *86*, 186-204.
- Gonzales, M. M., Tarumi, T., Miles, S. C., Tanaka, H., Shah, F., & Haley, A. P. (2010). Insulin sensitivity as a mediator of the relationship between BMI and working memory-related brain activation. *Obesity*, *18*, 2131-2137.
- Guh, D. P., Zhang, W., Bansback, N., Amarsi, Z., Birmingham, C. L., & Anis, A. H. (2009). The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: A systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, *9*, 88.
- Gustafson, D. R., Mielke, M. M., Keating, S. A., Holman, S., Minkoff, H., & Crystal, H. A. (2015). Leptin, adiponectin and cognition in middle-aged HIV-infected and uninfected women. The Brooklyn Women's Interagency HIV Study. *Journal of Gerontology and Geriatric Research*, *4*, 240.
- Gustafson, D. R., Mielke, M. M., Tien, P. C., Valcour, V., Cohen, M., Anastos, K., . . . Crystal, H. A. (2013). Anthropometric measures and cognition in middle-aged HIV-infected and uninfected women. The Women's Interagency HIV Study. *Journal of NeuroVirology*, *19*, 574-585.
- Hruby, T., & Marsalek, P. (2003). Event-related potentials: The P3 wave. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, *63*, 55-63.
- Hughes, C., & Dunn, J. (1998). Understanding mind and emotion: Longitudinal associations with mental-state talk between young friends. *Developmental Psychology*, *34*, 1026-1037.
- Iceta, S., Benoit, J., Cristini, P., Lambert-Porcheron, S., Segrestin, B., Laville, M., . . .

- Disse, E. (2020). Attentional bias and response inhibition in severe obesity with food disinhibition: A study of P300 and N200 event-related potential. *International Journal of Obesity, 44*, 204-212.
- Inoue, D. S., Monteiro, P. A., Gerosa-Neto, J., Santana, P. R., Peres, F. P., Edwards, K. M., & Lira, F. S. (2020). Acute increases in brain-derived neurotrophic factor following high or moderate-intensity exercise is accompanied with better cognition performance in obese adults. *Scientific Reports, 10*, 13493.
- Kamijo, K., Pontifex, M. B., Khan, N. A., Raine, L. B., Scudder, M. R., Drollette, E. S., Evans, E. M., Castelli, D. M., & Hillman, C. H. (2012). The association of childhood obesity to neuroelectric indices of inhibition. *Psychophysiology, 49*, 1361-1371.
- Kuusinen, V., Cesnaite, E., Peräkylä, J., Ogawa, K. H., & Hartikainen, K. M. (2018). Orbitofrontal lesion alters brain dynamics of emotion-attention and emotion-cognitive control interaction in humans. *Frontiers in Human Neuroscience, 12*, 437.
- Luppino, F. S., de Wit, L. M., Bouvy, P. F., Stijnen, T., Cuijpers, P., Penninx, B. W. J. H., & Zitman, F. G. (2010). Overweight, obesity, and depression: A systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Archives of General Psychiatry, 67*, 220-229.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41*, 49-100.
- Moffitt, T. E., Arseneault, L., Belsky, D., Dickson, N., Hancox, R. J., Harrington, H., ... Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108*, 2693-2698.
- Quintero, A. P., Bonilla-Vargas, K. J., Correa-Bautista, J. E., Domínguez-Sánchez, M. A., Triana-Reina, H. R., Velasco-Orjuela, G. P., ... Ramírez-Vélez, R. (2018). Acute effect of three different exercise training modalities on executive function in overweight inactive men: A secondary analysis of the BrainFit study. *Physiology and Behavior, 197*, 22-28.

- Ross, N., Yau, P. L., & Convit, A. (2015). Obesity, fitness, and brain integrity in adolescence. *Appetite*, *93*, 44-50.
- Rudebeck, P. H., & Rich, E. L. (2018). Orbitofrontal cortex. *Current Biology*, *28*, R1083-R1088.
- Song, T. F., Chi, L., Chu, C. H., Chen, F. T., Zhou, C., & Chang, Y. K. (2016). Obesity, cardiovascular fitness, and inhibition function: An electrophysiological study. *Frontiers in Psychology*, *7*, 1124.
- Syan, S. K., Owens, M. M., Goodman, B., Epstein, L. H., Meyre, D., Sweet, L. H., & MacKillop, J. (2019). Deficits in executive function and suppression of default mode network in obesity. *NeuroImage: Clinical*, *24*, 102015.
- Tsai, C. L., Chen, F. C., Pan, C. Y., & Tseng, Y. T. (2016). The neurocognitive performance of visuospatial attention in children with obesity. *Frontiers in Psychology*, *7*, 1033.
- Tsai, C. L., Huang, T. H., & Tsai, M. C. (2017). Neurocognitive performances of visuospatial attention and the correlations with metabolic and inflammatory biomarkers in adults with obesity. *Experimental Physiology*, *102*, 1683-1699.
- Vincent, C. M., & Hall, P. A. (2017). Cognitive effects of a 30-min aerobic exercise bout on adults with overweight/obesity and type 2 diabetes. *Obesity Science and Practice*, *3*, 289-297.
- Wen, H. J., & Tsai, C. L. (2020a). Effects of acute aerobic exercise combined with resistance exercise on neurocognitive performance in obese women. *Brain Sciences*, *10*(11), E767.
- Wen, H. J., & Tsai, C. L. (2020b). Neurocognitive inhibitory control ability performance and correlations with biochemical markers in obese women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(8), 2726.
- Wheeler, M. J., Green, D. J., Ellis, K. A., Cerin, E., Heinonen, I., Naylor, L. H., ... Dunstan, D. W. (2020). Distinct effects of acute exercise and breaks in sitting on working memory and executive function in older adults: A three-arm, randomised cross-over trial to evaluate the effects of exercise with and without breaks in sitting on cognition. *British Journal of Sports Medicine*, *54*, 776-781.
- Wikenheiser, A. M., & Schoenbaum, G. (2016). Over the river, through the woods: Cognitive maps in the hippocampus and orbitofrontal cortex. *Nature Reviews*

Neuroscience, 17, 513-523.

- Will Crescioni, A., Ehrlinger, J., Alquist, J. L., Conlon, K. E., Baumeister, R. F., Schatschneider, C., & Dutton, G. R. (2011). High trait self-control predicts positive health behaviors and success in weight loss. *Journal of Health Psychology*, 16, 750-759.
- Yang, Y., Shields, G. S., Guo, C., & Liu, Y. (2018). Executive function performance in obesity and overweight individuals: A meta-analysis and review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 84, 225-244.
- Yau, P. L., Kang, E. H., Javier, D. C., & Convit, A. (2014). Preliminary evidence of cognitive and brain abnormalities in uncomplicated adolescent obesity. *Obesity*, 22, 1865-1871.
- Zhang, L., Chu, C. H., Liu, J. H., Chen, F. T., Nien, J. T., Zhou, C., & Chang, Y. K. (2020). Acute coordinative exercise ameliorates general and food-cue related cognitive function in obese adolescents. *Journal of Sports Sciences*, 38, 953-960.

附錄一 急性健身運動對肥胖族群執行功能影響之彙整摘要

作者	組別/情境	人數	年齡	介入內容	認知測驗	結果
de Almeida 等 (2021)	功能性作業健身運動情境 控制情境	16	64 ± 4	4 種動作 每種 15 次 30% 1-RM 4 種伸展動作 15 分鐘運動知能教學	Stroop 測驗 TMT 作業	低強度功能性作業健身運動能增進肥胖老年人抑制功能
de Almeida 等 (2021)	高強度阻力健身運動情境 中強度阻力健身運動情境 控制情境	15	65 ± 2	1 種動作 共 10 組 每組 12 次 70% 1-RM 1 種動作 共 10 組 每組 12 次 50% 1-RM 15 分鐘運動知能教學		中與高強度阻力健身運動，皆增進肥胖老年人抑制功能和認知彈性
Inoue 等 (2020)	中強度有氧健身運動組 高強度間歇健身運動組	10 10	34.4 ± 3.5	30 分鐘中強度有氧健身運動 20 分鐘高強度間歇健身運動 (1 分鐘:1 分鐘)	Stroop 測驗	20 分鐘高強度間歇運動與 30 分鐘中強度有氧健身運動皆能對執行功能產生效益
Vincent 與 Hall (2017)	中強度有氧健身運動情境 低強度有氧健身運動情境	28	59.6 ± 5.7	30 分鐘中強度有氧健身運動 30 分鐘低強度有氧健身運動	Stroop 測驗 Go/No-Go 作業	急性有氧健身運動對於第二型糖尿病之肥胖和過重成年人並無整體效益 相較於低強度急性健身運動，中強度急性健身運動對女性和較常進行身體活動之參與者有增進抑制功能之效果
Wen 與 Tsai (2020a)	多面相健身運動組 控制組	16 16	33.13 ± 6.27 32.92 ± 7.17	20 分鐘有氧及阻力健身運動 (1 分鐘:1 分鐘交替進行) 不運動	Stroop 測驗 ERP	行為層面: 抑制功能並未提升 ERP 層面: N2 及 P3 潛時縮短、P3 振幅增加

作者	組別/情境	人數	年齡	介入內容	認知測驗	結果
Quintero 等 (2018)	阻力健身運動組	12	22.8 ± 3.1	6 種動作 每種 12-15 次 50-70% 1-RM (總消耗達 400-500kcal)	Stroop 測驗	高強度間歇健身運動組和多面向健身運動組測驗表現顯著優於阻力健身運動組，而阻力健身運動組則顯著優於控制組
	高強度間歇健身運動組	7	24.5 ± 3.7	32 分鐘高強度間歇健身運動 (共 4 組，每組各 4 分鐘高強度與中強度健身運動) (總消耗達 400-500kcal)		
	多面向健身運動組	7	22.2 ± 3.4	50%阻力健身運動 50%高強度間歇運動 (總消耗達 400-500kcal)		
	控制組	10	24.7 ± 3.4	不運動		
Wheeler 等 (2020)	久坐情境 連續運動與久坐情境	65	67 ± 7	久坐 8 小時 1 小時久坐 30 分鐘中強度有氧健身運動 6.5 小時久坐	n-back 測驗	無論進行低強度步行與否，在中強度健身運動後，皆能增進過重或肥胖老年人之工作記憶
	間斷運動與久坐情境			1 小時久坐 30 分鐘中強度有氧健身運動 每 30 分鐘 / 3 分鐘低強度走路		
Zhang 等 (2020)	協調性健身運動組	19	14.60 ± 0.50	5 分鐘暖身 20 分鐘中強度協調性健身運動 5 分鐘緩和	Stroop 測驗 食物線索相關 Stroop 測驗	急性協調健身運動增進肥胖青少年之抑制功能
	控制組	19	14.65 ± 0.49	30 分鐘閱讀		

Executive function and acute exercise in obesity: A review

Ruei-Hong Li¹ Chih-Han Wu² Shu-Han Tsai³ Tsung-Yi Wu⁴
Yi-Chieh Chang⁵ Yu-Kai Chang^{1,6}

¹ Department of Physical Education, National Taiwan Normal University

² Graduate Institute of Athletics and Coaching Science, National Taiwan Sport University

³ Office of Physical Education, Soochow University

⁴ Department of Combat Sports, National Taiwan University of Sports

⁵ Physical Education Center, Chung Shan Medical University

⁶ Institute for Research Excellence in Learning Science, National Taiwan Normal University

Abstract

Obesity is negatively associated with executive functions. Previous studies have observed that acute exercise is positively linked to executive functions, and that the beneficial effects of exercise could extend from healthy to obese populations. The purpose of the present study was to review the effects of acute exercise on executive functions in an obese population, an investigation which focused on two parts: (a) the relationship between obesity and executive functions; (b) the effects of acute exercise on executive functions in relation to obese subjects. Our search database included PubMed or Google Scholar, and proceeded through entering keywords such as obesity, acute exercise, and executive function. The results observed that obesity has a negative effect on the study subjects' inhibition, working memory, and cognitive flexibility. Acute exercise could improve executive functions obese population in a few studies, which included a variety of exercise models, and also investigated the three subcomponents of executive function. These findings suggest that acute exercise improve the executive functions of obese people, and the beneficial effects could be observed by different exercise modalities; however, the research is still in its preliminary stages, and thus the topic requires further discussion, based on the findings of future investigations.

Key words: inhibitory control, updating, shifting, event-related potential