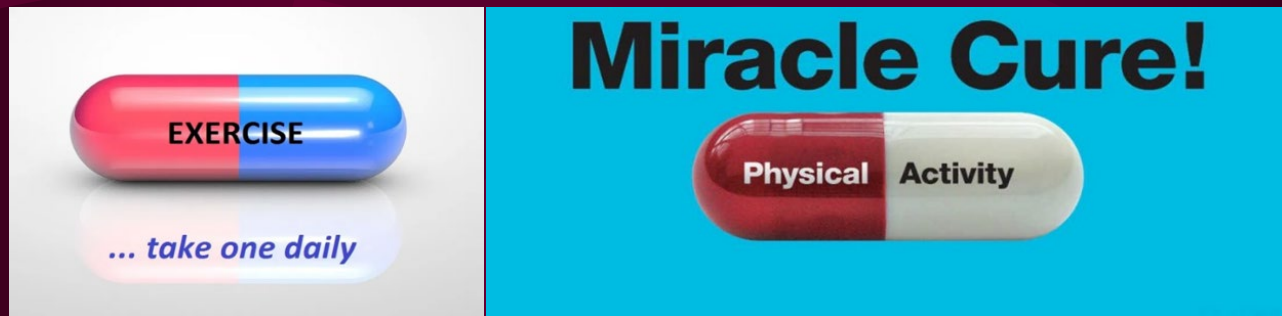


運動逆轉不健康脂肪 促進認知功能，翻轉學業表現

慈濟大學 黃森芳



115年4月15日明恥國小花蓮縣健體領域精進課程計畫全縣性教師增能研習

花蓮縣113學年度學生健檢摘要-1

一年級近三年前十大異常項目表

排名	111 年		112 年		113 年	
	異常項目	異常比率	異常項目	異常比率	異常項目	異常比率
1	牙科異常	61.66%	牙科異常	54.98%	牙科異常	51.41%
2	體位評值不佳	32.00%	體位評值不佳	28.28%	體位評值不佳	28.60%
3	視力不良	18.19%	視力不良	20.87%	視力不良	19.21%
4	心電圖異常	10.99%	耳鼻喉其他異常	12.80%	耳鼻喉其他異常	10.51%
5	耳垢栓塞	10.88%	心音心電圖異常	10.90%	扁桃腺腫大	8.78%
6	包皮異常	6.79%	包皮異常	9.97%	包皮異常	7.40%
7	蟯蟲陽性	6.57%	蟯蟲陽性	4.58%	蹲距困難	4.98%
8	脊柱側彎	5.57%	扁桃腺腫大	4.21%	蟯蟲陽性	3.89%
9	蹲距困難	3.41%	淋巴腺腫大	2.31%	尿液篩檢異常	3.63%
10	心雜音	2.60%	心雜音	2.23%	脊柱側彎	1.51%

花蓮縣113學年度學生健檢摘要-2

四年級近三年前十大異常項目表

排名	111年		112年		113年	
	異常項目	異常比率	異常項目	異常比率	異常項目	異常比率
1	牙科異常	65.10%	牙科異常	53.79%	牙科異常	48.99%
2	體位評值不佳	37.14%	體位評值不佳	37.04%	體位評值不佳	36.38%
3	視力不良	24.40%	視力不良	24.59%	視力不良	23.19%
4	耳垢栓塞	10.20%	包皮異常	8.63%	蹲距困難	13.23%
5	蹲距困難	9.60%	耳鼻喉其他異常	8.35%	包皮異常	8.54%
6	脊柱側彎	6.80%	蹲距困難	6.83%	扁桃腺腫大	8.09%
7	包皮異常	6.60%	扁桃腺腫大	3.47%	耳鼻喉其他異常	7.90%
8	蟯蟲陽性	3.40%	蟯蟲陽性	3.24%	尿液篩檢異常	4.12%
9	聽力異常	2.70%	辨色力異常	2.26%	蟯蟲陽性	2.57%
10	尿液篩檢異常	2.40%	尿液篩檢異常	2.22%	脊柱側彎	2.45%

花蓮縣113學年度學生健檢摘要-3

七年級近三年前十大異常項目表

排名	111年		112年		113年	
	異常項目	異常比率	異常項目	異常比率	異常項目	異常比率
1	牙科異常	57.66%	體位評值不佳	38.02%	牙科異常	46.69%
2	體位 評值不佳	37.29%	牙科異常	37.90%	體位評值不佳	36.45%
3	視力不良	26.77%	視力不良	26.33%	視力不良	25.06%
4	蹲距困難	14.10%	蹲距困難	11.57%	蹲距困難	15.93%
5	耳垢栓塞	8.39%	尿液篩檢異常	6.70%	尿液篩檢異常	10.13%
6	尿液 篩檢異常	7.54%	脊柱側彎	5.64%	脊柱側彎	6.29%
7	脊柱側彎	6.81%	耳鼻喉其他 異常	5.48%	耳鼻喉其他 異常	5.81%
8	包皮異常	4.87%	扁桃腺腫大	4.29%	扁桃腺腫大	4.99%
9	視力 矯治不良	3.42%	視力矯治不良	3.64%	視力矯治不良	4.17%
10	皮膚 其他異常	2.57%	心雜音	3.39%	包皮異常	5.19%

花蓮縣113學年度學生體位過輕排名

*學生體位過輕一覽表(依衛福部 102 年修訂標準)

113 學年度	體位過輕率	排名		體位過輕率	排名
花蓮縣	8.74		全國平均	9.42	
花蓮市	9.61		壽豐鄉	10.04	2
吉安鄉	9.87	3	光復鄉	8.81	
新城鄉	8.00		豐濱鄉	15.33	1
鳳林鎮	6.76		瑞穗鄉	5.19	
玉里鎮	7.92		富里鄉	5.59	
秀林鄉	3.23		卓溪鄉	2.76	
萬榮鄉	3.89				

花蓮縣113學年度學生體位過重排名

*學生體位過重一覽表(依衛福部 102 年修訂標準)

113 學年度	體位過重率	排名		體位過重率	排名
花蓮縣	11.66		全國平均	11.57	
花蓮市	11.14		壽豐鄉	11.88	
吉安鄉	11.58		光復鄉	11.05	
新城鄉	10.72		豐濱鄉	10.00	
鳳林鎮	12.33	4	瑞穗鄉	12.28	
玉里鎮	11.59		富里鄉	15.88	1
秀林鄉	15.19	3	卓溪鄉	15.86	2
萬榮鄉	11.67				

花蓮縣113學年度學生體位肥胖排名

*學生體位肥胖率一覽表(依衛福部 102 年修訂標準)

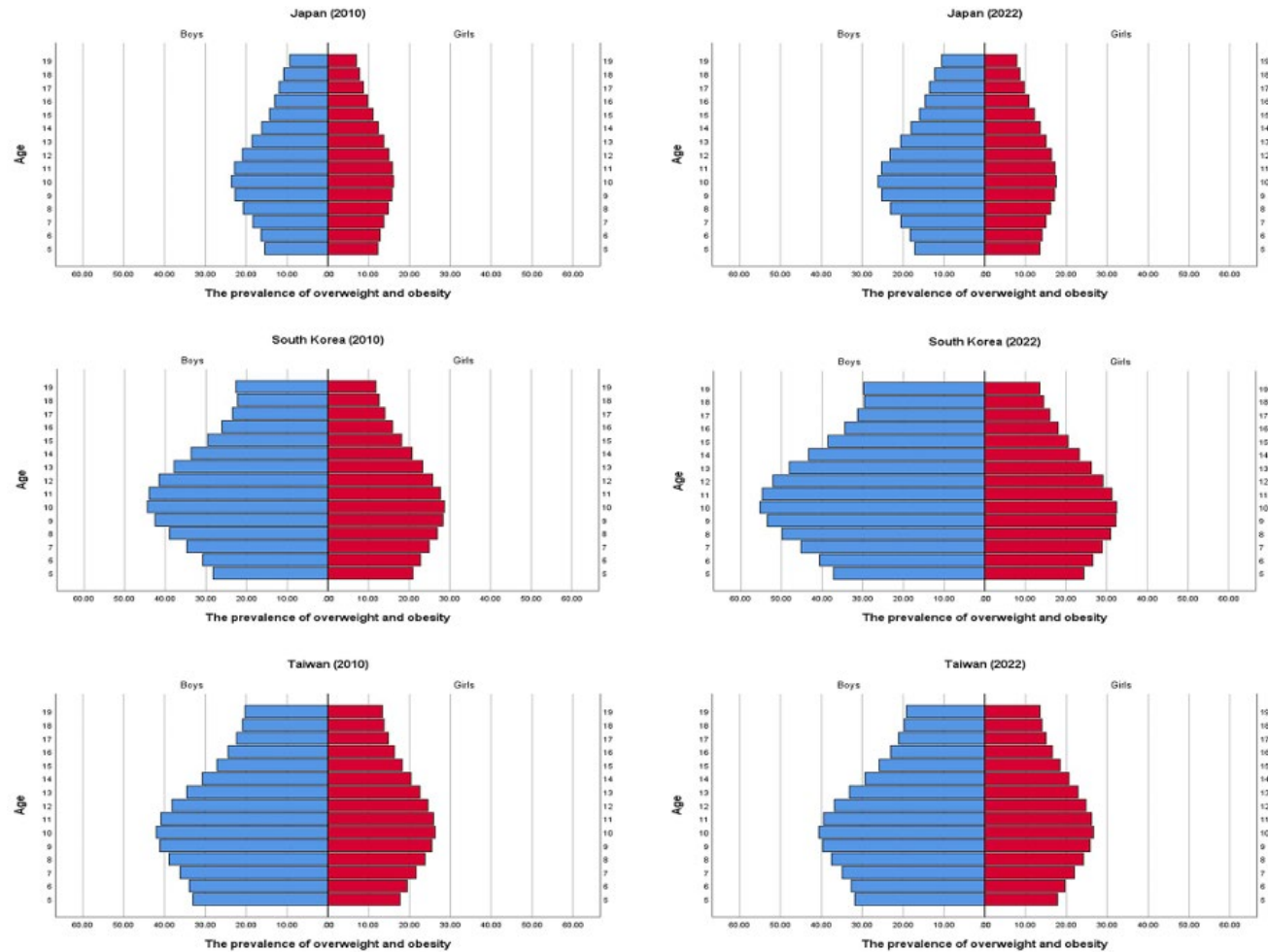
113 學年度	體位肥胖率	排名		體位肥胖率	排名
花蓮縣	14.75		全國平均	13.55	
花蓮市	13.03		壽豐鄉	13.72	
吉安鄉	14.42		光復鄉	16.23	
新城鄉	15.60		豐濱鄉	14.67	
鳳林鎮	20.27	2	瑞穗鄉	20.07	
玉里鎮	16.42		富里鄉	18.34	
秀林鄉	14.25		卓溪鄉	25.52	1
萬榮鄉	20.23	3			

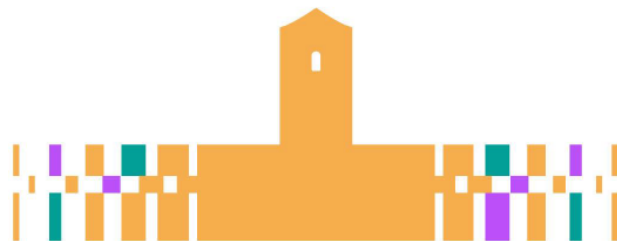
112全國國小、國中與高中體位過重與肥胖排序

112學年度各縣市過重+肥胖								
國小			國中			高中		
排序	縣市	百分比	排序	縣市	百分比	排序	縣市	百分比
9	基隆市	25.90%	12	基隆市	29.70%	12	基隆市	29.64%
22	臺北市	18.82%	21	臺北市	23.75%	15	臺北市	26.45%
17	新北市	23.44%	15	新北市	28.46%	10	新北市	29.73%
15	桃園市	24.15%	16	桃園市	28.24%	11	桃園市	29.67%
20	新竹縣	21.56%	20	新竹縣	25.50%	17	新竹縣	23.69%
21	新竹市	18.95%	22	新竹市	23.65%	16	新竹市	24.62%
16	苗栗縣	24.06%	13	苗栗縣	29.56%	13	苗栗縣	29.56%
19	臺中市	22.53%	19	臺中市	27.37%	14	臺中市	29.03%
7	彰化縣	26.74%	7	彰化縣	31.33%	8	彰化縣	31.13%
4	南投縣	28.04%	5	南投縣	32.83%	9	南投縣	30.41%
3	雲林縣	28.43%	3	雲林縣	33.34%	7	雲林縣	31.16%
2	嘉義縣	28.90%	1	嘉義縣	33.66%	5	嘉義縣	32.24%
6	嘉義市	27.19%	14	嘉義市	29.41%	19	嘉義市	-
14	臺南市	25.26%	10	臺南市	29.96%	4	臺南市	32.87%
11	高雄市	25.60%	6	高雄市	31.61%	6	高雄市	31.17%
5	屏東縣	28.02%	4	屏東縣	33.27%	3	屏東縣	34.64%
10	宜蘭縣	25.61%	17	宜蘭縣	27.99%	18	宜蘭縣	22.86%
13	花蓮縣	25.40%	11	花蓮縣	29.78%	2	花蓮縣	35.16%
1	臺東縣	29.31%	2	臺東縣	33.60%	1	臺東縣	39.39%
12	澎湖縣	25.59%	9	澎湖縣	30.47%	20	澎湖縣	-
18	金門縣	22.95%	18	金門縣	27.60%	21	金門縣	-
8	連江縣	25.96%	8	連江縣	31.08%	22	連江縣	-

超重和肥胖率上升，尤其是在韓國男孩和中國女孩中。日本的過重和肥胖率保持穩定，而台灣的超重和肥胖率略有波動。在所有國家，男孩的超重和肥胖率均高於女孩。10至11歲兒童的過重和肥胖率最高。東亞地區，特別是韓國和中國，肥胖率呈上升趨勢(Hong et al., 2024)。

日本、韓國與台灣按年齡劃分的過重和肥胖盛行率金字塔(Hong et al., 2024)





健康台灣推動委員會

HEALTHY TAIWAN PROMOTION COMMITTEE

健康台灣-慢性病防治

- 健康生活模式養成與肥胖防治
- 三高防治888計畫

衛生福利部

114年2月27日

肥胖疾病負擔

國際實證研究



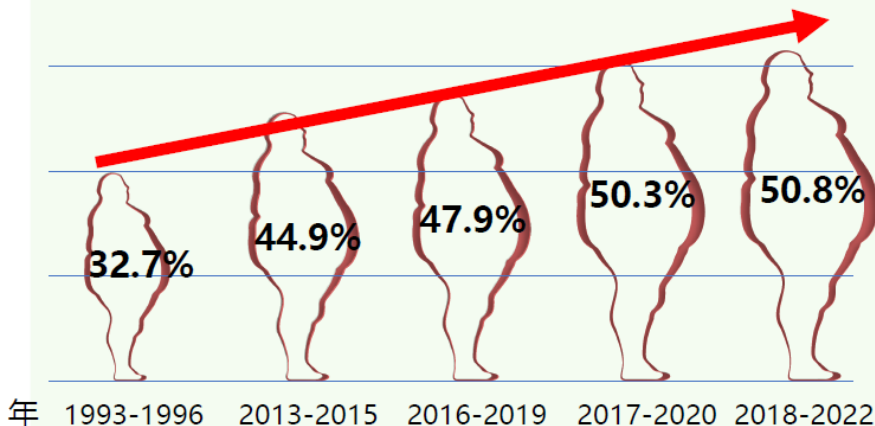
Estimated national healthcare expenditure attributable to high BMI: global and regional

肥胖佔健康照護支出13.2%

Global	7,482.3bn	990.6bn	13.2%
--------	-----------	---------	-------

臺灣成人過重及肥胖現況 BMI \geq 24

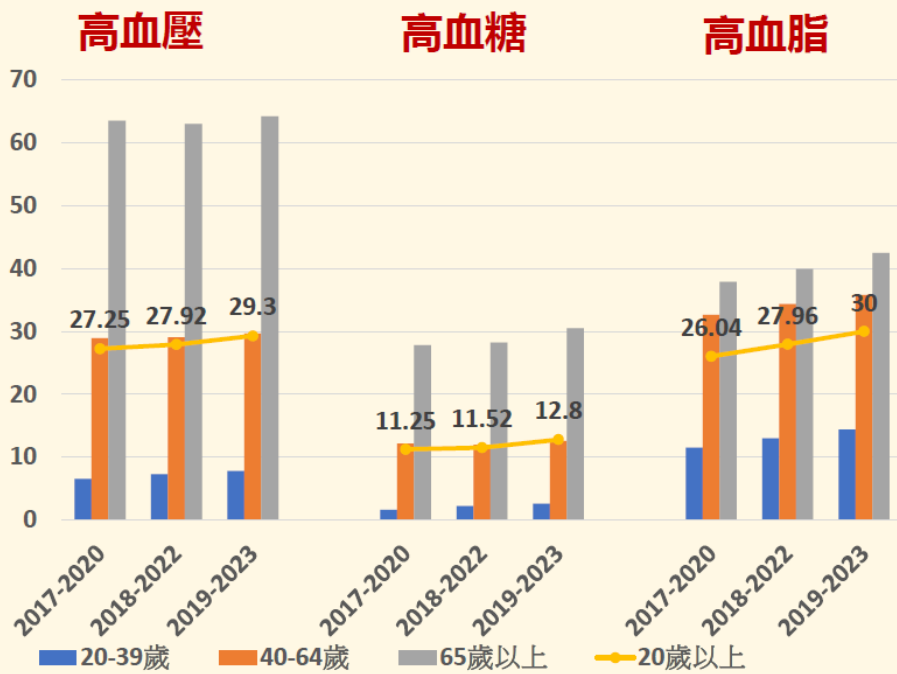
50.8%的臺灣成人有過重及肥胖問題



資料來源：國民健康署2018-2022國民營養健康調查

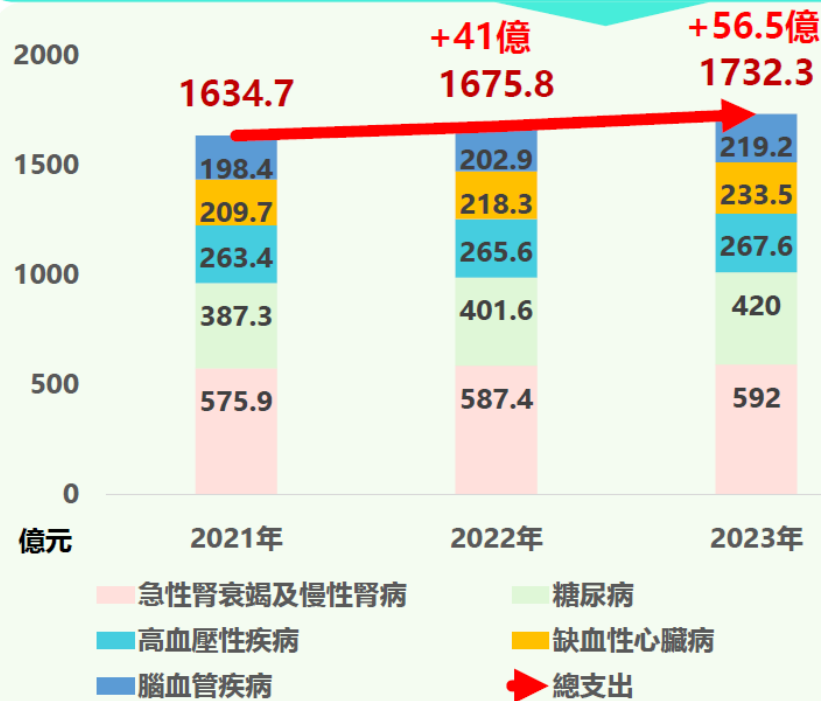
三高相關慢性病盛行率與疾病負擔

臺灣三高盛行率趨勢



資料來源：國民營養健康調查

三高慢病健保支出逐年增加



造成過重與肥胖的可能原因

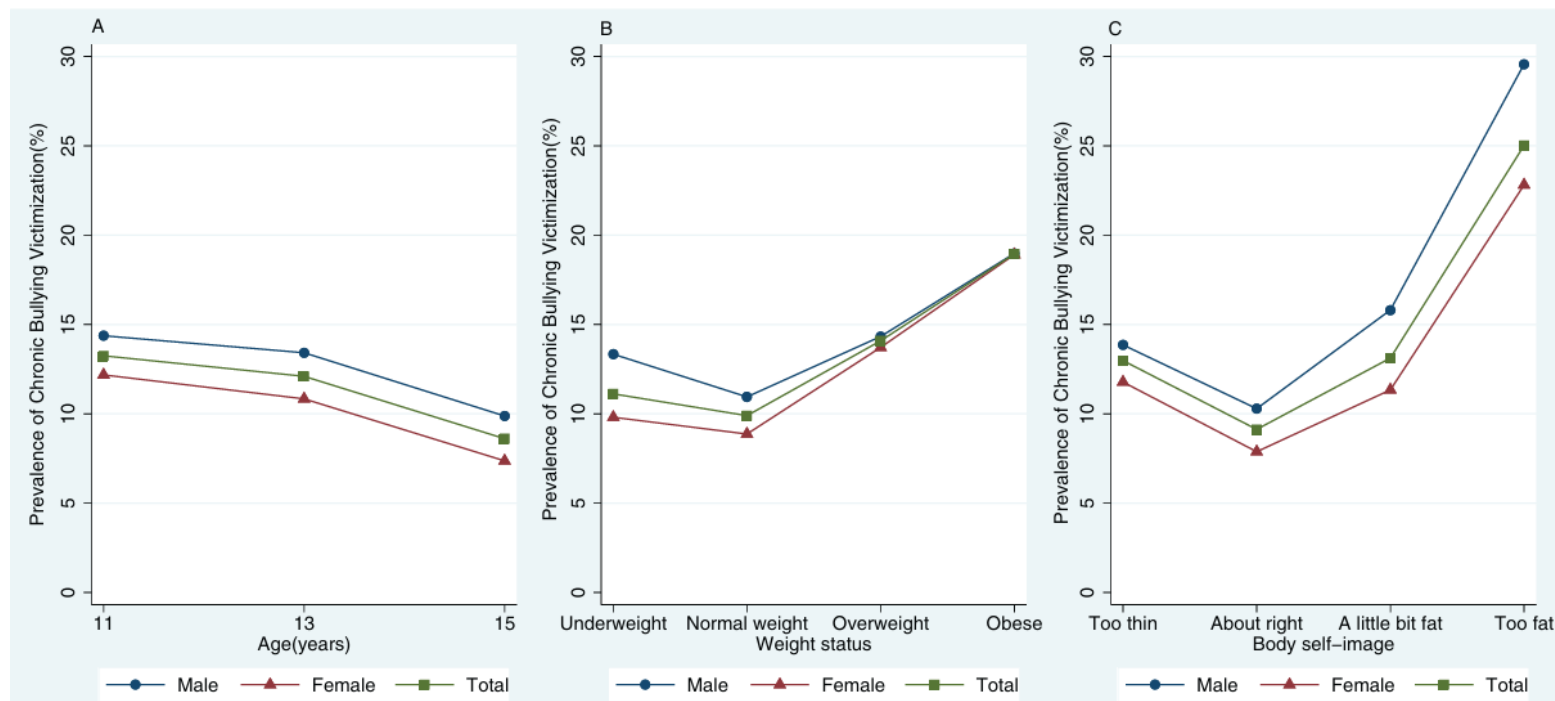
- 家族基因遺傳：基因遺傳、表觀遺傳
- 不健康飲食、液體熱量
- 缺乏運動
- 特定疾病：甲狀腺功能減退症、庫欣氏症候群、普拉德-威利症候群以及其他疾病，如關節炎之類的疾病導致活動量減少。
- 特定藥物：類固醇、某些抗憂鬱藥、抗癲癇藥、糖尿病藥、抗精神病藥和某些 β 受體阻斷劑。
- 其他：老化、懷孕、戒菸、壓力、缺乏睡眠、腸道菌種等

造成體重過輕的可能原因

- 食物取得受限：貧窮、行動障礙或失能等
- 精神健康問題：嚴重壓力、飲食失調和情緒障礙如憂鬱症，會導致拒絕進食。
- 藥物濫用、失智症導致忘記進食。
- 進食困難：疾病和某些藥物會導致噁心或食慾不振、某些疾病導致咀嚼或吞嚥困難。
- 吸收不良：胰臟外分泌功能不全、發炎性腸道疾病、慢性腹瀉等消化系統疾病。
- 需要額外熱量：過度運動或高代謝狀態會增加身體對熱量的需求。
- 懷孕、哺乳和兒童生長發育需要比平常更多的熱量。

學生體位異常衍生的問題

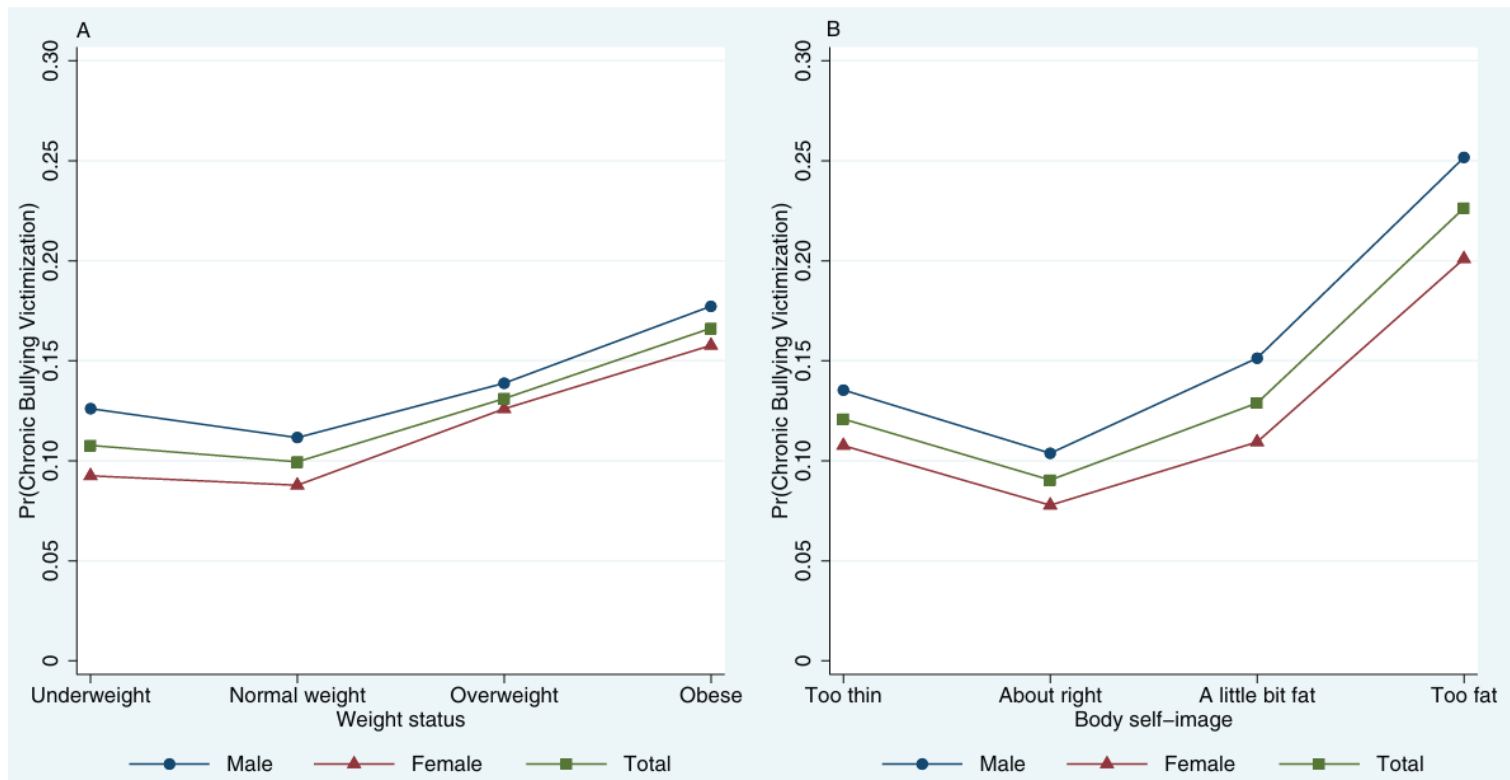
北美和歐洲39個國家和地區以學校為基礎的橫斷面研究，於2009/10年度對213,595名11歲、13歲和15歲的青少年進行調查。在受訪的213,595名青少年中，**11.28%的青少年報告長期遭受霸凌**，**14.80%的青少年根據年齡和性別特定的BMI標準被歸類為超重/肥胖**，**12.97%的青少年體重過輕**，**28.36%的青少年認為自己有點胖或太胖**，**14.57%的青少年太瘦**。年齡較大的青少年男孩和女孩遭受霸凌的情況較少(Lian et al., 2018)。



Lian Q, Su Q, Li R, Elgar FJ, Liu Z, Zheng D. The association between chronic bullying victimization with weight status and body self-image: a cross-national study in 39 countries. PeerJ. 2018 Jan 31;6:e4330. doi: 10.7717/peerj.4330.

體重狀況與長期遭受霸凌相關（調整後OR值：體重過輕=1.10；OR：體重過重=1.40；OR：肥胖=1.91）

。身體自我感覺形像也與長期遭受霸凌有關（調整後的OR太瘦=1.42；OR有點胖=1.54；太胖OR=3.30）(Lian et al., 2018)。



這項統合分析納入了26篇關於**兒童和青少年肥胖/超重與校園霸凌**之間關聯的研究(Cheng et al., 2022)。



Association between weight status and bullying experiences among children and adolescents in schools: An updated meta-analysis

Sixiang Cheng^{a,b}, Atipatsa Chiwanda Kaminga^{c,d}, Qianwen Liu^e, Fang Wu^e, Zheng Wang^f, Xiaofen Wang^{g,h}, Xiaoqun Liu^e 劉曉群

- 整體而言，肥胖兒童和青少年遭受霸凌的機率高於體重正常的同儕。
- **肥胖兒童和青少年 (OR = 1.46)** 和**超重兒童和青少年 (OR = 1.24)** 遭受霸凌的可能性都高於體重正常的同齡人。
- 就性別而言，肥胖男孩遭受霸凌的風險高於肥胖女孩 (OR = 1.40)。
- 同樣，超重男孩遭受霸凌的風險也高於超重女孩 (OR = 1.19)。
- 目前的研究結果表明，肥胖或超重的兒童和青少年，更需要採取有效的策略來減少學校中**被的霸凌行為**。



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Children and Youth Services Review

journal homepage: www.elsevier.com/locate/childyouth

Gender differences in the impact of weight status on academic performance: Evidence from adolescents in Taiwan[☆]



Yu-Lung Lu^c, Stephen Jui-Hsien Chou^c, Eric S. Lin^{a,b,*}

^a Center for Learning Assessment Service and Department of Economics, National Tsing Hua University, Hsin-Chu 30013, Taiwan

^b Public Economics Research Center, National Taiwan University, Taipei 10617, Taiwan

^c Department of Economics, National Tsing Hua University, Hsin-Chu 30013, Taiwan

- 台灣七年級共有13,978名學生，其中94.77%（13,247人）追蹤升入九年級。將兩輪資料與家長資料合併，並剔除不合理與缺失值後，樣本量減少至8,690人。
- 研究發現：超重和體重過輕的學生學業成績均不如體重正常的學生。
- 雖然男生在體重過輕或過重時成績往往較差，但體重過輕對學業成績的負面影響，大於體重過重對學業成績的負面影響。
- 相較之下，女生的學業成績只有在超重時才會受到影響，而體重過輕則不會。

Original Article

Change in weight status and academic performance among senior high school students in Taiwan

Pei-An Liao PhD¹, Hung-Hao Chang PhD², Jiun-Hao Wang PhD³, Min-Chen Wu MS⁴

¹Department of Economics, Shih Hsin University, Taiwan

²Department of Agricultural Economics, National Taiwan University, Taiwan

³Department of Bio-industry Communication and Development, National Taiwan University, Taiwan

⁴Office of Physical Education, Chung Yuan Christian University, Taiwan

- 樣本包含149,240名台灣高中生，其中男生70,662名，女生78,578名。
- 研究結果：與從未超重的學生相比，以下三種情況的學生在大學入學考試中得分較低的可能性更大：
 - (a) 高一時體重正常但高三時超重；
 - (b) 高一和高三時均超重；
 - (c) 高一時超重但高三時體重正常。
- 結論：高中階段體重狀況的變化與後續大學入學考試成績有關。應關注入學時體重超重的學生，應以學校為基礎的計劃和措施，以便降低學生超重的發生率。

Longitudinal associations between weight status and academic achievement in primary school childrenAmanda Watson  Ninoshka J. D'Souza, Anna Timperio, Dylan P. Cliff, Anthony D. Okely, Kylie D. Hesketh

「健康活躍學前及小學階段」研究，919位研究對象。身高和體重（用於計算BMI）在基線（學齡前3-5歲；2008/09年）和追蹤（小學階段6-8歲；2011/12年）時測量，學業成績在9歲時測量(Watson et al., 2023)。

- 對於女孩，學齡前較高的BMI z分數（ $B = -13.68$ ）和超重（ $B = -33.57$ ）與較低的語言成績相關。
- 從學齡前到小學階段持續受過重影響的女孩，其數學能力（ $B = -25.03$ ）、拼字能力（ $B = -33.5$ ）、語言能力（ $B = -37.89$ 、總學習成就（ $B = -24.24$ ）均較低。
- 男孩若受過重影響，其拼字能力（ $B = -38.76$ ，95%CI：-73.59，-3.93）和總成績（ $B = -27.70$ ，95%CI：-54.81，-0.58）也較低。
- 超重/肥胖與學業成績較差之間的關聯在女孩中比男孩中更為顯著，這表明超重可能造成不公平的影響，並凸顯了對女孩進行介入的必要性。

4,936名4年級學生，研究人員從學校記錄中收集了三至五年級的人口統計資料、課程成績和標準化考試成績，並每年評估學生的體重指數（BMI）和心肺適能（CRF）。為了客觀測量學生的身體活動，他們在三個學期（四年級秋季和春季學期，五年級秋季學期）中，每天佩戴加速度計長達15天(Elish et al., 2023)。

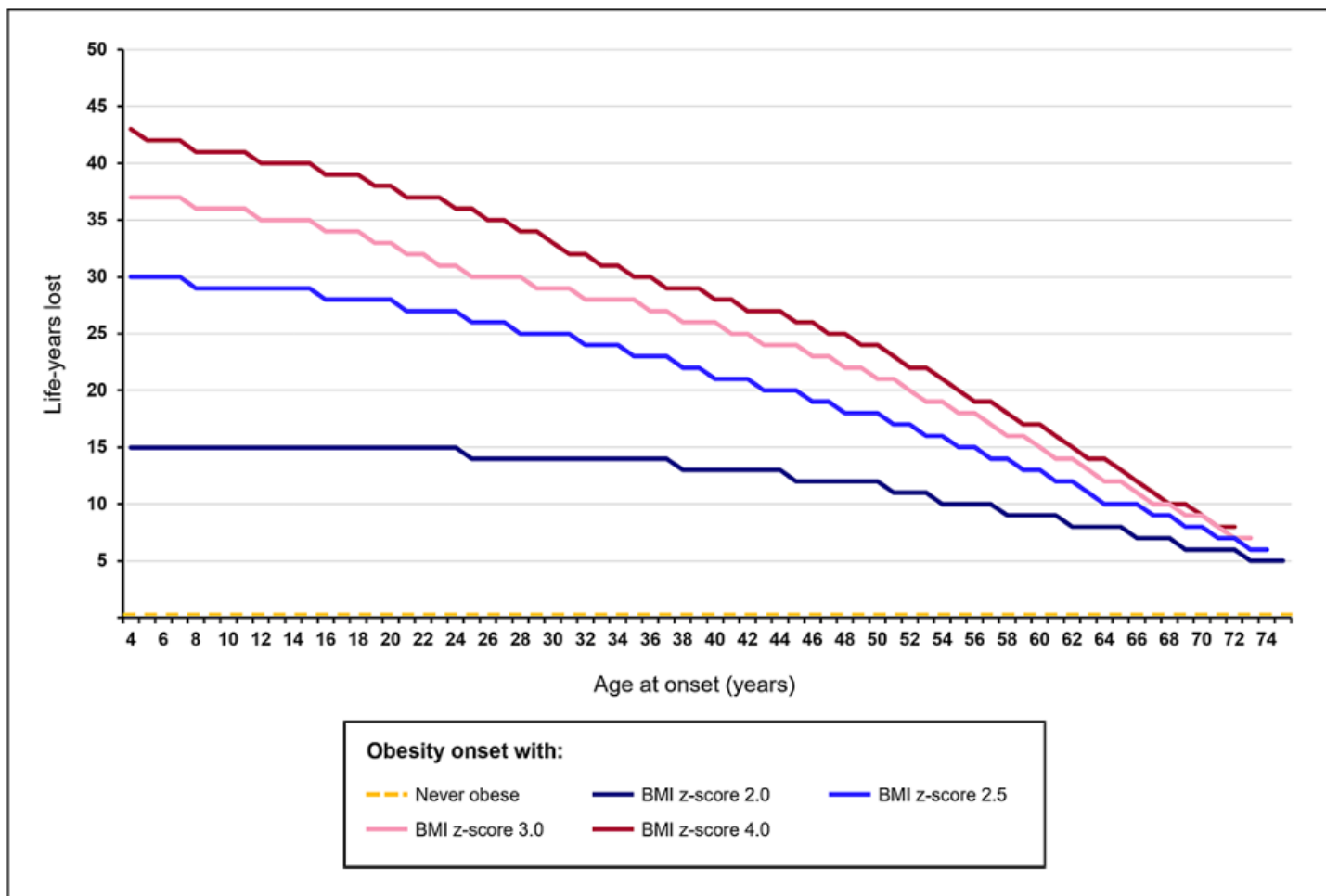
- 結果：持續肥胖與課程成績和標準化考試成績之間存在負相關關係。追蹤期間出現肥胖的學生，數學和寫作成績仍然存在負相關關係。過重/肥胖的學生，課程成績與肥胖之間有負相關關係。在控制心肺適能後，數學和寫作課程成績的關聯有所減弱。沒有證據顯示性別或種族/民族會對結果產生影響。
- 結論，在超重/肥胖的學生中，體重狀況與學業成績之間的關聯性更為顯著。鑑於學生健康與學業成績之間的密切聯繫，促進健康體重和高心肺適能的介入措施對學校而言至關重要。

20 篇符合標準的合格研究，7 項為橫斷面研究，10 項為縱貫研究，3 篇為介入性研究。這些研究來自北美、歐洲、亞洲和大洋洲超過 130 萬名 5 至 18 歲參與者的資料。樣本從 400 名學生到超過 10 萬名兒童的國家資料庫不等，大多數研究控制了性別、社會經濟地位和父母教育程度等干擾因子(Tekchandani et al., 2026)。

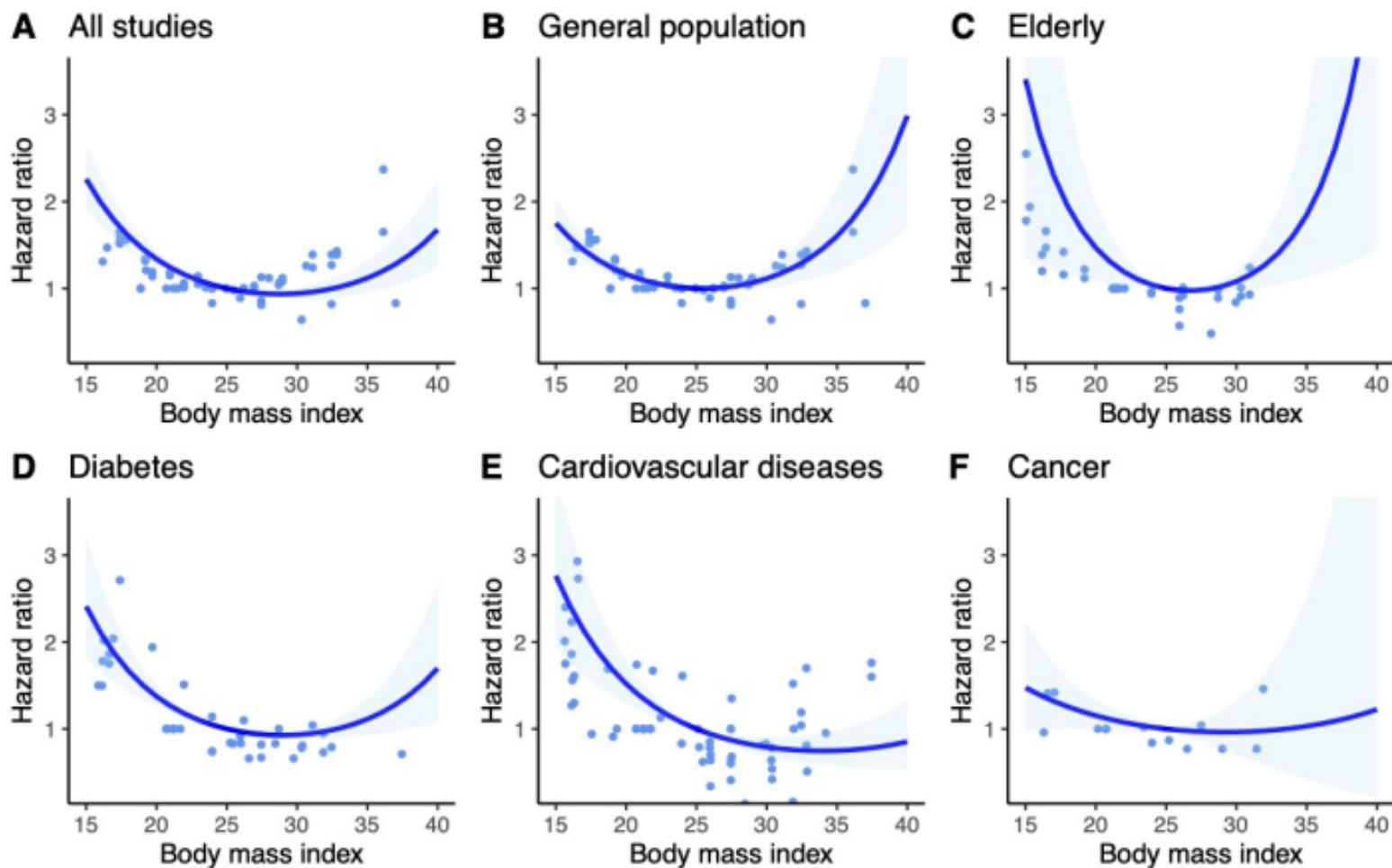
- 在納入的 20 篇研究中，17 篇（85%）顯示過重或肥胖與學業或認知能力存在統計意義上的負相關。
- 其餘 3 項研究報告未發現顯著關聯或有特定情境效應，這結果提示了一種穩健且具普遍性的趨勢：BMI 較高的兒童的學業表現往往不如體重正常的同齡者。
- 兒童肥胖與學業成績之間存在著顯著（85%）穩定的負相關關係。這種關係是多維度的，反映了生物因素、行為因素和社會環境之間的相互作用，並凸顯了以學校為中心、注重公平的預防策略的必要性。將肥胖視為健康和教育問題來解決，並有望在認知發展和長期福祉方面帶來雙重益處。

重新定義健康體位與不健康體位

橫座標表示肥胖症的發病年齡，縱座標表示相應的預期壽命損失年數。肥胖症發病年齡越晚，預期壽命流失年數越少，肥胖程度也越輕。嚴重的早發性肥胖對預期壽命有很大影響，如果患者在4歲時的BMI z分數達到4，則最多會損失42年的壽命(Wiedemann et al., 2025)。

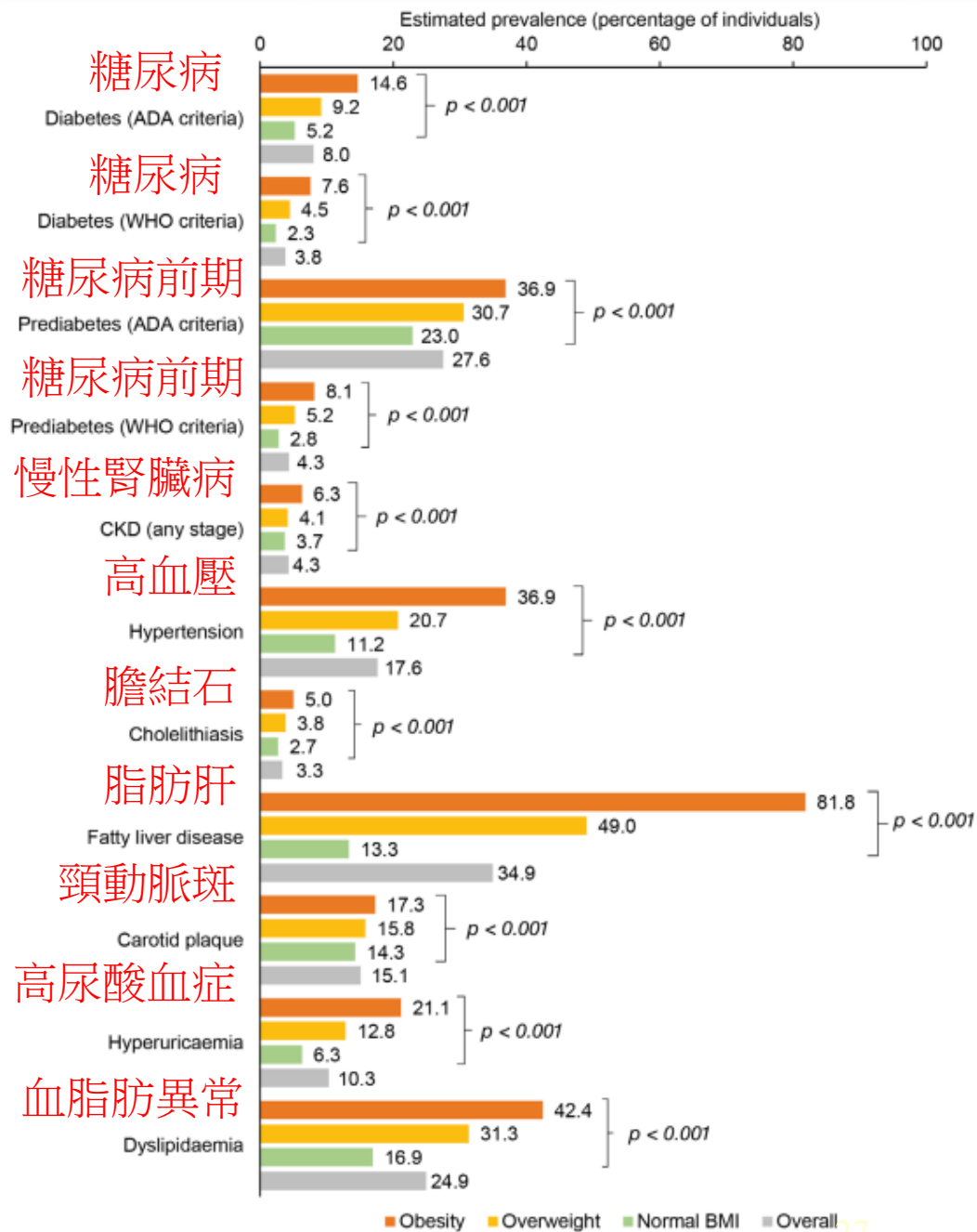


系統回顧與整合分析研究82項原始研究報告(92個世代追蹤)，
包括270 萬名患者和 2,340 萬名患者-年。亞洲人的研究對象
BMI 與全因與疾病死亡風險關係的劑量反應(Nowak et al., 2024)

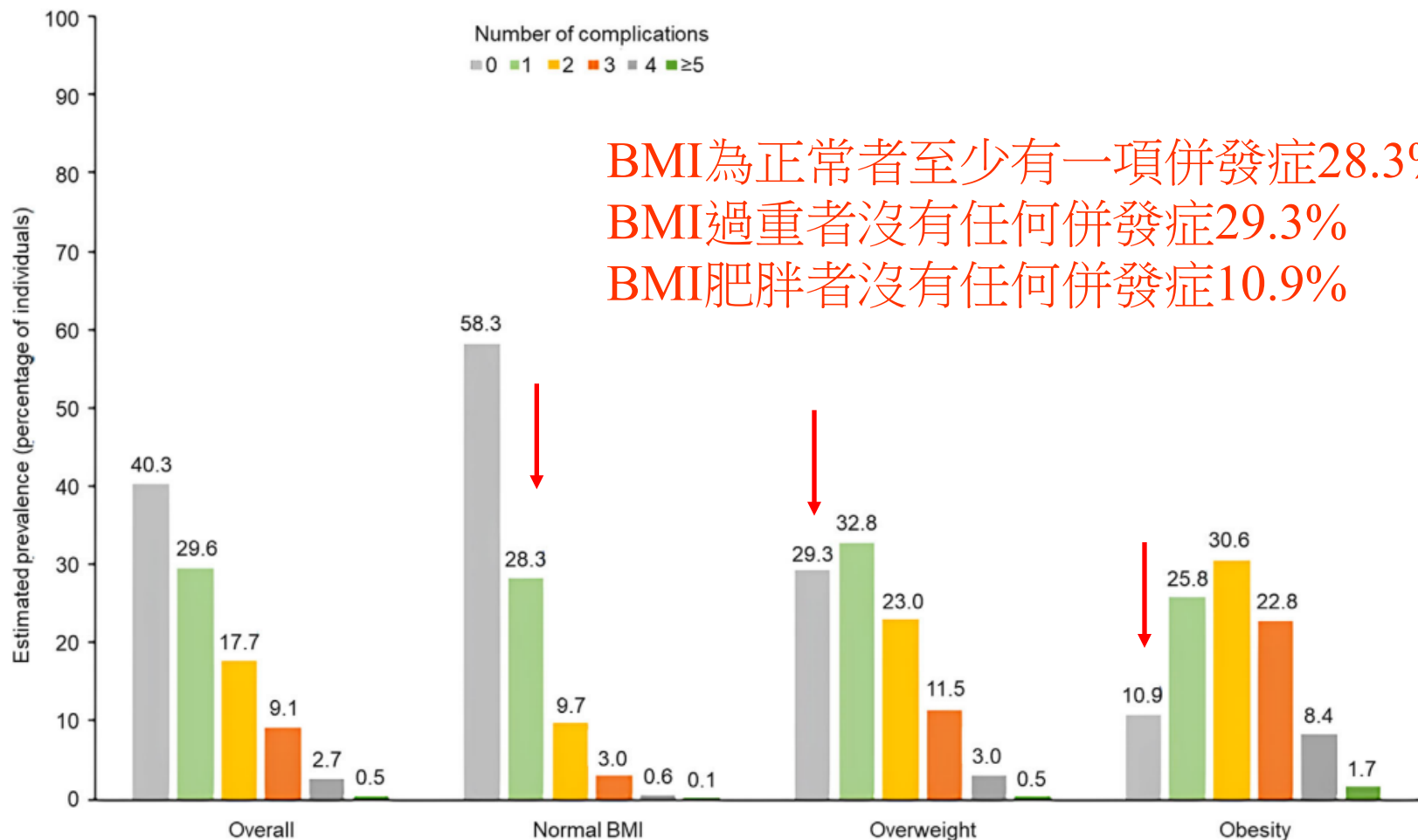


符合條件的參與者年齡 ≥ 18 歲，2019年常規體檢 (N = 21,771,683) 並有完整的身高、體重、性別和地區數據。整個研究參與者 BMI，以中國標準的正常、過重或肥胖分類之併發症(complications)盛行率 (中國分類標準，正常 BMI 為 18.5 至 $< 24 \text{ kg/m}^2$ ，超重為 BMI 24 至 $< 28 \text{ kg/m}^2$ ，肥胖為 BMI $\geq 28 \text{ kg/m}^2$) (Chen et al., 2023)

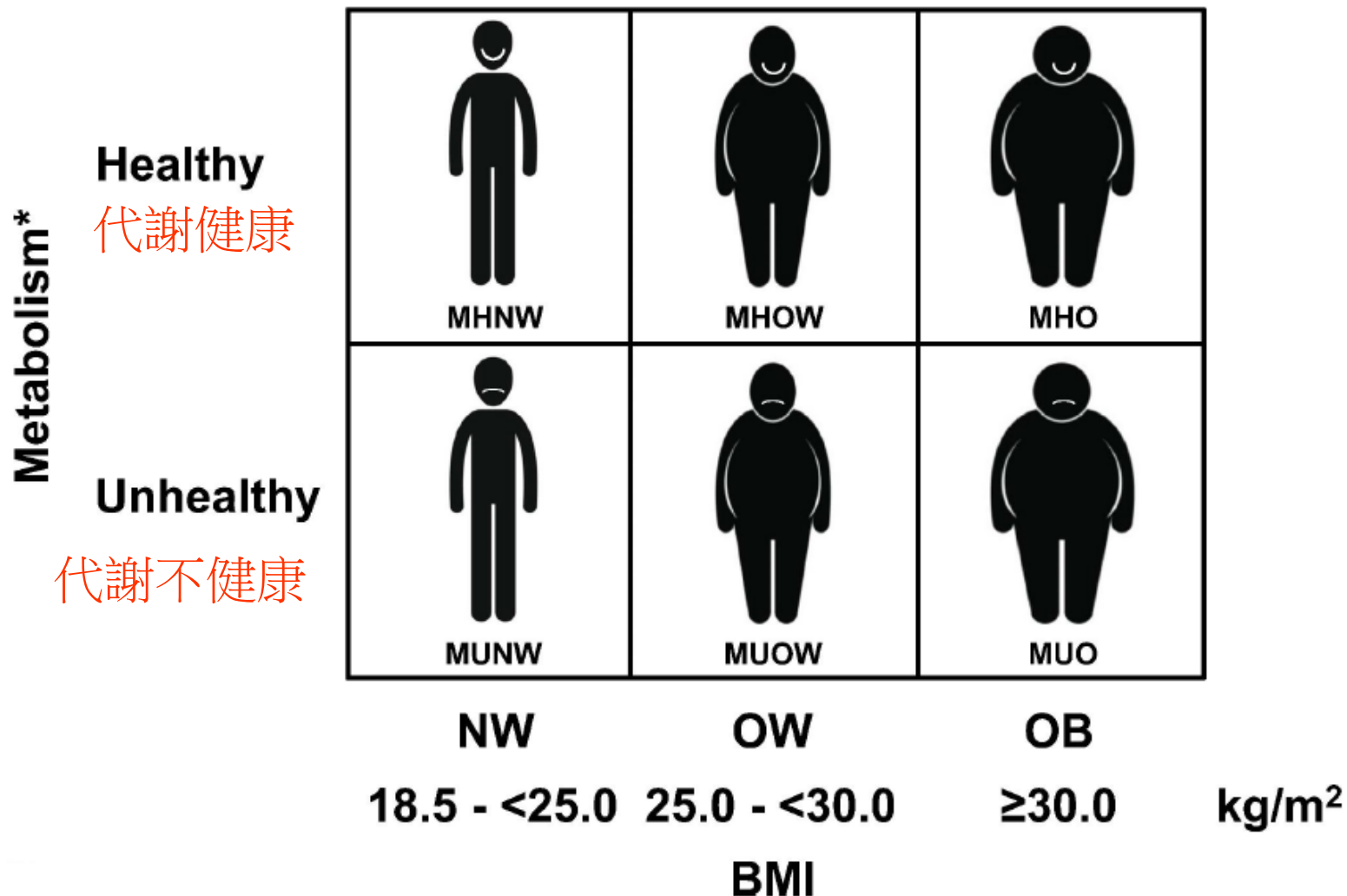
Chen K, Shen Z, Gu W, et al. Prevalence of obesity and associated complications in China: A cross-sectional, real-world study in 15.8 million adults. *Diabetes Obes Metab.* 2023;25(11):3390-3399. doi:10.1111/dom.15238



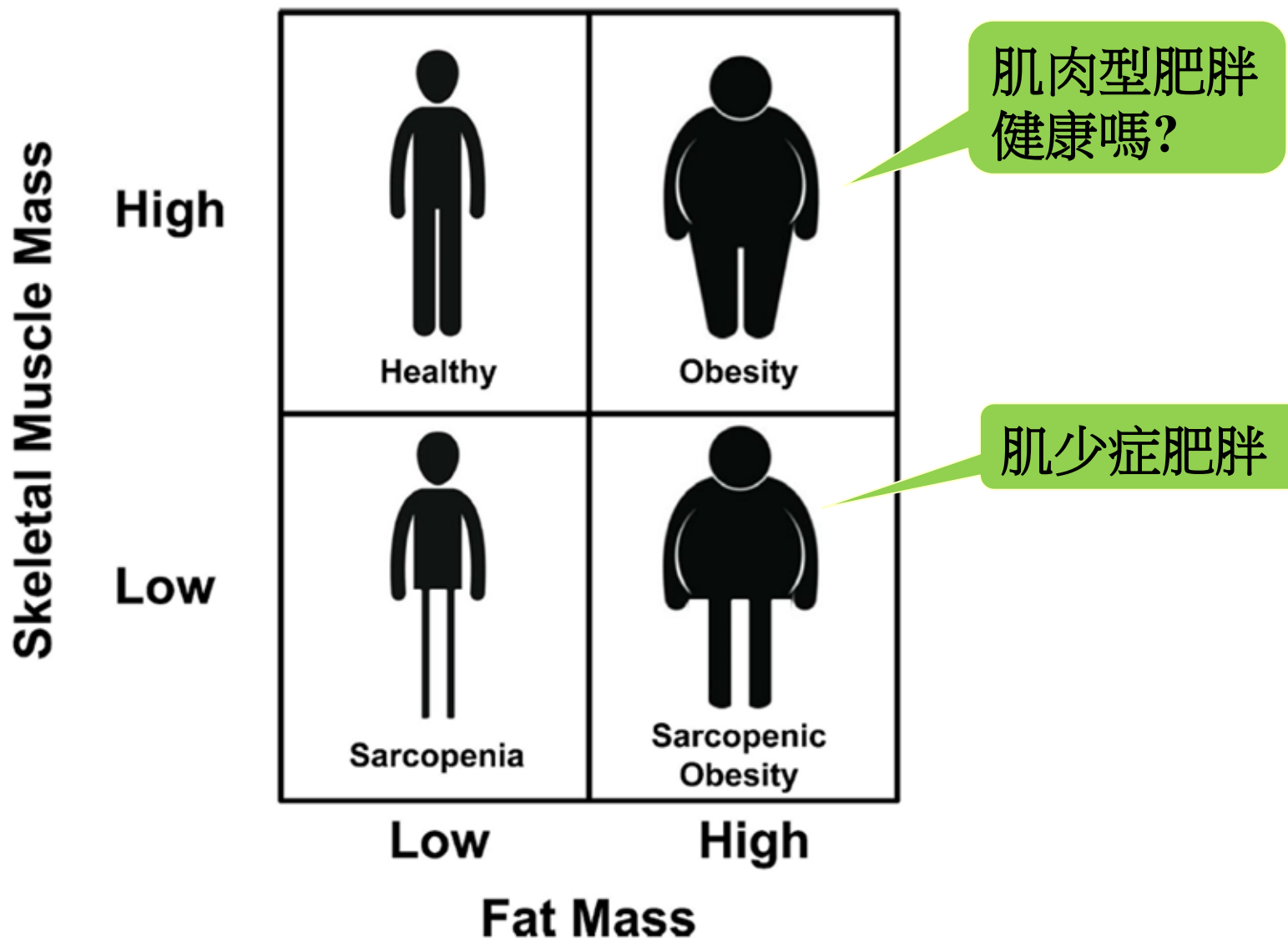
整體研究對象 (N = 21,771,683) BMI為正常、過重與肥胖者併發症(complications)數量 (Chen et al., 2023)



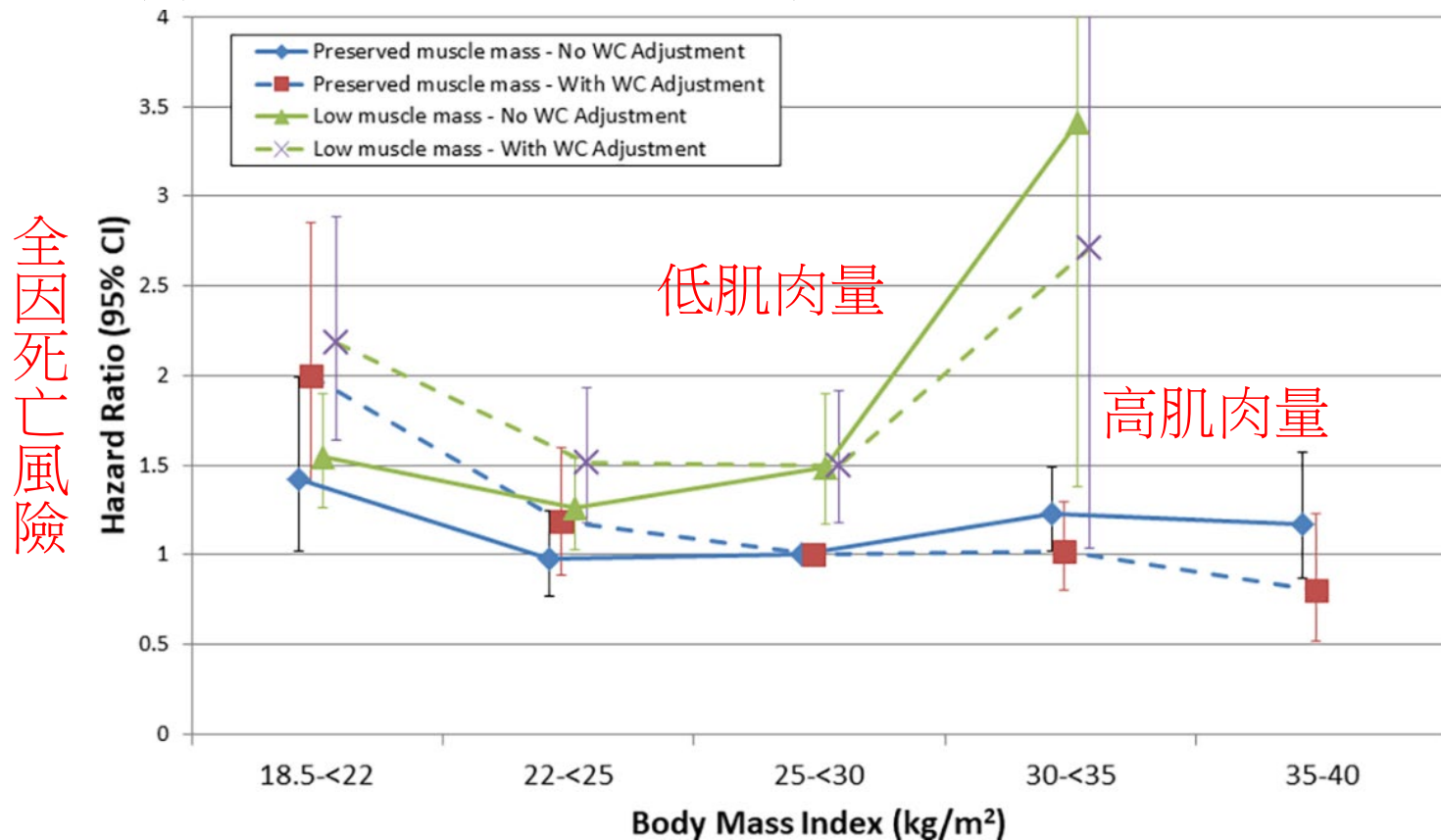
身體質量指數（BMI）和代謝健康分類 (Salmón-Gómez et al., 2023)



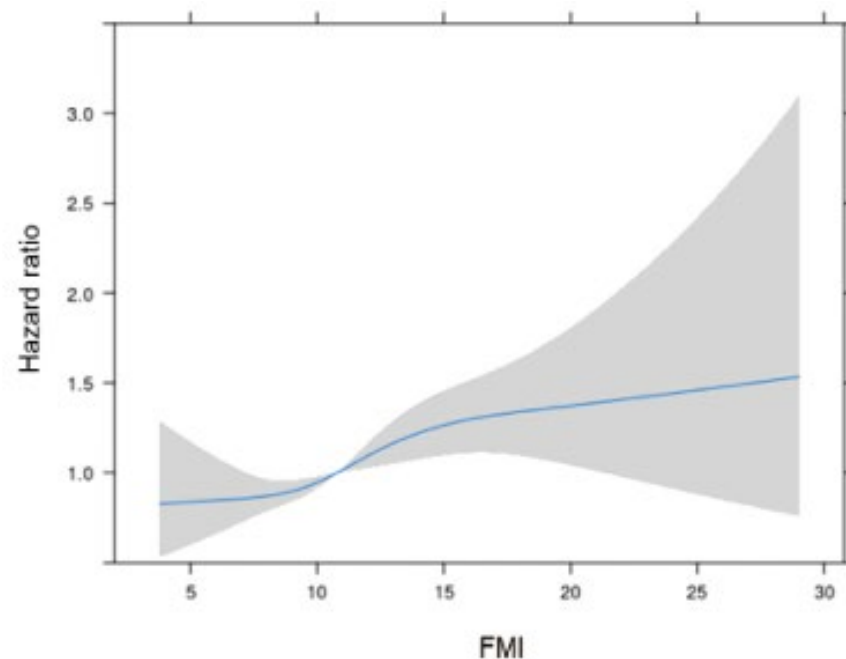
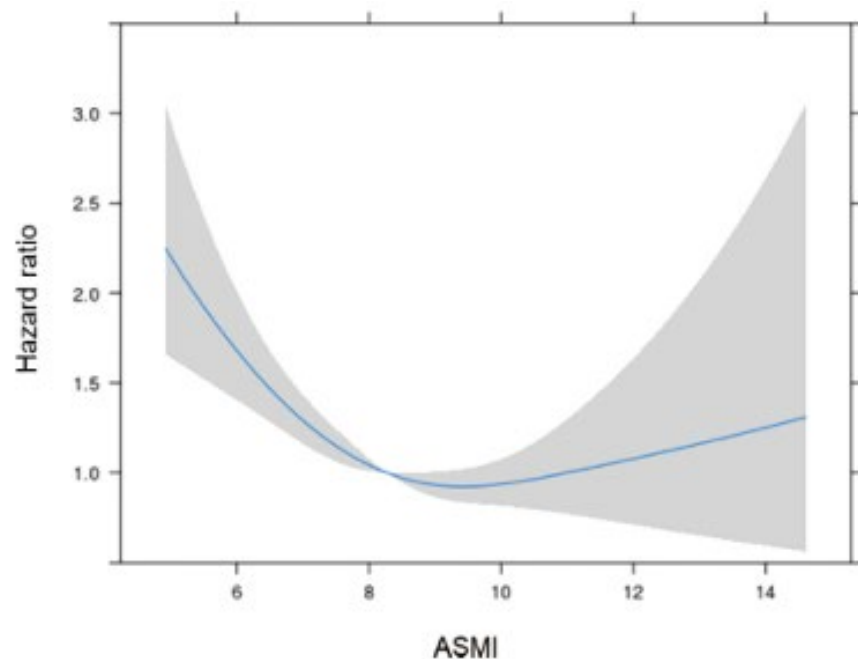
身體質量指數 (BMI) 和肌肉質量分類 (Salmón-Gómez et al., 2023)



以1999-2004年健康與營養調查11,687名參與者，以雙光能X射線吸收測定法測量身體組成。下圖為BMI、肌肉質量(muscle mass)和年齡的全身脂肪百分比關聯。追蹤9.3年(中位數)，1,819名參與者死亡。以BMI和肌肉質量區分的全因死亡風險(根據年齡、性別、種族/民族、吸煙狀況、身體活動和教育程度進行了調整)(Abramowitz et al., 2018)。

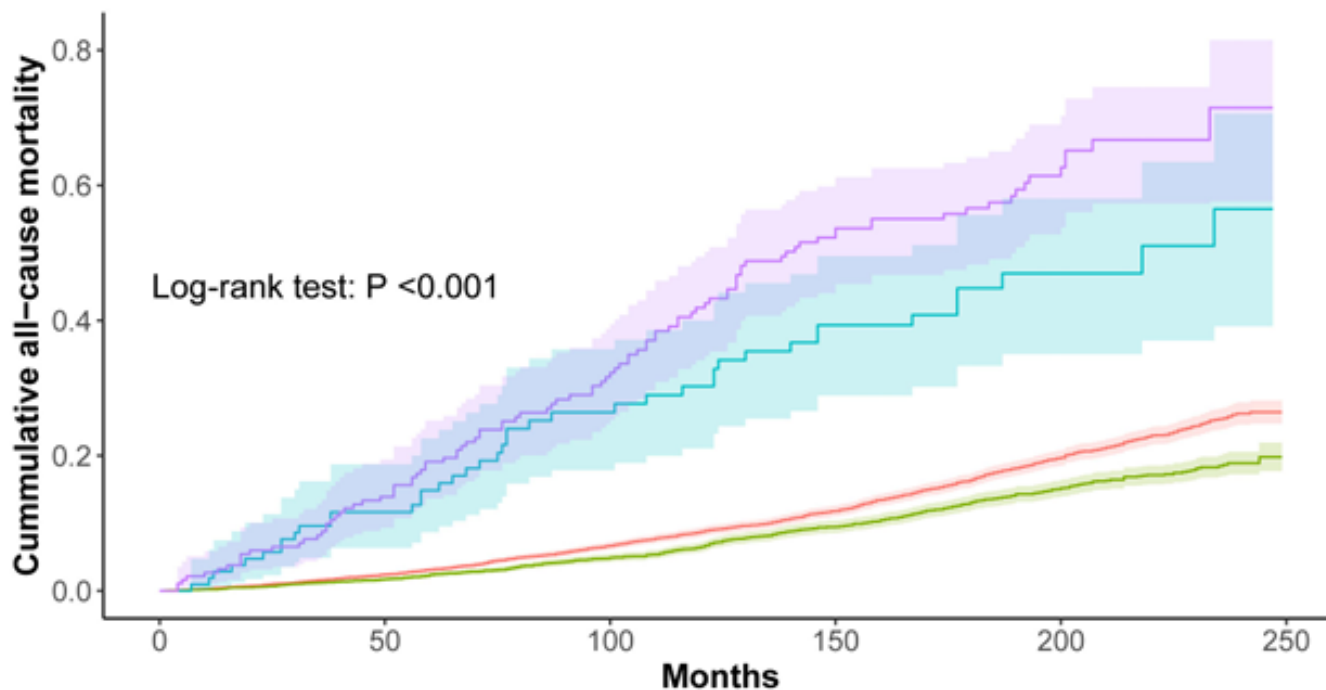


16,555名超重/肥胖（BMI \geq 25 kg/m²）的成年人。4肢骨骼肌質量指數(appendicular skeletal muscle mass index, ASMMI)的增加與較低的死亡風險有關（HR：0.856）。相反，較高的脂肪質量指數(fat mass index, FMI)與較高的死亡風險有關。與無肌少症的肥胖相比，肌少症性過重/肥胖與較高的死亡率顯著相關（HR：1.612）。這種風險升高在基於年齡和性別的亞組中均具有統計意義。結論：低體脂肪和高肌肉質量可以降低死亡風險(Lee et al., 2023)。



按 4肢骨骼肌質量指數(ASMI) 和脂肪質量指數(FMI) 劃分的肥胖參與者的累積死亡率(Lee et al., 2023)。

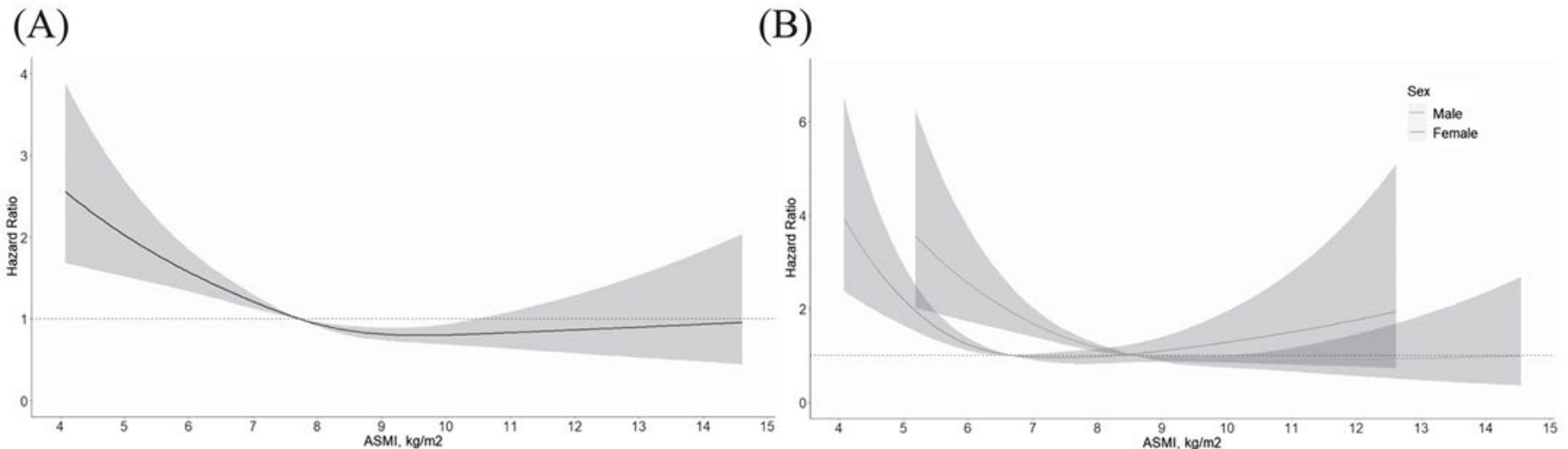
— High ASMI & High FMI
 — High ASMI & Low FMI
 — Low ASMI & Low FMI
 — Low ASMI & High FMI (Sarcopenic obesity)



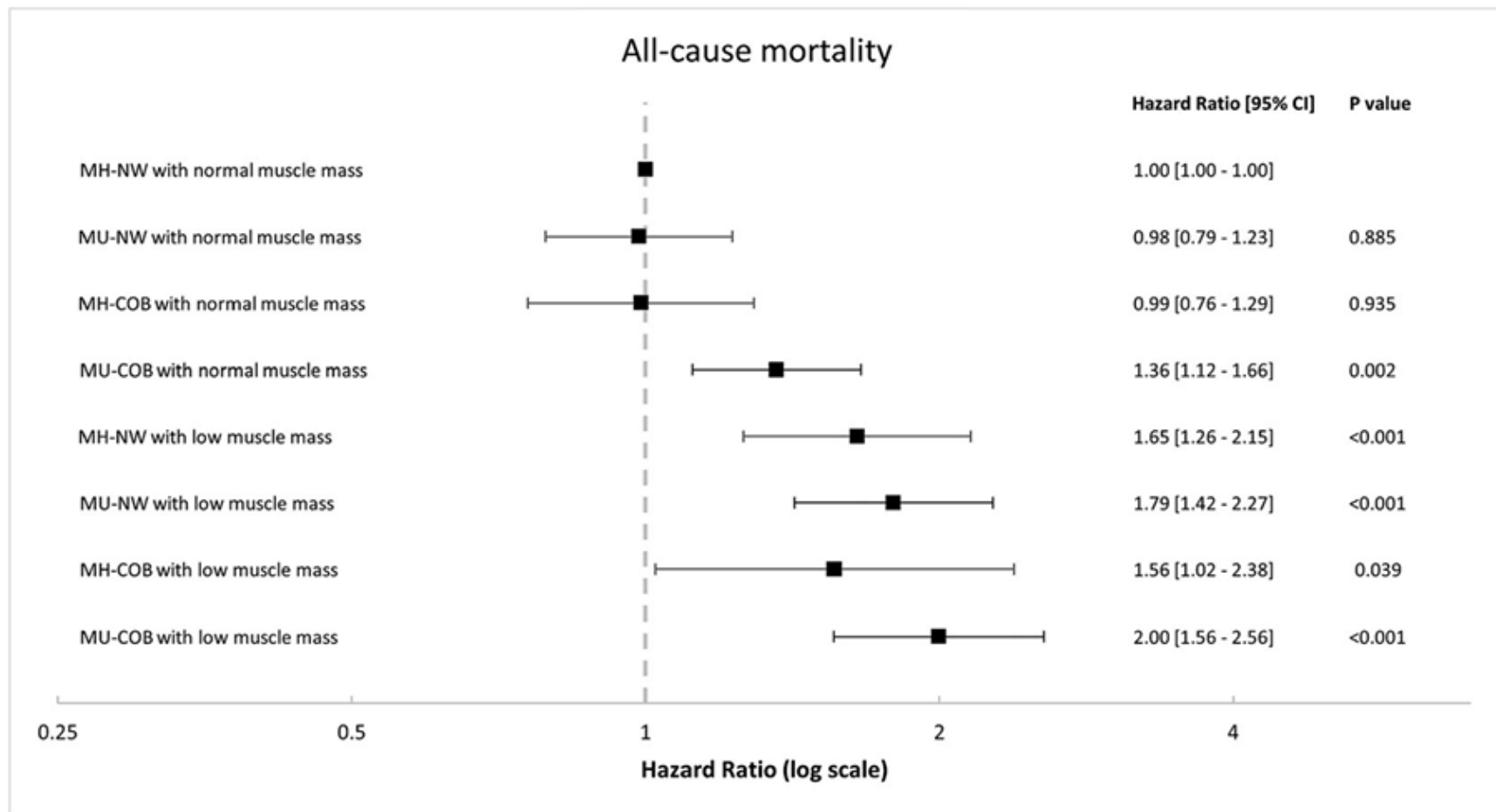
	Number at risk					
Months	0	50	100	150	200	250
High ASMI & High FMI (Red)	9724	7812	5057	4406	2253	0
High ASMI & Low FMI (Green)	6386	5278	3494	3084	1617	0
Low ASMI & Low FMI (Cyan)	105	83	58	47	19	0
Low ASMI & High FMI (Sarcopenic obesity) (Purple)	185	151	103	69	31	0

在16839名參與者年齡20歲以上(平均55歲)，其中50.4%為男性，有2,472名(14.6%)有肌肉量偏低的情況。在8個分組中，**代謝不健康且肌肉量偏低的腰部肥胖組(central obesity, COB)**全因死亡風險比(HR)最高(HR 2.00)，而代謝健康但肌肉量偏低的COB組CVD死亡風險比最高(HR 3.18)。中介分析顯示，低肌肉量直接增加全因死亡風險(HR, 1.56)和CVD死亡風險(HR 1.80)。次族群分析顯示，低肌肉量顯著增加先前無CVD史參與者和DM患者的全因死亡風險和CVD死亡風險。結論：低肌肉量是全因死亡和CVD死亡的獨立危險因素，尤其是在存在代謝異常和COB的個體中(Kim et al., 2024)。

根據ASMI連續值計算的風險比。(A) 所有參與者的ASMI和HR，(B) 按性別劃分的ASMI和HR



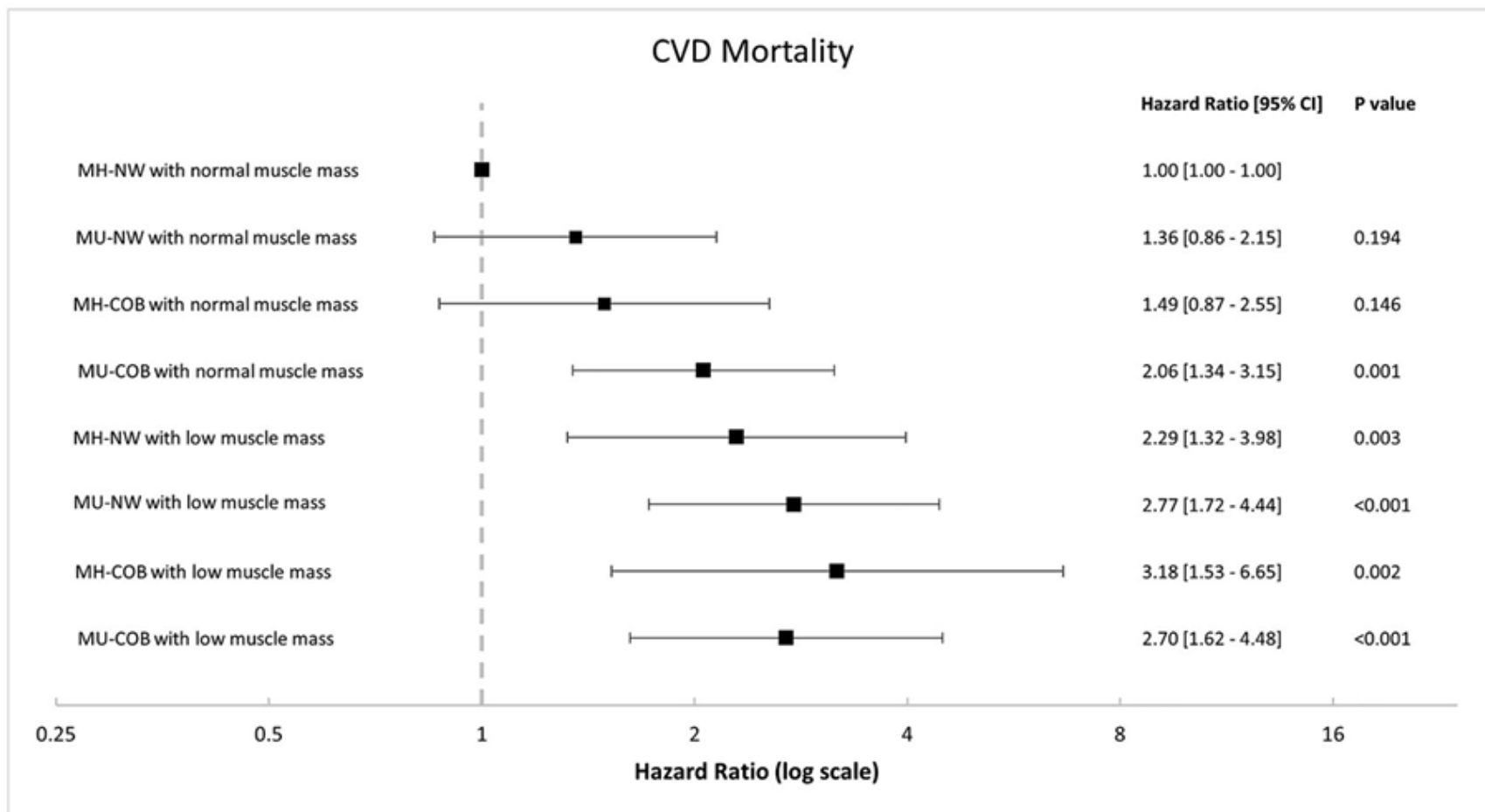
低肌肉量對腰部肥胖和代謝異常患者全因死亡風險的影響(已校正年齡、性別、種族、吸菸狀況、飲酒量、eGFR、COB 和癌症病史)(Kim et al., 2024)。



COB，腰部肥胖；MU，代謝不健康狀態；MU-COB，伴隨腰部肥胖的代謝不健康狀態

Kim D, Lee J, Park R, Oh CM, Moon S. Association of low muscle mass and obesity with increased all-cause and cardiovascular disease mortality in US adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2024 Feb;15(1):240-254. doi: 10.1002/jcsm.13397.

低肌肉量對腰部肥胖和代謝異常患者CVD死亡風險的影響(已校正年齡、性別、種族、吸菸狀況、飲酒量、eGFR、COB 和癌症病史)(Kim et al., 2024)。



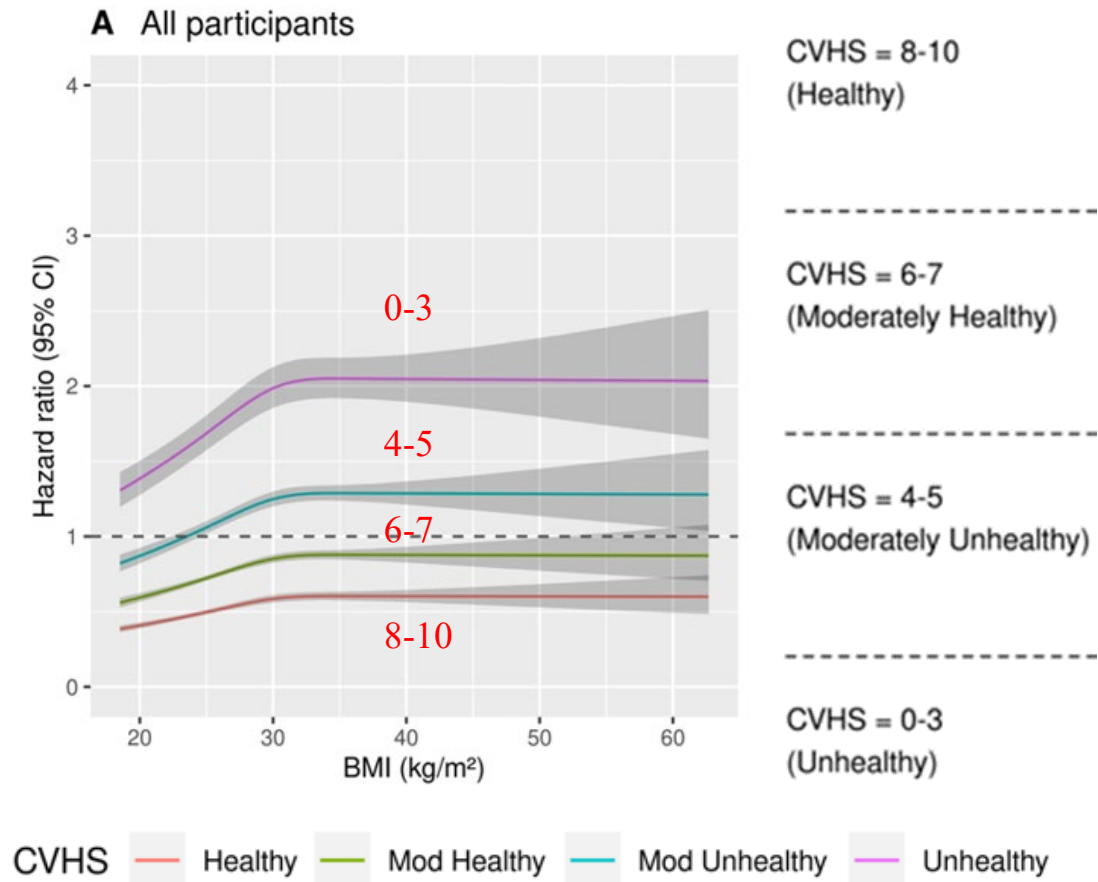
COB，腰部肥胖；MU，代謝不健康狀態；MU-COB，伴隨腰部肥胖的代謝不健康狀態

Kim D, Lee J, Park R, Oh CM, Moon S. Association of low muscle mass and obesity with increased all-cause and cardiovascular disease mortality in US adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2024 Feb;15(1):240-254. doi: 10.1002/jcsm.13397.

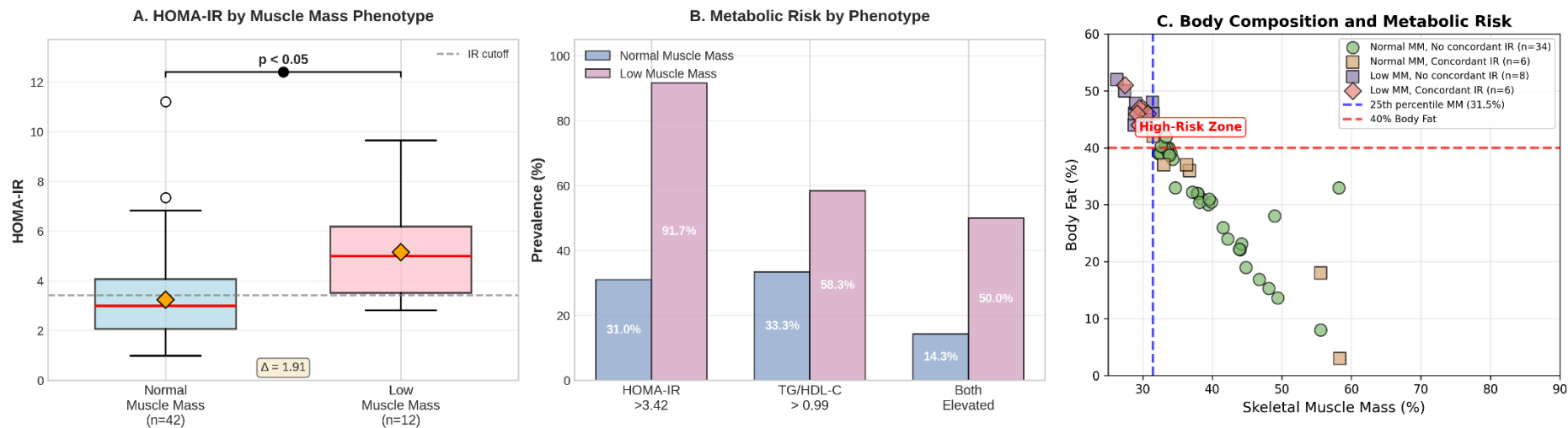
英國生物資料庫 319,866 名研究對象的，以4項生活方式和6項心臟代謝參數的心血管健康評分，對動脈粥狀硬化性心血管疾病發生率的影響研究（cardiovascular health score, CVHS）(Paulin et al., 2023)。

4項生活方式包括吸煙狀況、水果和蔬菜攝取量、身體活動量和睡眠品質。6項心臟代謝參數包括收縮壓(SBP) <130 mmHg 和舒張壓(DBP) ≤ 80 mmHg 未服用抗高血壓藥物、CRP 水平 <3.0 mg/L、三酸甘油酯水平 <2.3 mmol/L、未使用降膽固醇藥物時低密度脂蛋白膽固醇(LDL-C) 水準 <3.0 mmol/L，高密度脂蛋白膽固醇(HDL-C) 水準 >1.0 mmol/L，糖化血紅素(HbA1C) < 42 nmol/mol。

罹患動脈粥狀硬化性心血管疾病風險



54位肥胖兒童（BMI $29.5 \pm 4.7 \text{ kg/m}^2$ ）及33位健康對照兒童（BMI $20.6 \pm 1.9 \text{ kg/m}^2$ ）。受試者接受生物電阻抗分析和空腹代謝指標檢測，包括胰島素抗性指數（HOMA-IR）和三酸甘油酯/高密度脂蛋白膽固醇（TG/HDL-C）比值。結果：50%的低肌肉質量兒童出現兩種代謝指標的升高，而無低骨骼肌質量的兒童中僅有14.3%出現這種情況。結論：低肌肉質量是肥胖兒童的極高風險表型，胰島素抗性盛行率高達91.7%，且發生嚴重代謝功能障礙的風險增加6倍。基於身體組成分的風險分層，針對高風險兒童進行個人化介入（Bánovčinová et al., 2025）。



體重正常肥胖(normal weight obesity, NWO)具有高脂肪、低骨骼肌的肌肉量與低肌力，也是胰島素阻抗、代謝徵候群、第2型糖尿病、動脈粥狀硬化、心血管疾病等心臟代謝疾病高危險群(Ji et al., 2022)

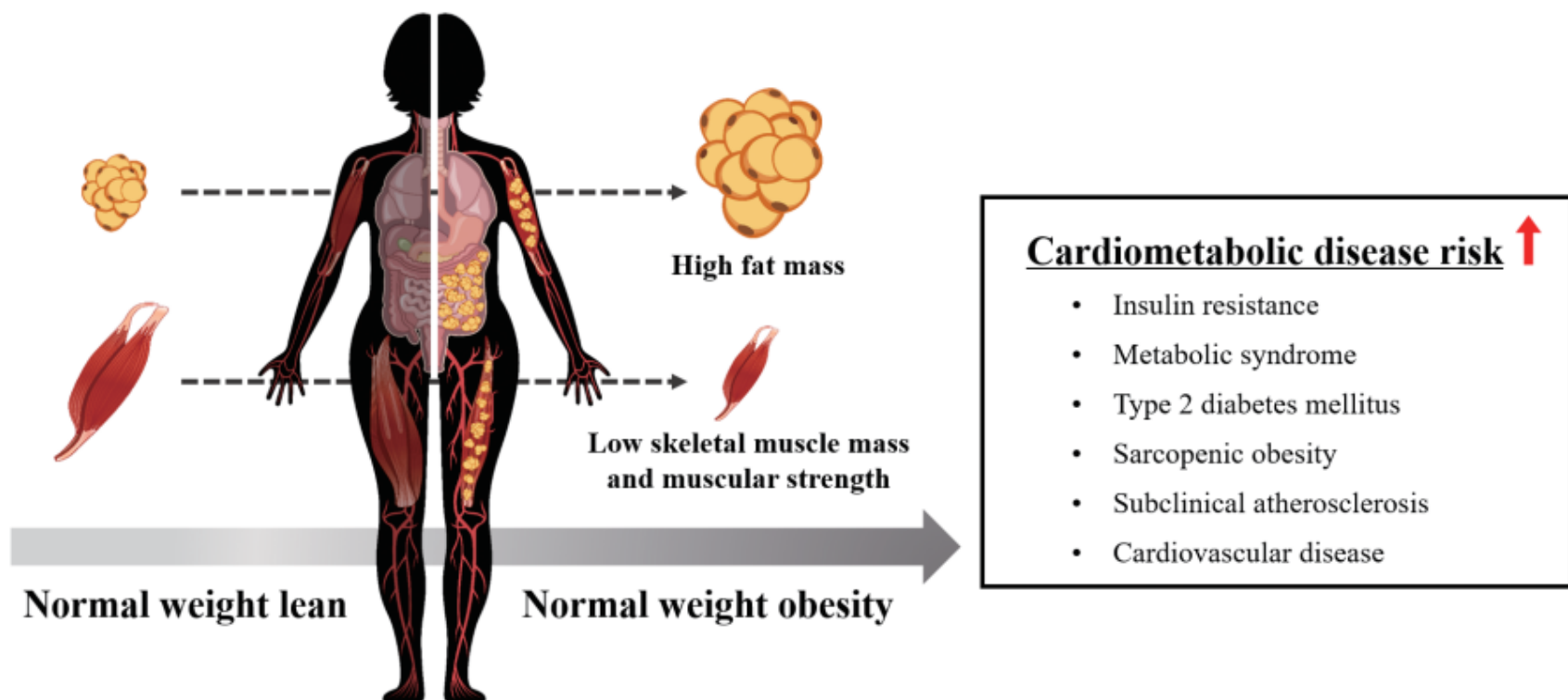
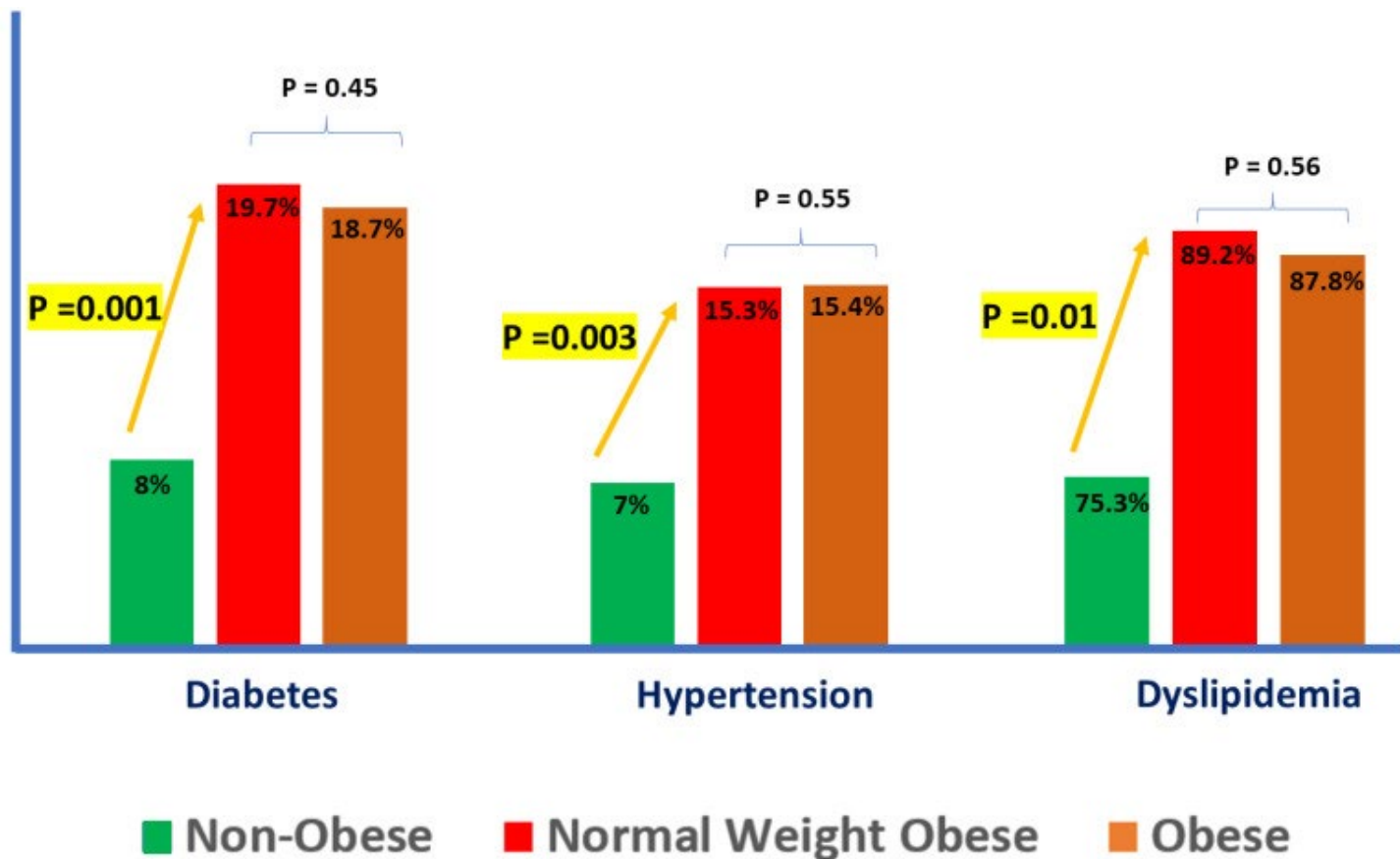


Fig. 1. Increased risk for cardiometabolic disease in normal weight obesity.

體重正常肥胖(normal weight obesity, NWO)罹患代謝症候群盛行率，顯著高於體位正常者，且與肥胖者差不多(Kapoor et al., 2021)。



研究目的：10至18歲青少年正常體重肥胖(**normal weight obesity, NWO**)盛行率。4037 名 10-18 歲青少年(49.6% 為男孩)，其BMI於正常範圍，以生物電阻抗分析法 (bioelectrical impedance analysis, BIA)評估身體組成。**NWO** 的盛行率為 16.5%，女孩17.3% 略高於男孩的15.8%，年齡層**NWO**盛行率的性別沒有統計差異 (Kaczmarek, 2025)。

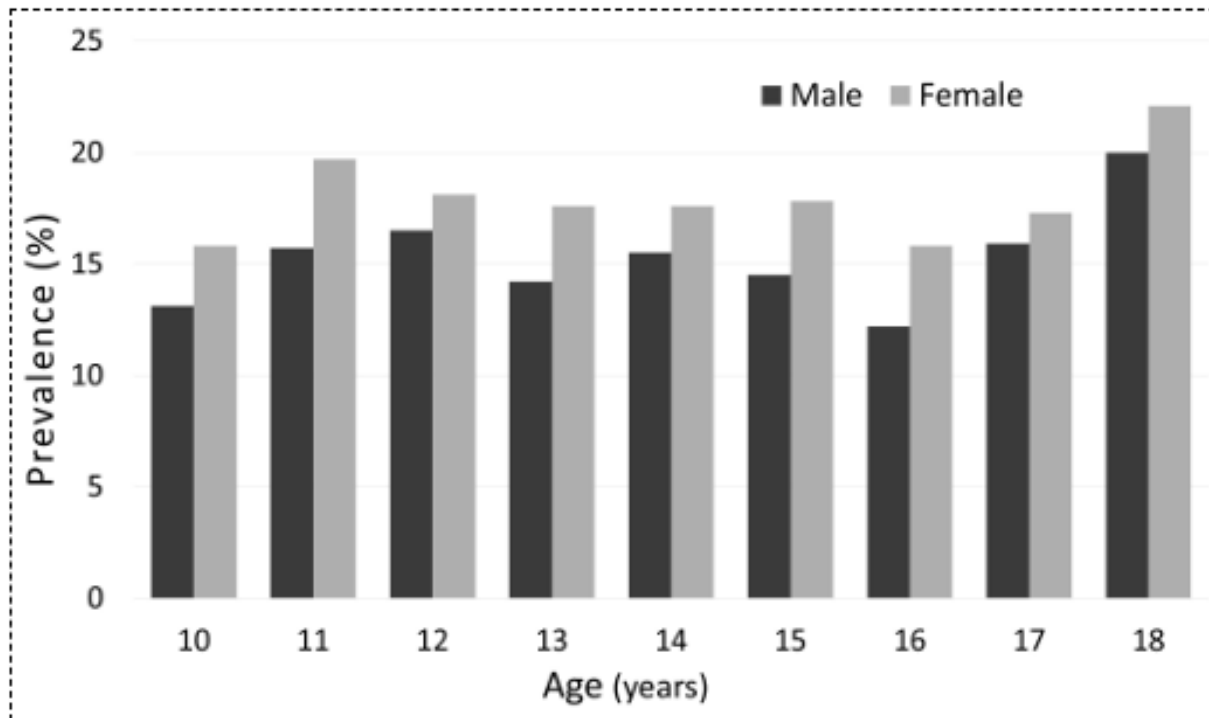


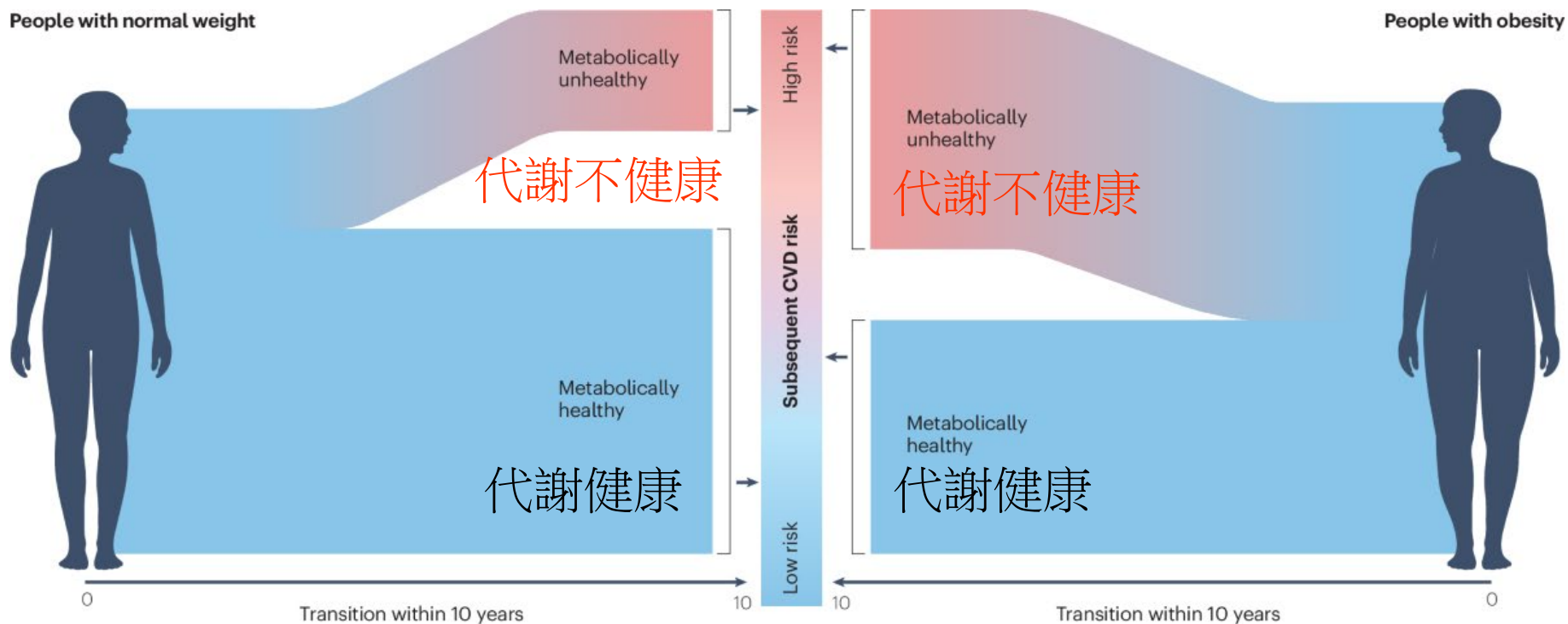
FIGURE 1

Prevalence of normal-weight obesity (NWO) in adolescents aged 10 to 18 years, stratified by sex and one-year age groups. Sex differences in NWO prevalence at each age were assessed using the chi-squared test. No statistically significant differences were found. Sample sizes by age and sex are provided in [Supplementary Table S1](#).

過輕、正常體位、肥胖體位在體重不變情況下，都有可能會代謝不健康或代謝健康 (Schulze et al., 2024)

過輕、正常體位

肥胖體位



Schulze, M.B., Stefan, N. Metabolically healthy obesity: from epidemiology and mechanisms to clinical implications. *Nat Rev Endocrinol* 20, 633–646 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41574-024-01008-5>

BMI體型分類應用與濫用

AMA Journal of Ethics®

July 2023, Volume 25, Number 7: E550-558

HISTORY OF MEDICINE: PEER-REVIEWED ARTICLE

Use and Misuse of BMI Categories

Katherine M. Flegal, PhD, MPH



凱瑟琳·梅休·弗萊格爾 (Prof. Dr. Katherine Mayhew Flegal) 是美國流行病學家，史丹佛大學史丹佛預防研究中心教授，美國疾病管制與預防中心國家衛生統計中心的資深科學家。過去10年醫學界最具影響力之女性之一。

BMI無法有效得衡量脂肪量，而且脂肪量本身也可能不是健康狀況的良好指標。有些研究更發現，低肌肉量比高脂肪量，對健康的風險更大。Bosy-Westphal 和 Müller 認為肥胖本身不應直接視為是體脂肪太多，而應從身體組成的角度分析，並且應避免同時使用BMI和體脂百分比，來評估與肥胖相關的健康風險。他們呼籲採取一種專注於去脂體重的新方法(Bosy-Westphal 和 Müller, 2021)。在年齡較大時，較高的BMI可能表示有更多的去脂體重(lean mass)。另一種現象，過重和中度肥胖，對患有多種慢性疾病的患者是有益的。身體活動(physical activity)和體適能(fitness)對健康來說，可能比肥胖更重要。現在是時候要超越武斷和有問題的BMI分類方法，並評估其他能促進健康和福祉(well-being)的方法了(Flegal, 2023)。

The Lancet Diabetes & Endocrinology Commission



Led by Professor, Dr. Francesco Rubino, Chair of Metabolic and Bariatric Surgery, King's College, London, UK

- 柳葉刀糖尿病與內分泌學委員會 (The Lancet Diabetes & Endocrinology Commission) 於2025年1月14日發布的臨床肥胖定義及診斷標準 (Definition and diagnostic criteria of clinical obesity)。
- 該委員會的具體目標是建立疾病診斷的客觀標準，幫助臨床決策並確定治療介入措施，和公共衛生策略的優先順序。為此，來自多個醫學專業和國家的 58 名專家組成的小組，討論現有證據並參與共識的制定。
- 委員會提出的所有建議均已獲得委員們的最高一致認可（同意程度為 90-100%），並獲得了全球 76 個組織的認可，包括科學協會和患者權益團體。

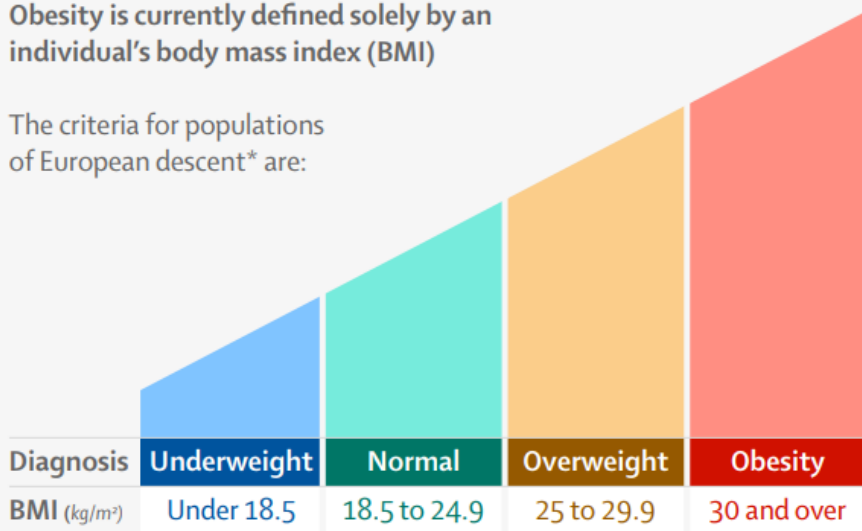
現行BMI定義肥胖的限制：BMI雖有助於辨識健康風險較高的個體，但它並不是直接測量脂肪量，它無法確定身體脂肪分佈情況，也無法確定體內過多的脂肪『何時』(脂肪功能何時會開始異常)會造成健康問題 (Rubino et al., 2025)。

Diagnosing clinical obesity

Limitations of the current definition of obesity

Obesity is currently defined solely by an individual's body mass index (BMI)

The criteria for populations of European descent* are:



*Criteria for other ethnic groups are different



Although BMI is **useful** for identifying individuals at increased risk of health consequences...



It **is not** a direct measure of fat

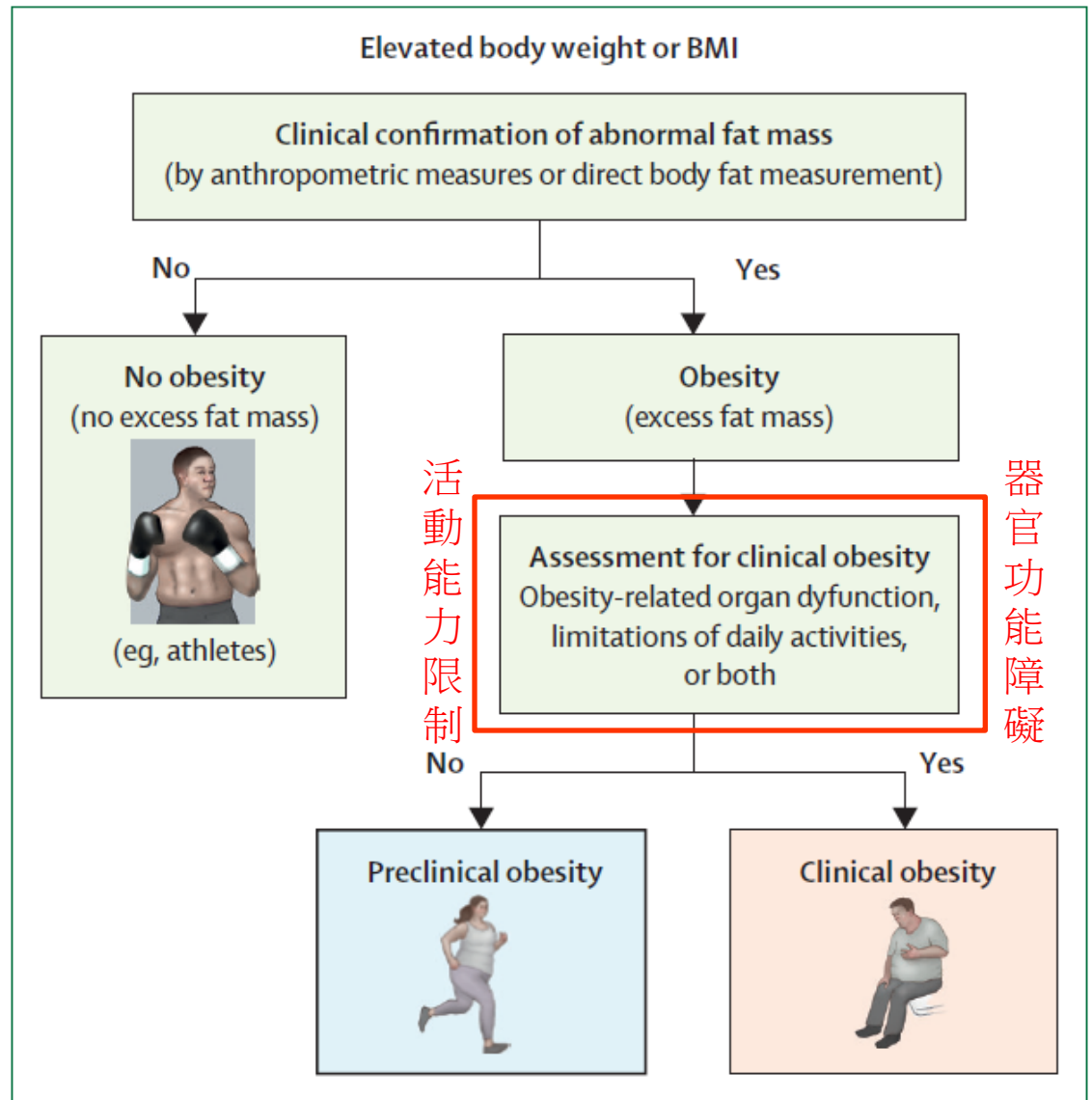


It **does not** establish the distribution of fat around the body



It **cannot** determine when excess body fat is a health problem

新的臨床肥胖的診斷：包括人體測量部分（確認過度脂肪或肥胖狀態）和臨床部分，驗證是否有器官功能異常或日常活動能力限制的臨床表現（臨床肥胖）或臨床前肥胖(Rubino et al., 2025)。



傳統肥胖測量與新診斷方法






#	1	2	3	4	5	6
BMI (kg/m ²)	23.7	28.8	28.8	32.4	39.2	39.2
Excess body fat?	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
Muscle mass	Normal / High	Normal	Normal / Low	High	Normal / Low	Normal / Low
Signs and symptoms*	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> No	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
Old diagnosis	No obesity	Overweight	Overweight	Obesity	Obesity	Obesity
New diagnosis	No obesity	No obesity	Preclinical obesity	No obesity	Preclinical obesity	Clinical obesity

Rubino F, Cummings DE, Eckel RH, Cohen RV, Wilding JPH, Brown WA, Stanford FC, Batterham RL, Farooqi IS, Farpour-Lambert NJ, le Roux CW, Sattar N, Baur LA, Morrison KM, Misra A, Kadowaki T, Tham KW, Sumithran P, Garvey WT, Kirwan JP, Fernández-Real JM, Corkey BE, Toplak H, Kokkinos A, Kushner RF, Branca F, Valabhji J, Blüher M, Bornstein SR, Grill HJ, Ravussin E, Gregg E, Al Busaidi NB, Alfari NF, Al Ozairi E, Carlsson LMS, Clément K, Després JP, Dixon JB, Galea G, Kaplan LM, Laferrère B, Laville M, Lim S, Luna Fuentes JR, Mooney VM, Nadglowski J Jr, Urudinachi A, Olszanecka-Glinianowicz M, Pan A, Pattou F, Schauer PR, Tschöp MH, van der Merwe MT, Vettor R, Mingrone G. Definition and diagnostic criteria of clinical obesity. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2025 Jan 9:S2213-8587(24)00316-4. doi: 10.1016/S2213-8587(24)00316-4.

臨床和臨床前期肥胖的診斷和治療-2 (Rubino et al., 2025)







Measurements of body size
The commission defines three measurements of body size that can be used to confirm excess body fat:

-  **Waist circumference**
≥102 cm for men*
≥88 cm for women*
-  **Waist-to-hip ratio**
>0.90 for men*
>0.85 for women*
-  **Waist-to-height ratio**
>0.50 for all*

Excess body fat can pragmatically be assumed if BMI is >40 kg/m²

*White Caucasians only. Criteria for other ethnic groups may be different

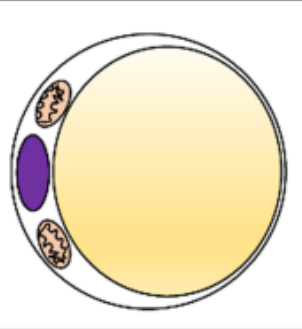
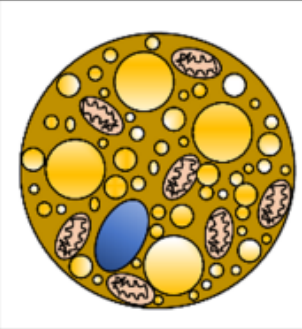
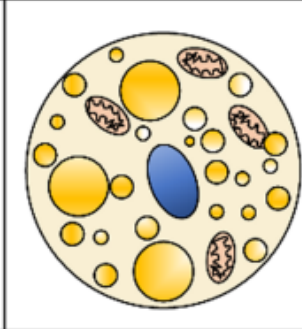
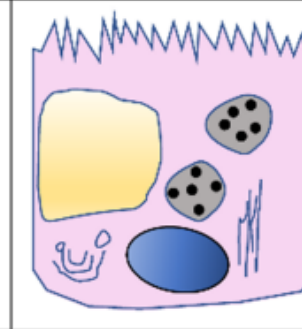
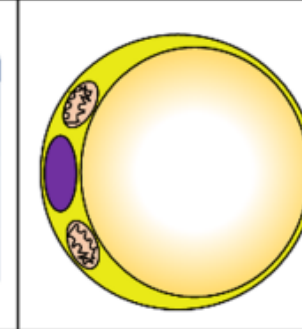
Management
This new diagnosis approach will support evidence-based, personalised prevention and treatment, ensuring more efficient and cost-effective use of resources

Preclinical obesity management	Clinical obesity management
Focus on risk reduction and prevention of progression to clinical obesity or other obesity-related diseases	Focus on improvement or reversal of organ dysfunction
 Health counselling for weight loss or prevention of weight gain	 Evidence-based treatment and management, with an aim to fully regain or improve functions
 Monitoring over time	 Treatment type should be informed by individual risk–benefit assessments and decided via an active discussion with the patient
 Active weight loss interventions in people at higher risk of developing clinical obesity, and other obesity-related diseases	 Success should be assessed by improvement of signs and symptoms, rather than measures of weight loss

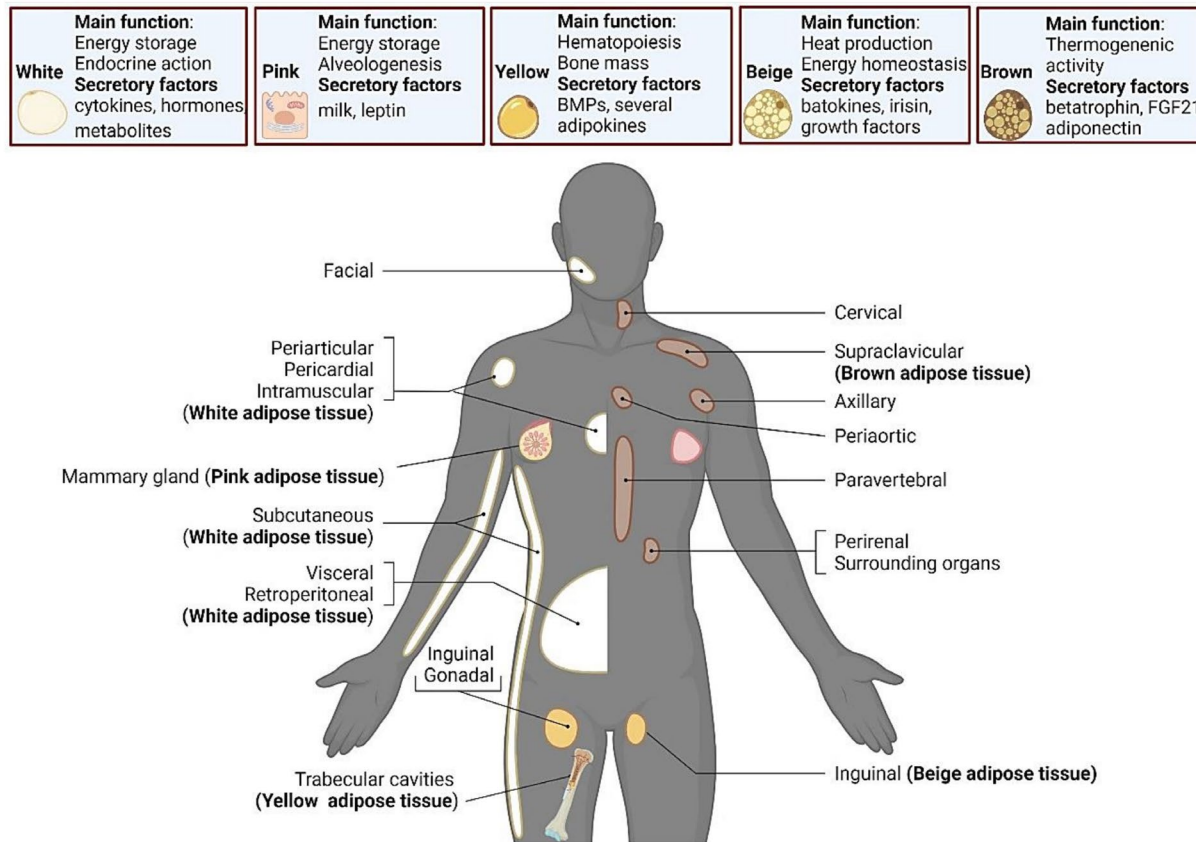
Read the Lancet Diabetes & Endocrinology Commission on the definition and diagnostic criteria of clinical obesity online at: www.thelancet.com/commissions/clinical-obesity

肥胖 ----- ? 生病，為什麼？

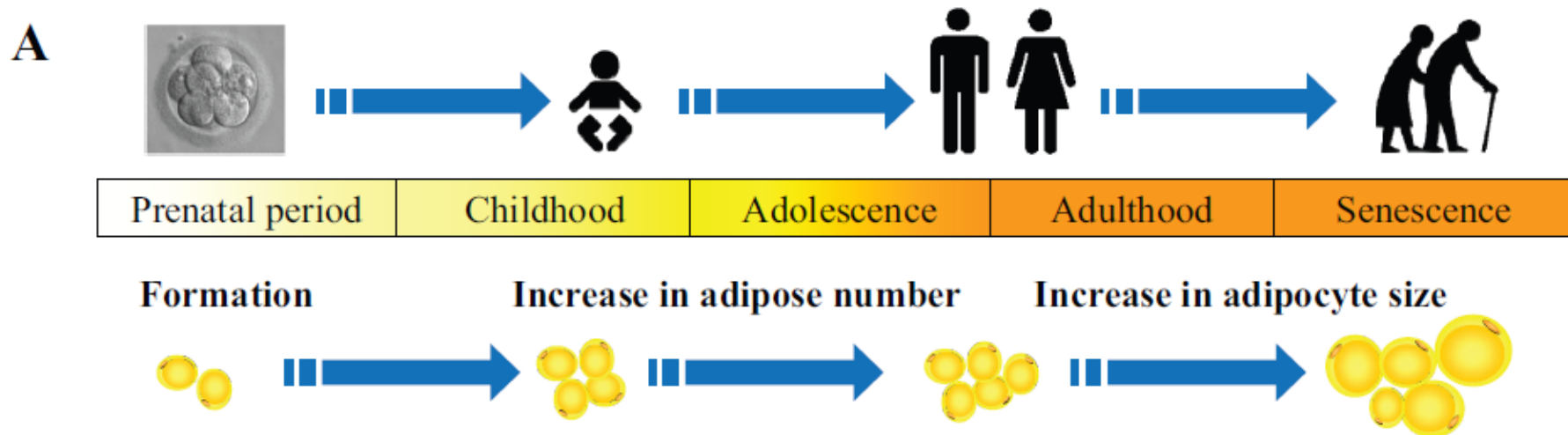
人體有白色(WAT)、粉紅(Pink)、黃色(MAT)、淡棕色(Beige)與棕色脂肪(BAT)組織(He et al., 2023)

	WAT	BAT	Beige	Pink	MAT
					
Location	It is widely distributed in the subcutaneous tissue and around the viscera of the body	It is mainly distributed in the interscapular region	It is under the skin near the spine and the collarbone in adults	It is converted from WAT during pregnancy	It is located in the bone marrow cavity
Feature	The fat drops are larger Low mitochondrial count	The fat drops are small and numerous Mitochondrial abundance	The fat drops are small and numerous Mitochondrial abundance	The fat drops are larger Low mitochondrial count	Fat droplets are larger Low mitochondrial count The form is similar to WAT
Function	Energy storage and distribution Modulate insulin sensitivity Regulate feeding behavior	Important heat-producing organs UCP1 is expressed after stimulation Increased insulin sensitivity Regulating energy homeostasis	UCP1 and PGC1- α were expressed after stimulation Stored energy Heat generation	Produce and secrete milk	Regulate hematopoietic homeostasis Regulate the osteogenesis process The exact function is not yet know

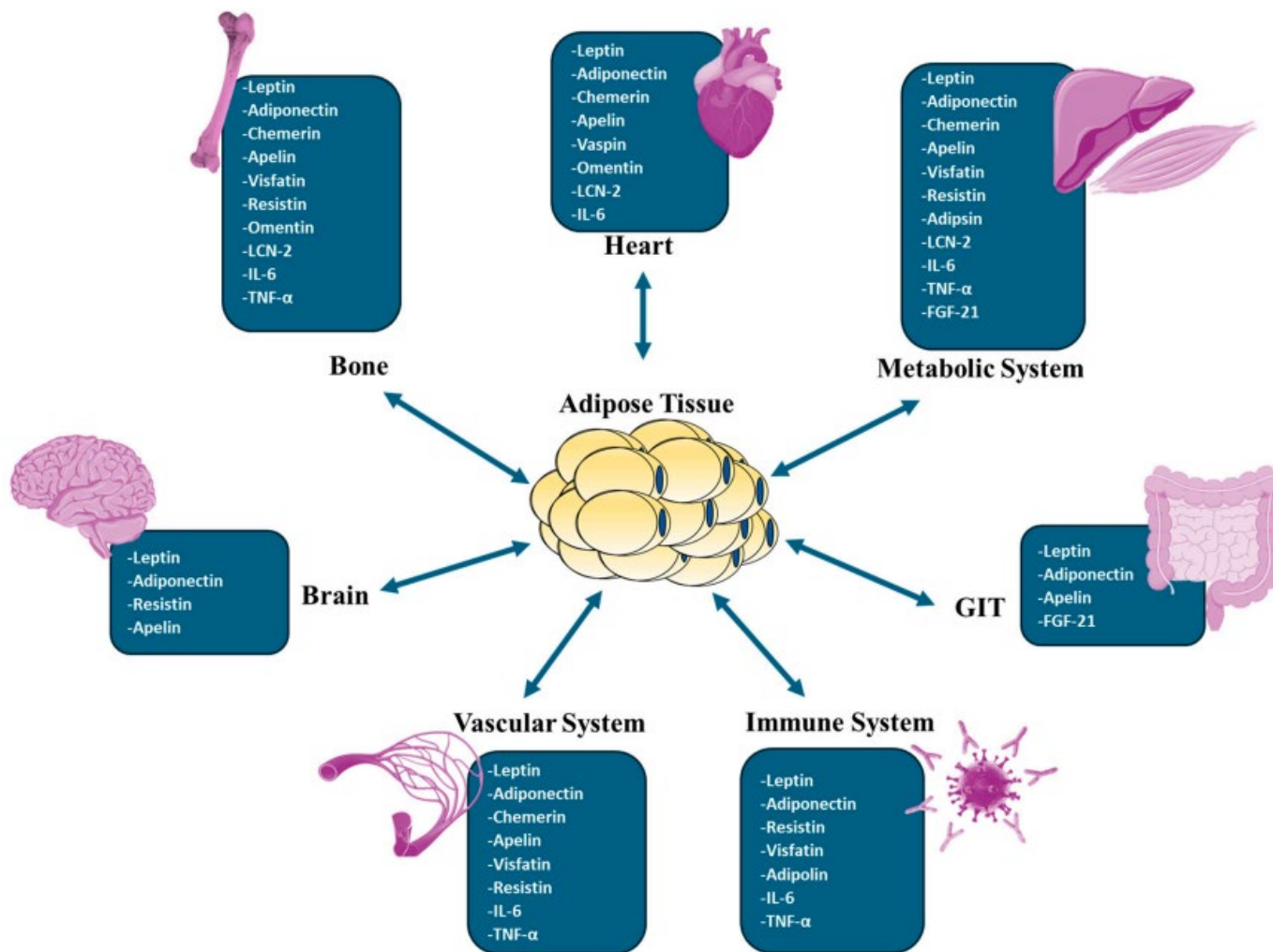
人體有白色、粉紅、黃色、淡棕色與棕色脂肪細胞，不同的位置與功能脂肪組織在人體重量穩定、食慾調控、毛髮循環、傷口修復、產生體溫、先天免疫與發炎、能量代謝、血管張力與組織修復、哺乳、懷孕與生育等人體生理功能的衡定，扮演著重要角色 (de Sousa Neto et al., 2022)。



脂肪組織祖細胞起源於胎兒期（原腸胚形成期）。在兒童期和青春期的時候，脂肪組織主要透過脂肪細胞數量的增加（增生）而生長，特別是在出生後和青春期前。脂肪細胞的增殖速率在青春期下降，並在成年期保持穩定，此時脂肪組織最初是透過脂肪細胞體積的增加（肥大）而擴張(Rodríguez et al., 2015)。



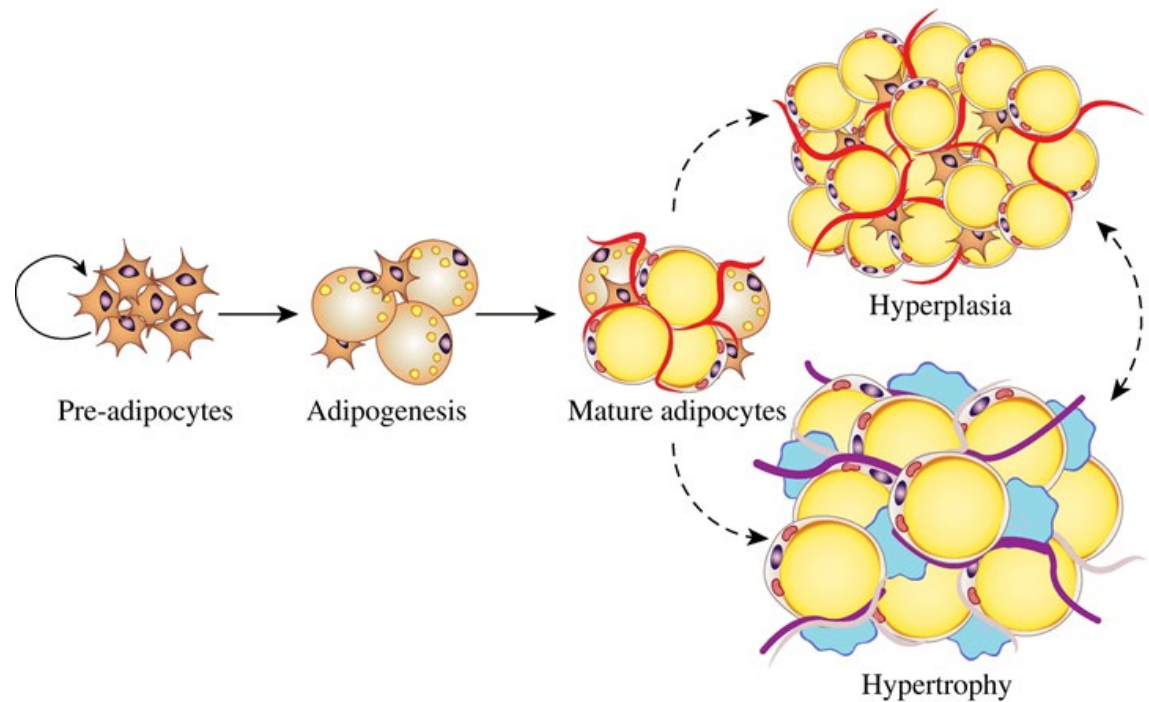
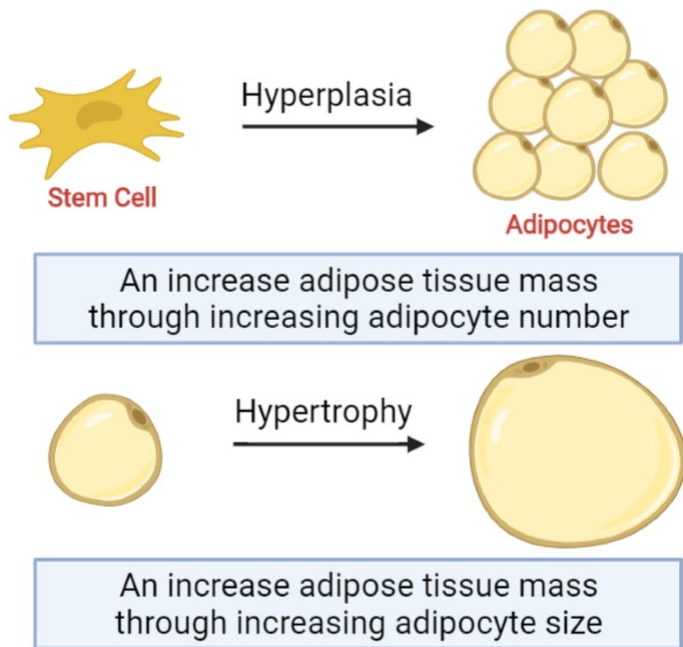
脂肪與各器官間互通訊息的主要脂肪激素 (Hemat Jouy et al., 2024)



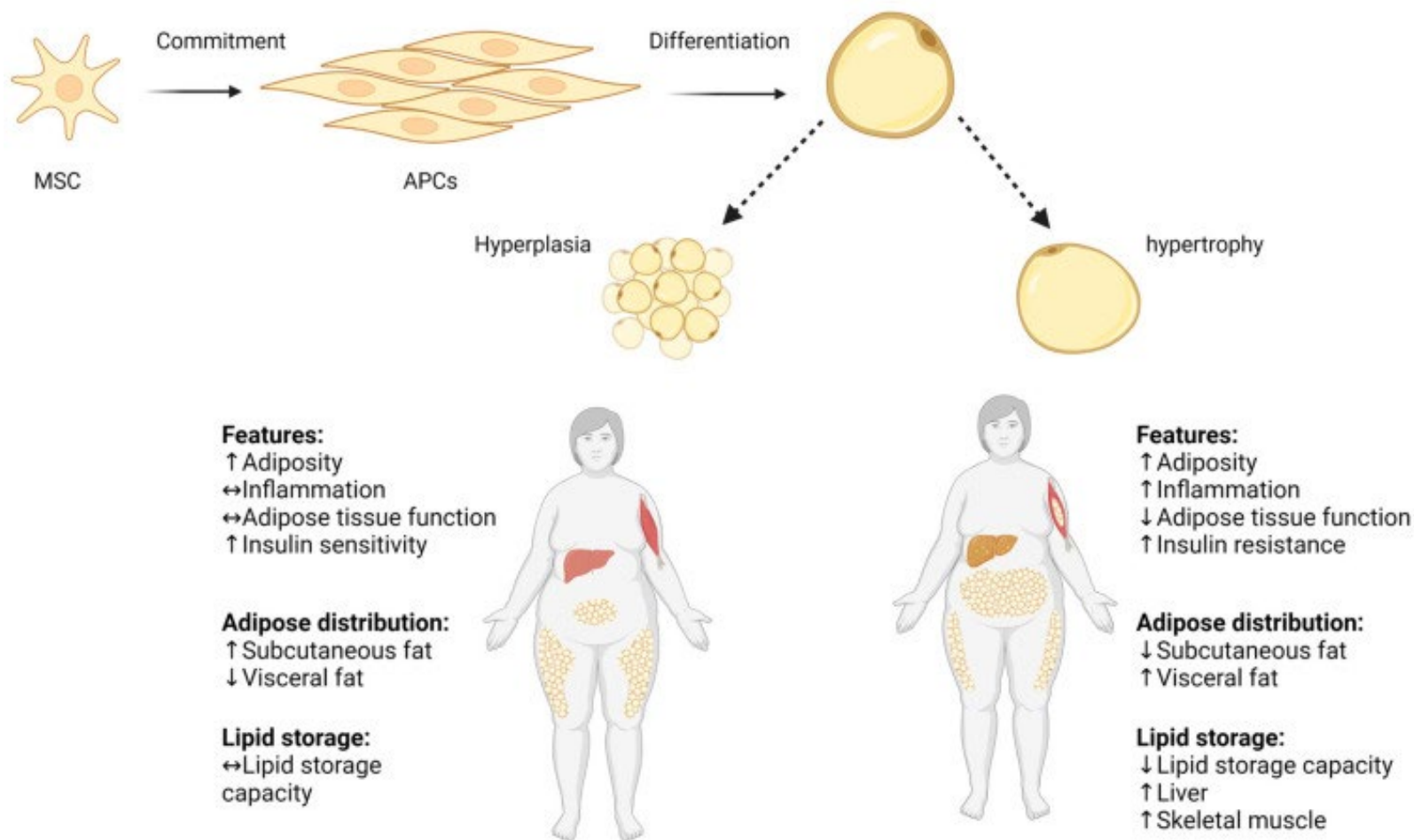
脂肪細胞增生型肥胖 (hyperplasia) 與脂肪細胞肥大型肥胖 (hypertrophy) (Al-Mansoori et al., 2022)

脂肪細胞肥大增加脂肪細胞體積，產生有害生理現象，脂肪細胞增生，增加脂肪細胞數量，則有益身體健康的生理 (Barilla et al., 2021).

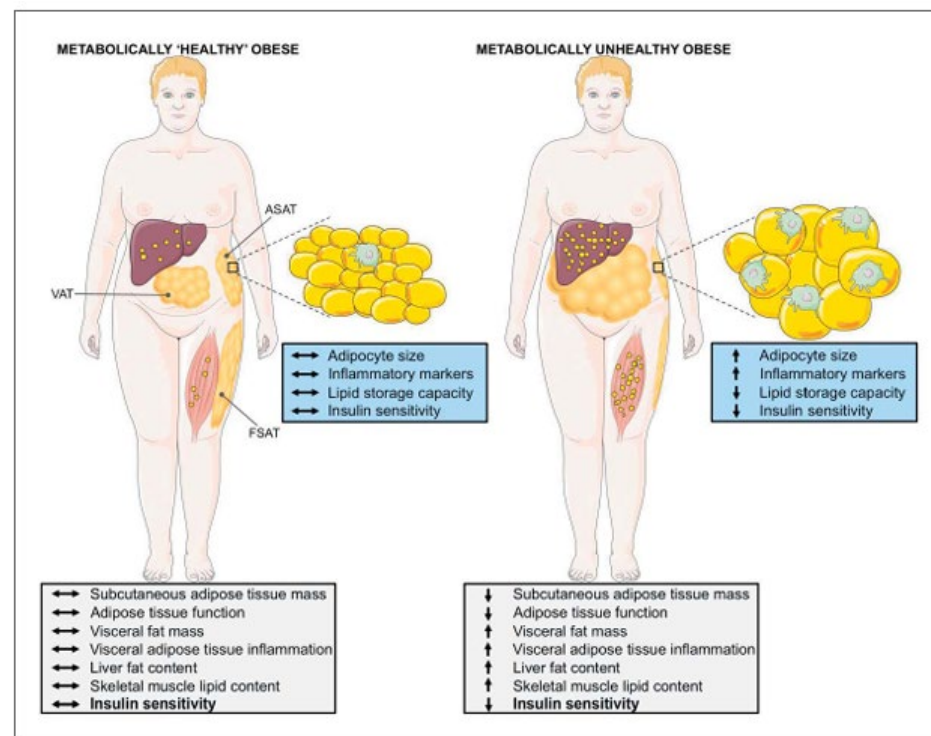
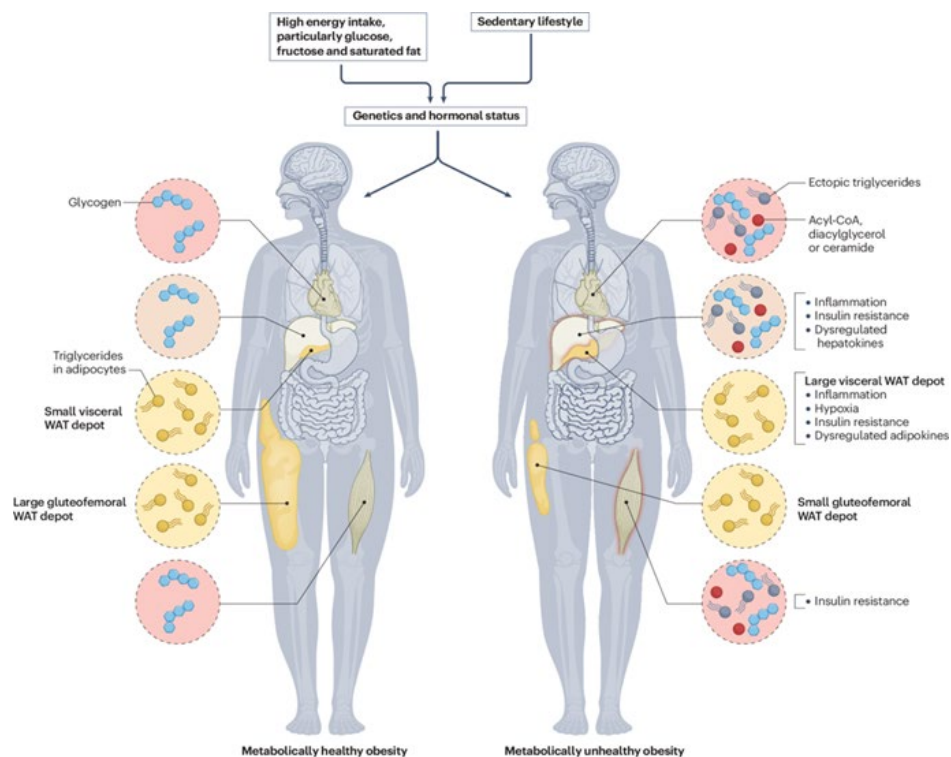
Obesity characterization



脂肪組織透過增加現有脂肪細胞的體積（脂肪肥大）和生成新的小脂肪細胞（增生）而擴大。脂肪細胞體積增加會引起脂肪組織功能受損、胰島素阻抗、慢性發炎、脂質儲存能力下降等 (Horwitz et al., 2023)。

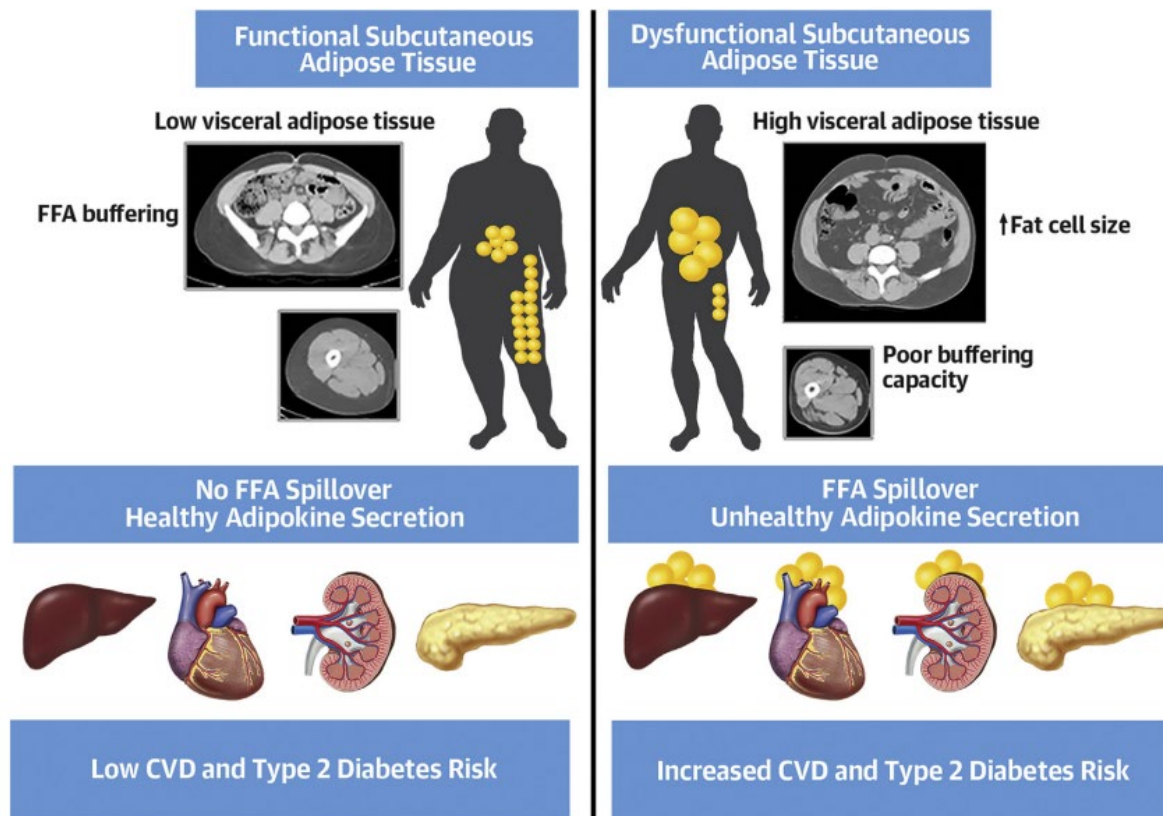


代謝功能健康的肥胖 VS 代謝功能不健康的肥胖 (Goossens, 2017; Schulze & Stefan, 2024)



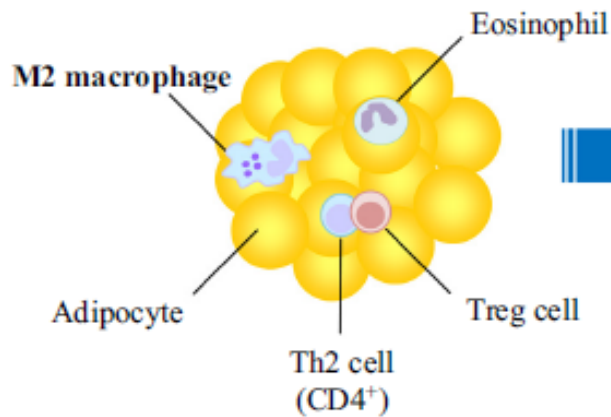
Goossens, G. H. (2017). The Metabolic Phenotype in Obesity: Fat Mass, Body Fat Distribution, and Adipose Tissue Function. *Obesity Facts*, 10(3), 207–215. doi:10.1159/000471488. Schulze, M.B., Stefan, N. Metabolically healthy obesity: from epidemiology and mechanisms to clinical implications. *Nat Rev Endocrinol* 20, 633–646 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41574-024-01008-5>

皮下脂肪組織在儲存因能量失衡，而產生多餘熱量時，扮演著重要角色。當面臨熱量過剩時，功能正常的皮下脂肪組織會擴張，以儲存多餘的能量，這個過程也限制了腹部脂肪（內臟脂肪組織）的累積。在皮下脂肪組織功能失調時，產生的脂質溢出，就會儲存在內臟脂肪組織，以及其他正常的瘦組織（心臟、肝臟、骨骼肌、腎臟、胰臟）中，這個過程稱為異位脂肪堆積(ectopic fat deposition) (Després et al., 2021)。

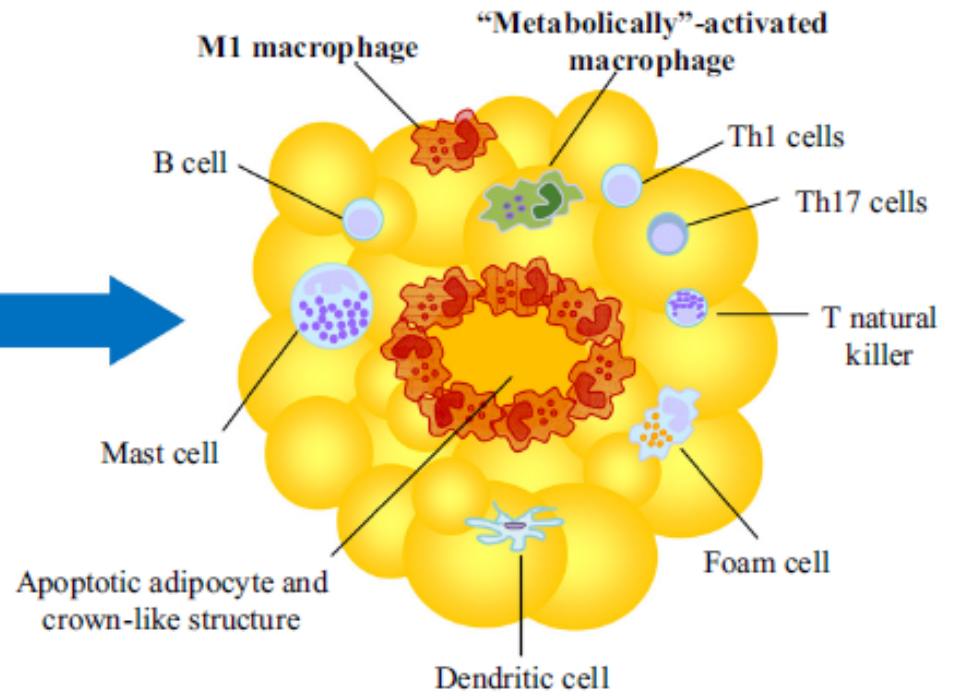


從健康到肥胖，肥胖者**脂肪組織內會增加很多促進發炎的不同免疫細胞**，包括M1巨噬細胞、T細胞等。脂肪組織功能異常指標：脂肪細胞肥大、血管正常增生、增加脂肪細胞凋亡、增加巨噬細胞入侵、**發炎與脂肪組織纖維化** (Kolines et al., 2021; Rodríguez et al., 2015)

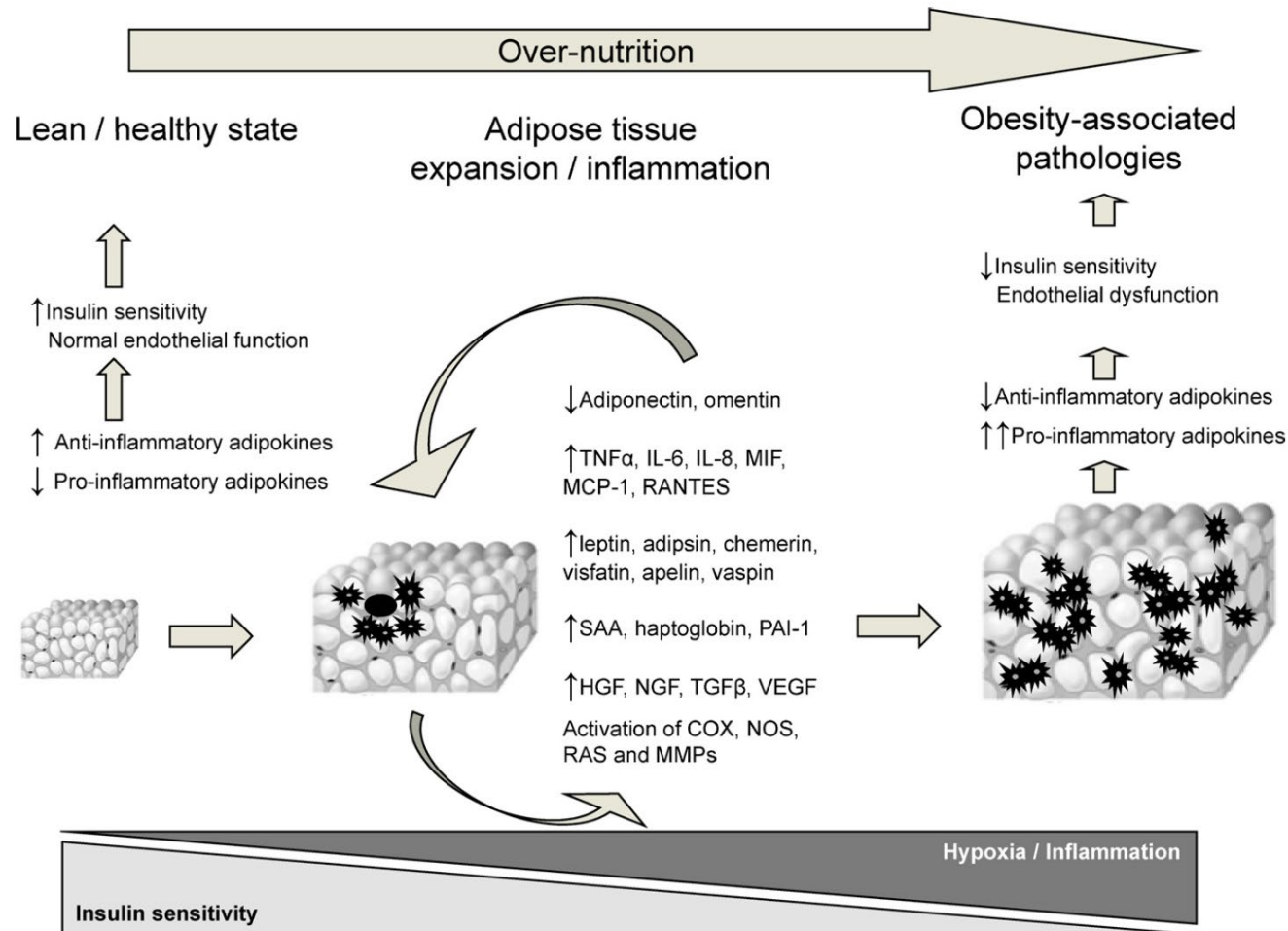
HEALTHY STATE



CHRONIC INFLAMMATION IN OBESITY



體脂肪愈高，入侵脂肪組織發炎細胞就會愈多，脂肪組織因而出現低程度慢性發炎現象 (Karastergiou & Mohamed-Ali, 2010)。

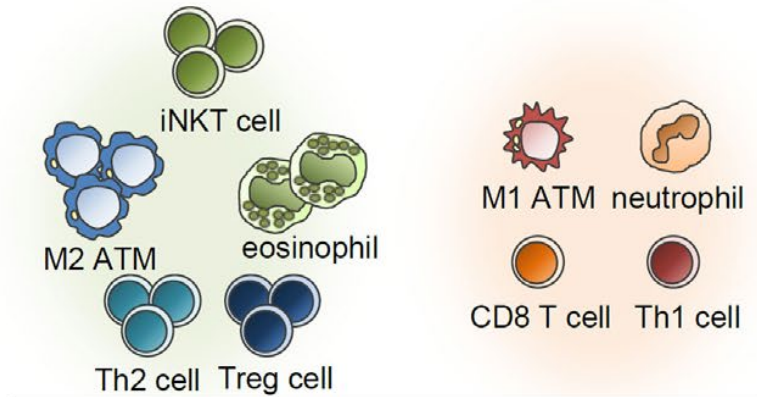


脂肪細胞的促發炎 (proinflammatory) 與抗發炎 (anti-inflammmmatory) 作用

正常體位脂肪組織

Lean adipose tissue

anti-inflammatory \cong pro-inflammatory

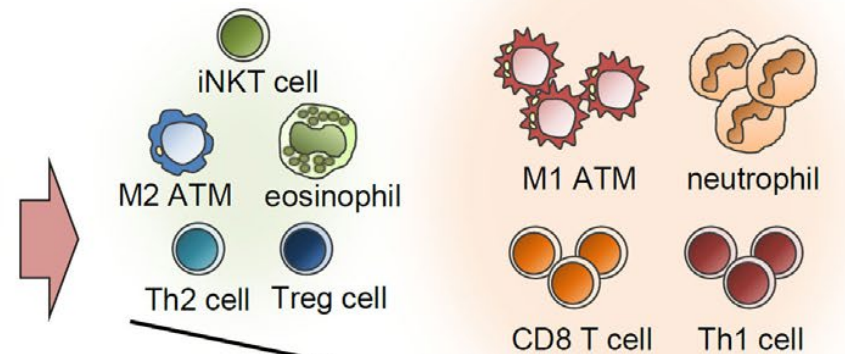


Energy homeostasis

肥胖脂肪組織

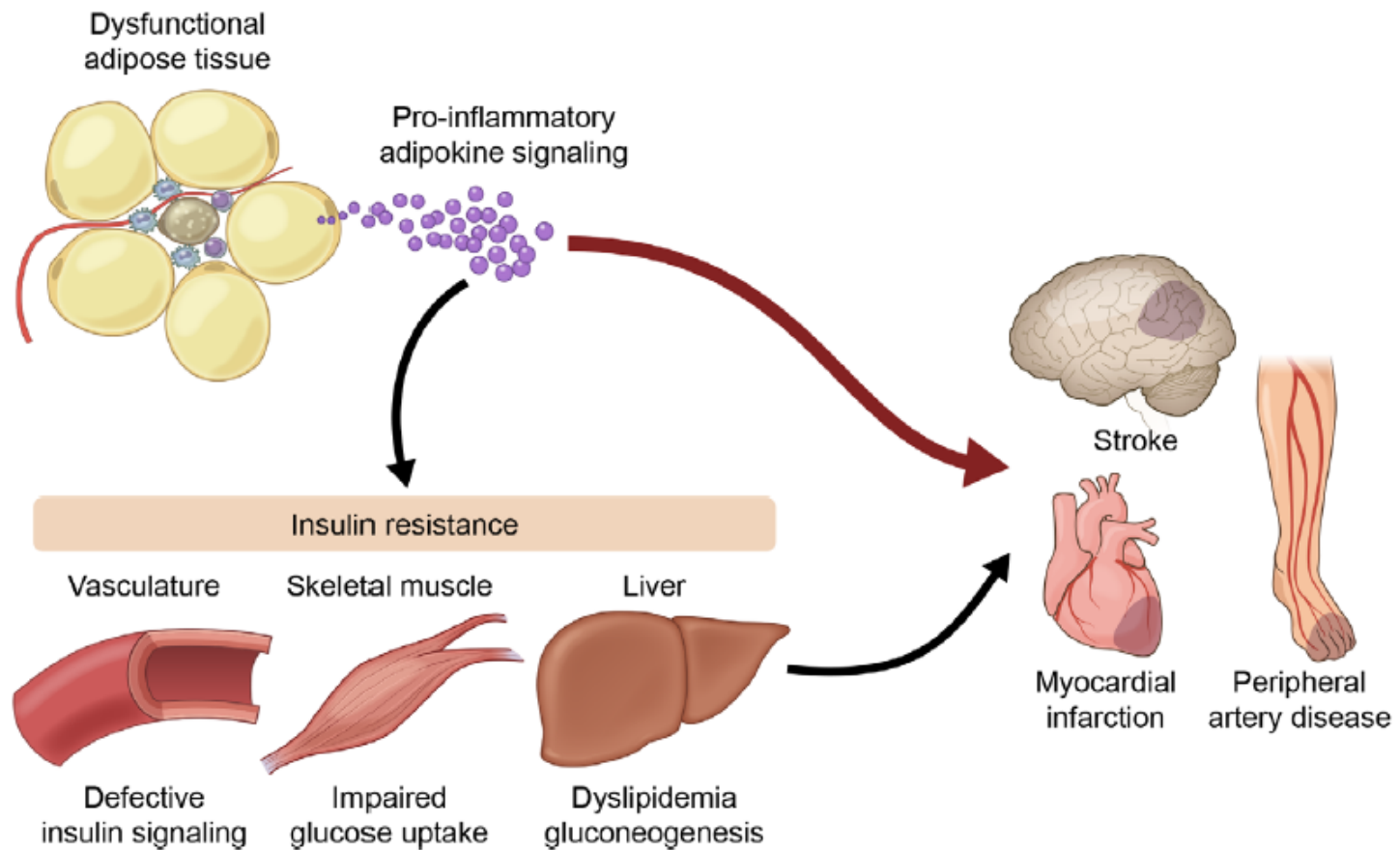
Obese adipose tissue

anti-inflammatory $<$ pro-inflammatory

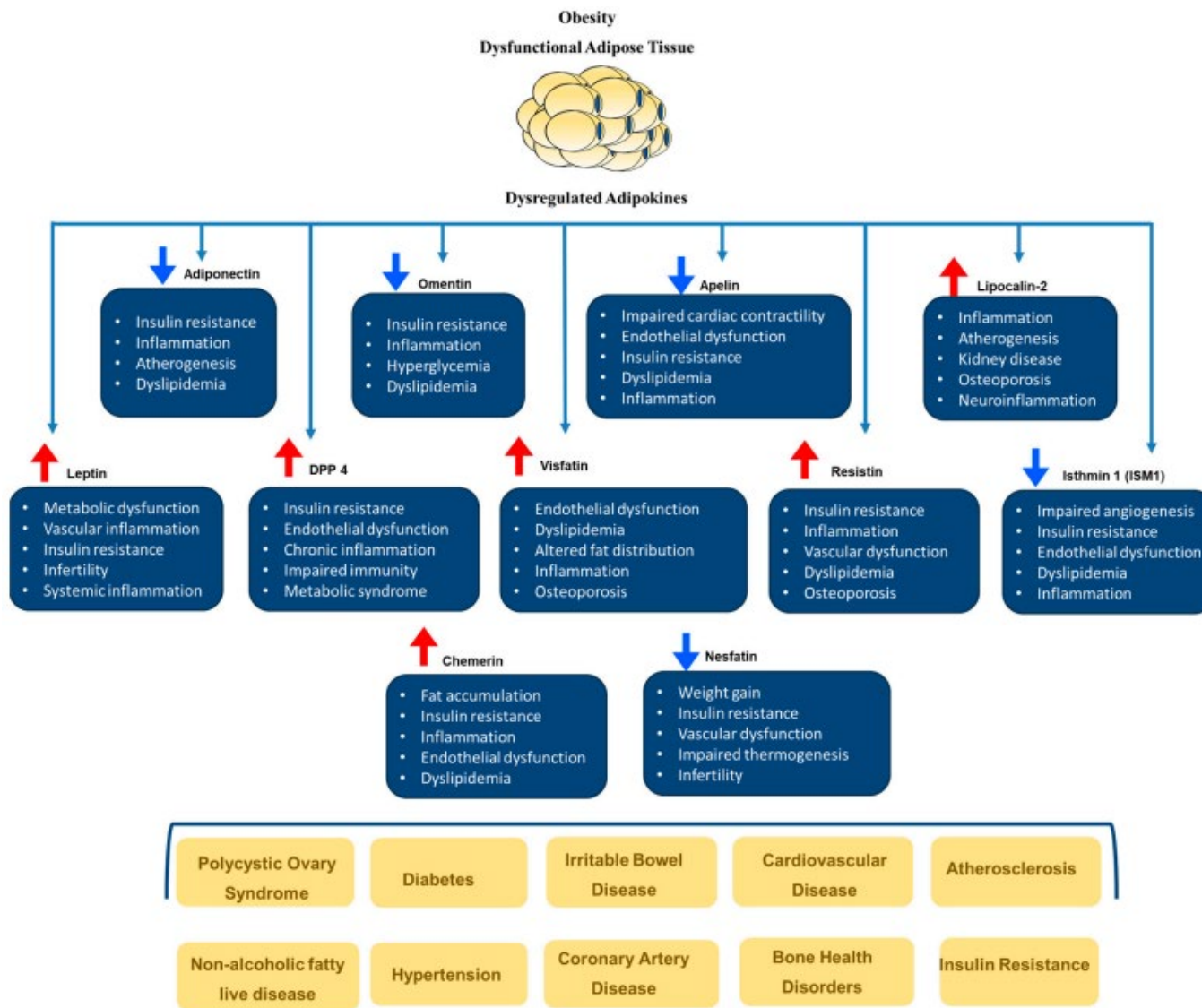


Adipose tissue dysfunction

肥胖產生脂肪組織功能異常，會啟動促發炎脂肪激素分泌，經由血液循環，直接作用在心血管組織上，引發心血管疾病。抗發炎與促發炎脂肪激素(adipokine imbalance) 失衡，同時也會影響到重要的代謝組織器官如肝臟、骨骼肌等的功能與微血管結構，引發胰島素阻抗，間接促進心血管疾病的發展 (Fuster et al., 2016)。

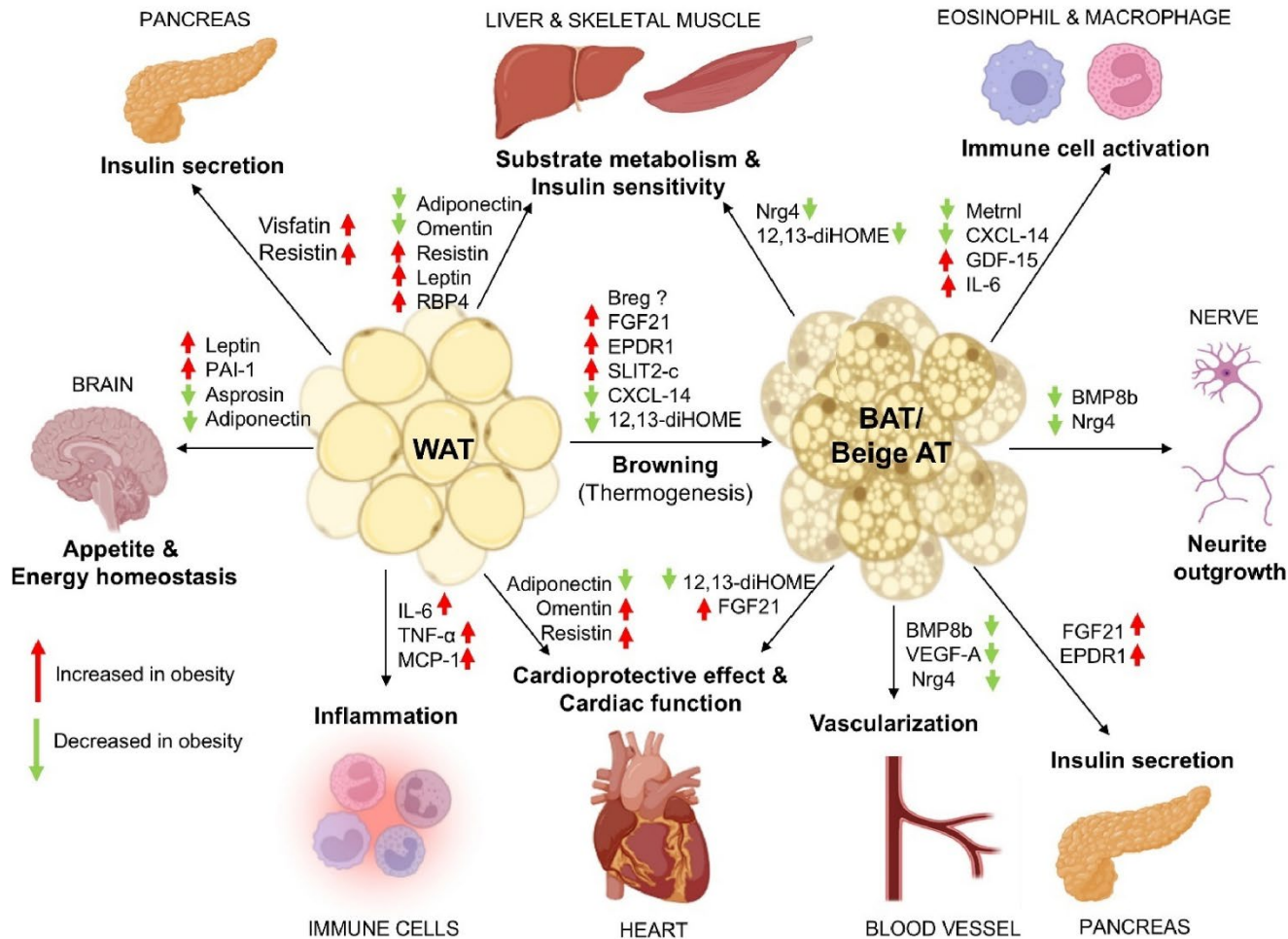


脂肪組織功能失調導致脂肪激素分泌失衡因而發生心臟代謝疾病 (Hemat Jouy et al., 2024)

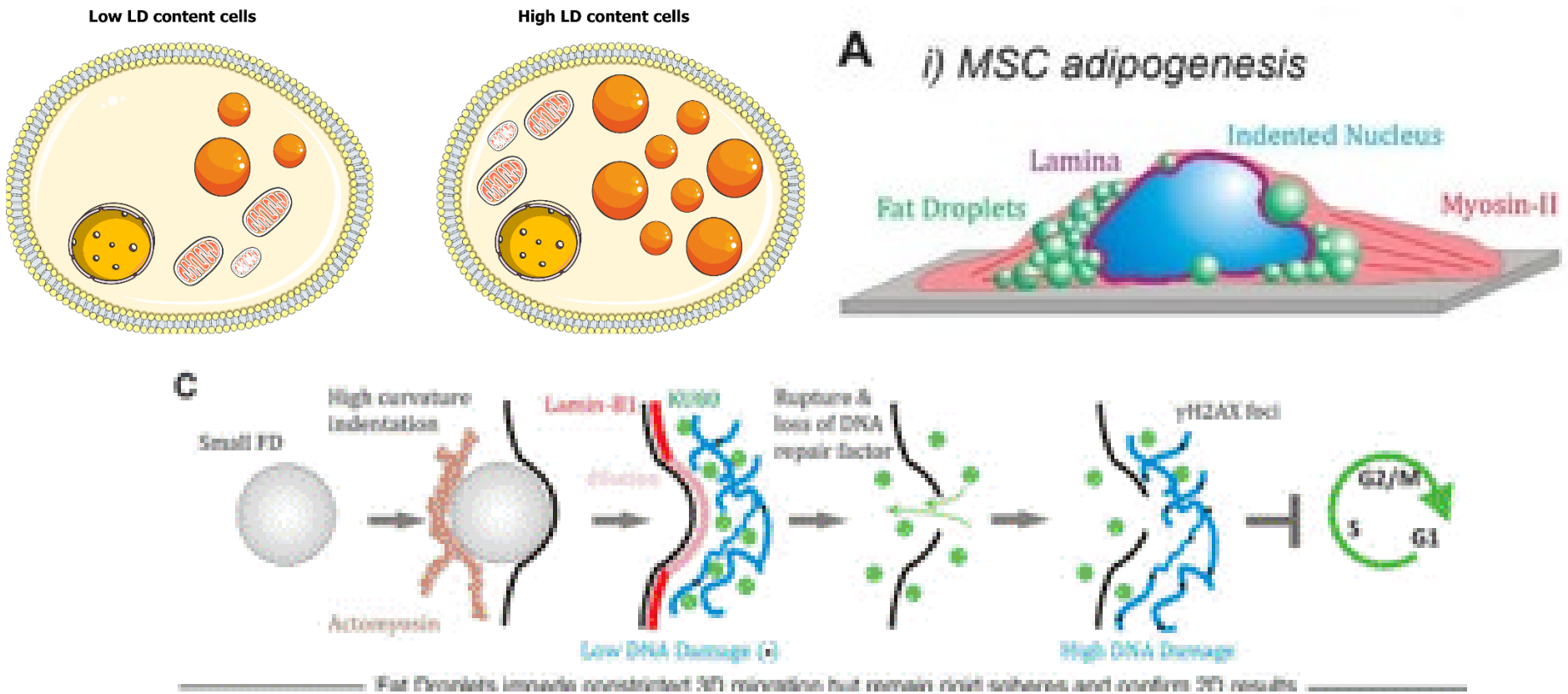


脂肪激素分泌失衡
↓
疾病

白色脂肪組織分泌的脂肪激素和棕色/米色脂肪組織（BAT/Beige AT）分泌的脂肪激素具有生理功能。脂肪激素和棕色脂肪激素作用於各種器官和組織，調節產熱、底物代謝、胰島素分泌、胰島素敏感性、血管生成、免疫細胞募集等生理過程，紅色為肥胖時改變(Ziqubu et al., 2025)。

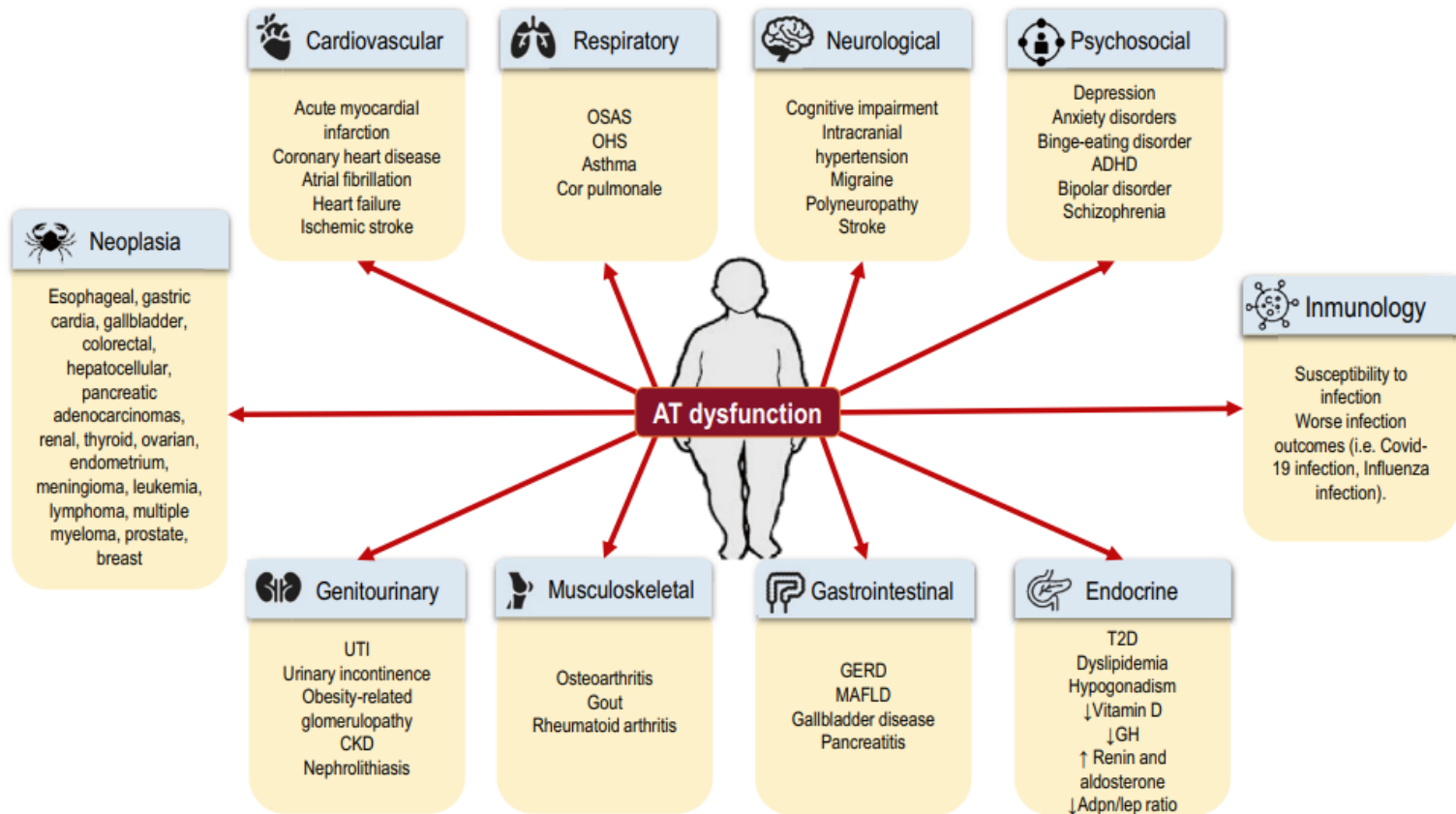


充滿脂滴(droplets)的體細胞，脂滴會使細胞核凹陷(indent)與移位，甚至穿破細胞核膜，細胞核內修護DNA蛋白流散出來，DNA傷害未修護處累積愈來愈多，造成細胞內DNA突變，導致疾病發生 (Ivanovska et al., 2023)



Irena L. Ivanovska, Michael P. Tobin, Tianyi Bai, Lawrence J. Dooling, Dennis E. Discher; Small lipid droplets are rigid enough to indent a nucleus, dilute the lamina, and cause rupture. *J Cell Biol* 7 August 2023; 222 (8): e202208123. doi: <https://doi.org/10.1083/jcb.202208123>
 Royo-García A, Courtois S, Parejo-Alonso B, Espiau-Romera P, Sancho P. Lipid droplets as metabolic determinants for stemness and chemoresistance in cancer. *World J Stem Cells* 2021; 13(9): 1307-1317. DOI: 10.4252/wjsc.v13.i9.1307

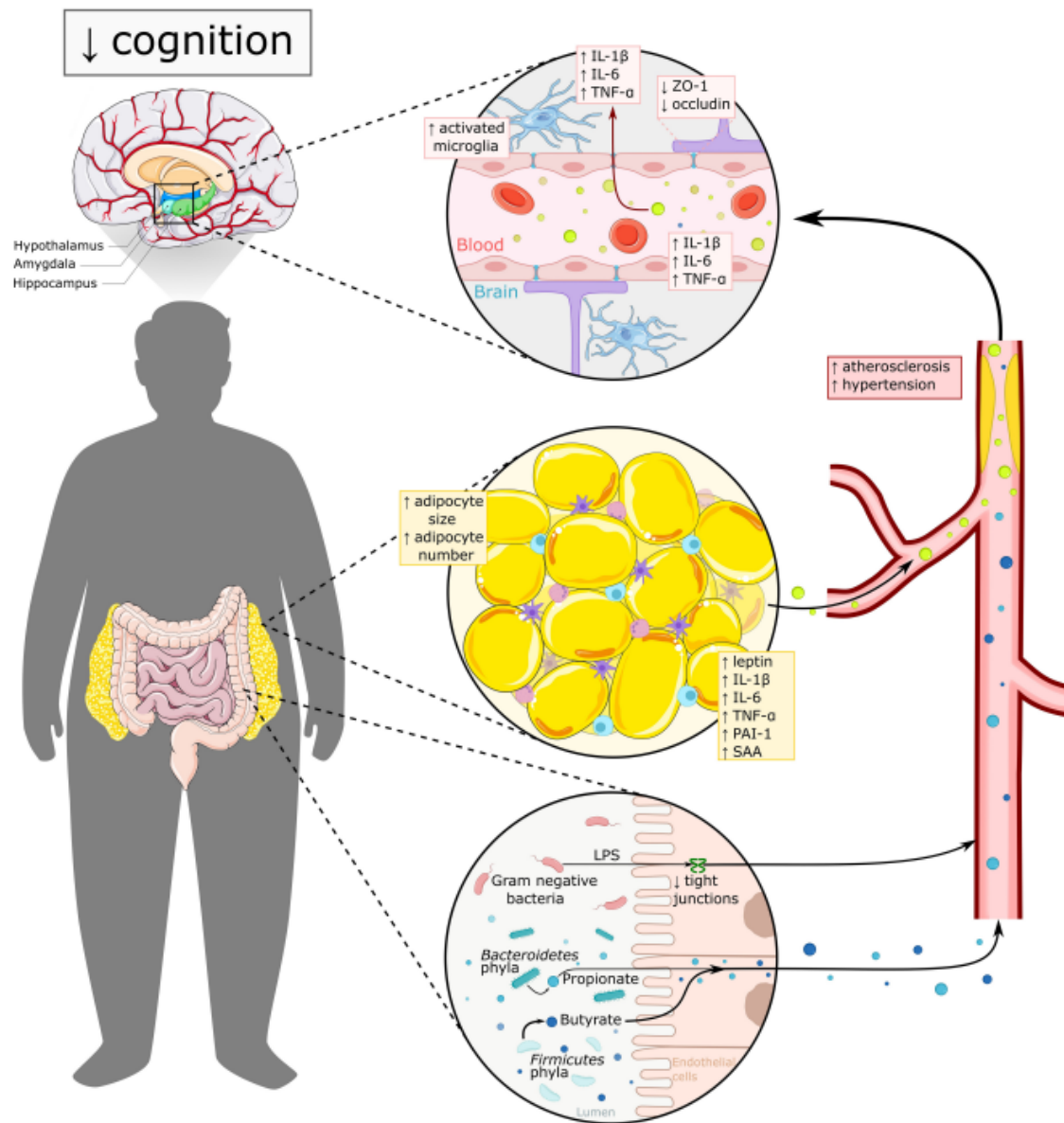
脂肪組織功能失調(adipose tissue dysfunction)的誘發心血管、呼吸系統、神經、免疫、泌尿、肌肉骨骼、腸胃、內分泌與腫瘤等相關多種疾病 (Perdomo et al., 2023)



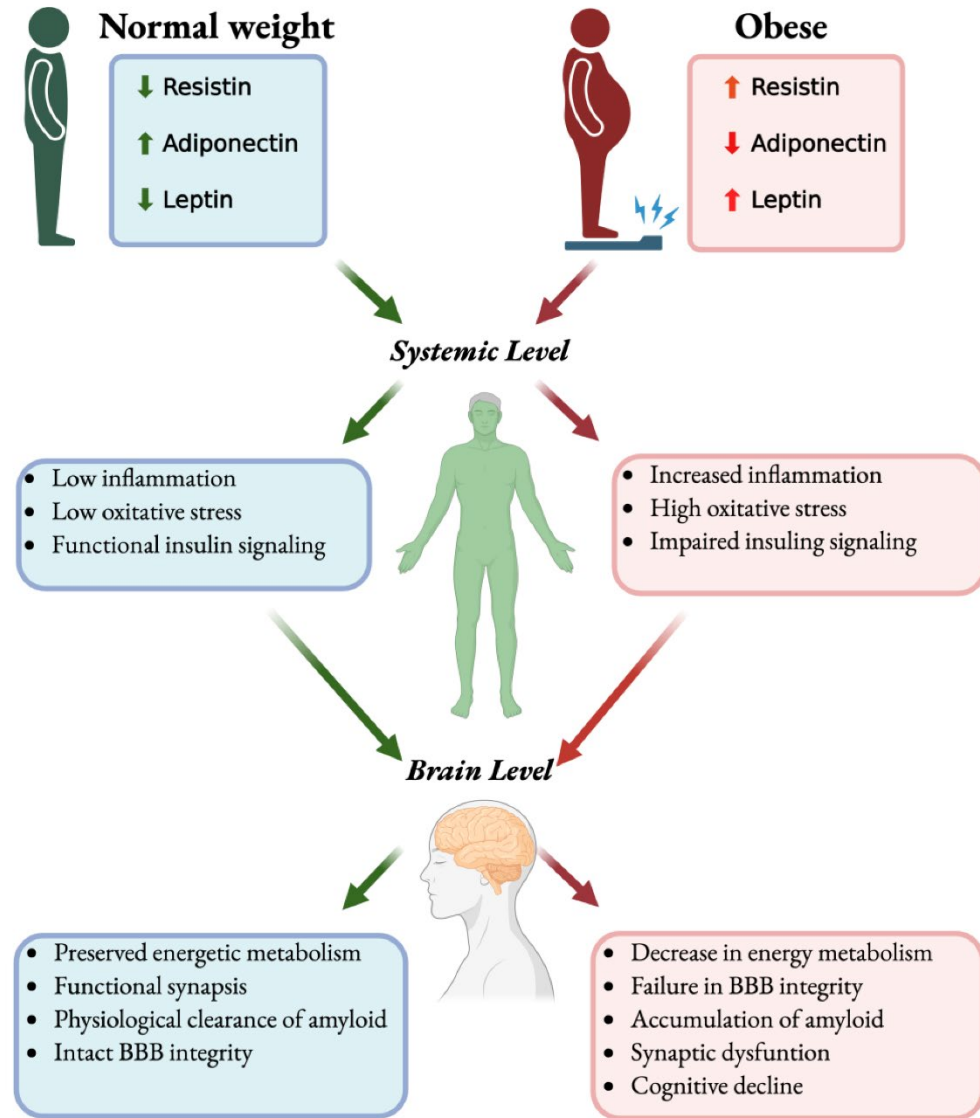
ADHD: attention deficit hyperactivity disorder; Adpn/Lep: adiponectin/leptin; AT: adipose tissue; CKD: chronic kidney disease; GERD: gastroesophageal reflux disease; GH: growth hormone; MAFLD: metabolic associated dysfunction fatty liver disease; OSAS: obstructive sleep apnea syndrome; OHS: obesity hypoventilation syndrome; T2D: type 2 diabetes mellitus; UTI: urinary tract infection

Perdomo CM, Avilés-Olmos I, Dicker D, Frühbeck G. Towards an adiposity-related disease framework for the diagnosis and management of obesity. *Rev Endocr Metab Disord.* 2023 Oct;24(5):795-807. doi: 10.1007/s11154-023-09797-2.

肥胖導致認知障礙的機制。過量的白色脂肪組織和改變的腸道菌叢，都會對大腦功能產生直接和間接的影響。在失衡的 WAT 中，脂肪細胞會在血液循環中分泌促發炎脂肪激素，導致更促發炎的狀態。下視丘、杏仁核和海馬體似乎是最容易受到肥胖影響的區域，這三個區域對認知功能都非常重要 (Olsthoorn et al., 2021)。



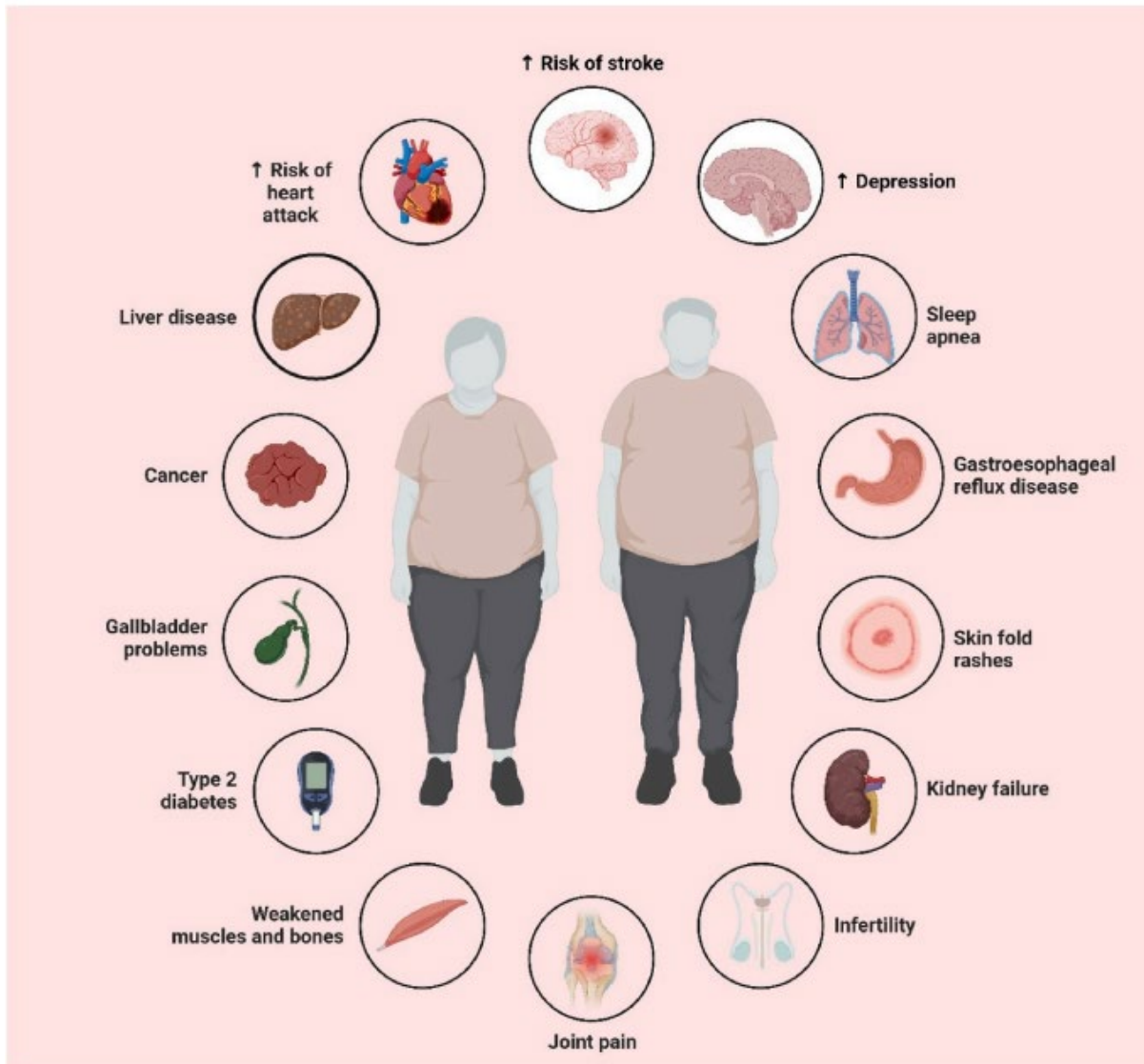
在體重正常的個體（左圖）中，較低的抵抗素、較高的脂聯素和較低的瘦素、全身性發炎和氧化壓力，以及完整的胰島素信號傳導。這些全身性特徵支持大腦穩態、充足的能量代謝、功能性突觸、生理性澱粉樣蛋白清除以及完整的血腦屏障。在肥胖個體（右圖）中，抵抗素和瘦素升高，而脂聯素降低，導致促炎、促氧化環境的形成以及胰島素信號傳導受損。這種全身性狀態會導致與阿茲海默症病理生理學一致的大腦改變，包括能量代謝降低、血腦屏障破壞、澱粉樣蛋白積累、突觸功能障礙和**認知能力下降** (Ormazabal et al., 2025)。



Ormazabal, P., Bastías-Pérez, M., Inestrosa, N. C., & Cisternas, P. (2025). Adipokines at the Metabolic–Brain Interface: Therapeutic Modulation by Antidiabetic Agents and Natural Compounds in Alzheimer’s Disease. *Pharmaceuticals*, 18(10), 1527.

<https://doi.org/10.3390/ph18101527>

肥胖對各種器官健康的廣泛不利的影響 (Ahmed & Mohammed, 2025)



『BMI』 ≠ 脂肪 『數量』

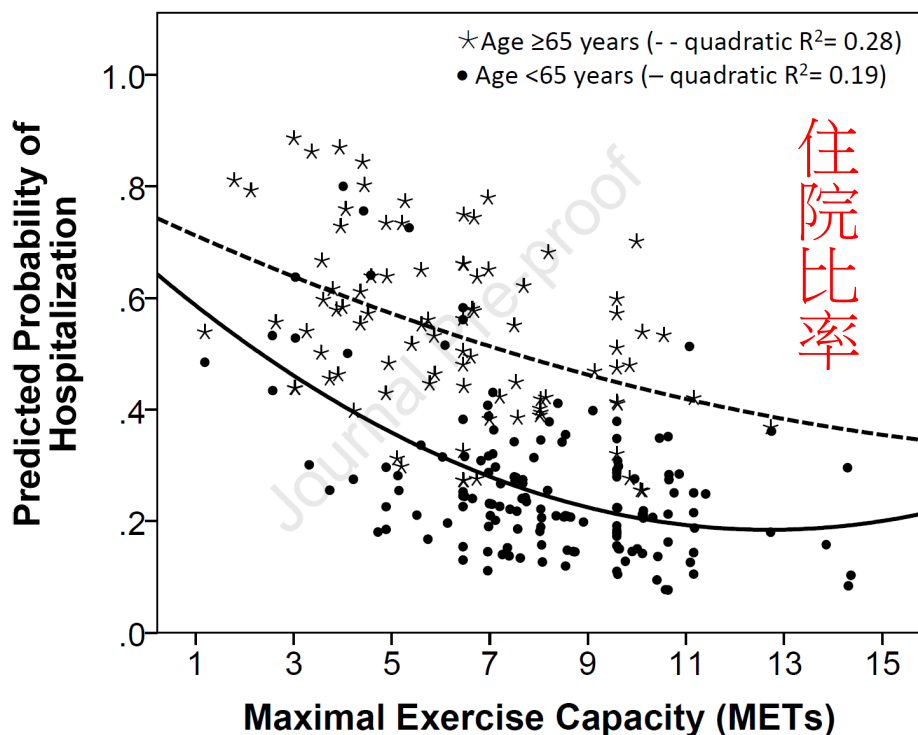
脂肪 『數量』 ≠ 脂肪 『功能』

脂肪 『功能』 健康 = 身體 『健康』

甚麼是脂肪 『功能』 健康的指標？

246 名患者（年齡為 59 ± 12 歲；42% 為男性；75% 為黑人）曾進行運動測試，之後檢測出 COVID-19 呈陽性。高心肺適能(METs) 顯著降低感染 COVID-19 住院風險的現象，不論患者是否年齡年輕或肥胖(body mass index, BMI)，都有此成效 (Brawner et al., 2021)

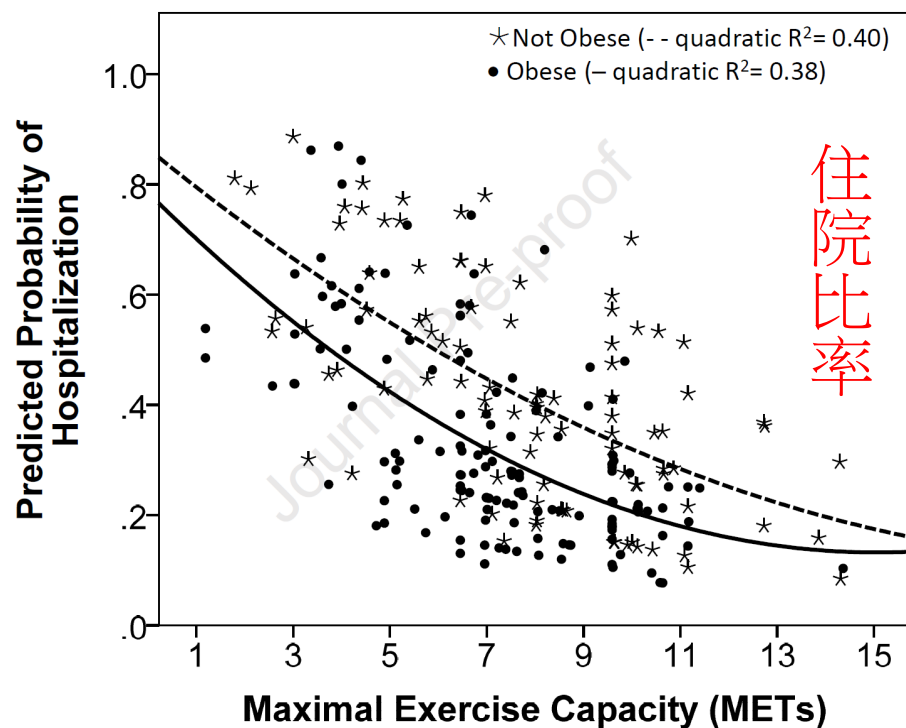
65歲以上或65歲以下



住院比率

心肺適能

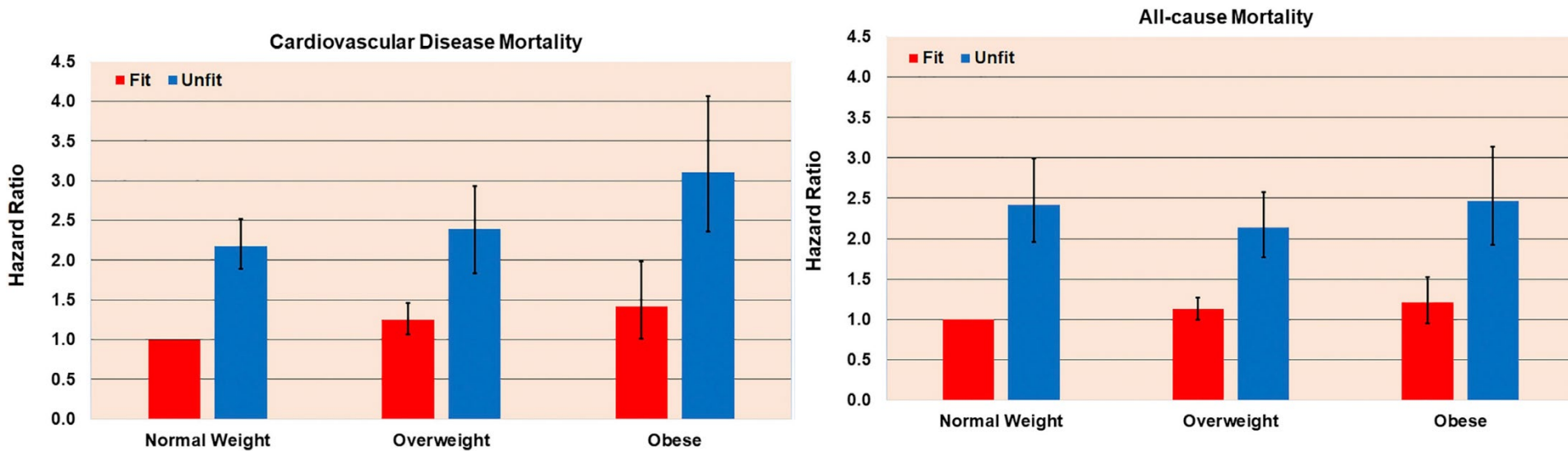
肥胖與非肥胖



住院比率

心肺適能

分別在2014、2018年發表包括18份，且以230,392人為研究對象的兩項大型整合分析研究結論，只要心肺適能佳，體位以BMI為指標過重與肥胖者，死亡風險與體位正常者差異不大 (Gaesser & Angadi, 2021)。

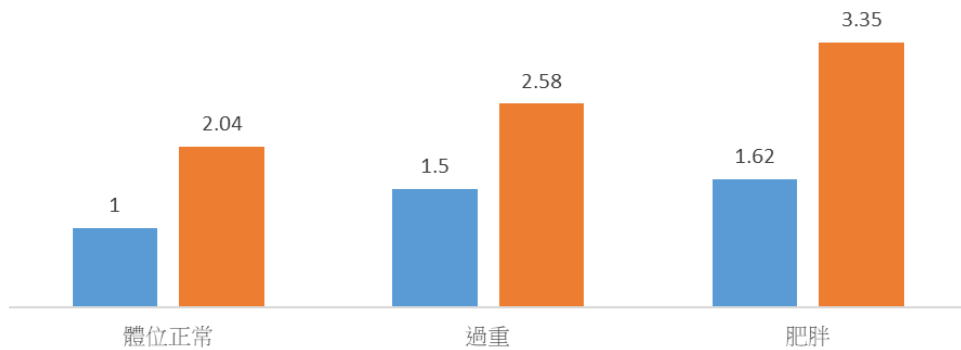


Gaesser, G. A. & Angadi, S. S. (2021). Obesity treatment: Weight loss versus increasing fitness and physical activity for reducing health risks. *iScience*, 24, 102995. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102995>

系統回顧與整合分析20 篇研究報告，包含有 398,716 研究對象，平均年齡和追蹤時間分別為 42.4-64.4 歲和 7.7-26 年。其中 307 385 名為男性（67%）、151399 人為女性（33%）(Weeldreyer et al., 2024)

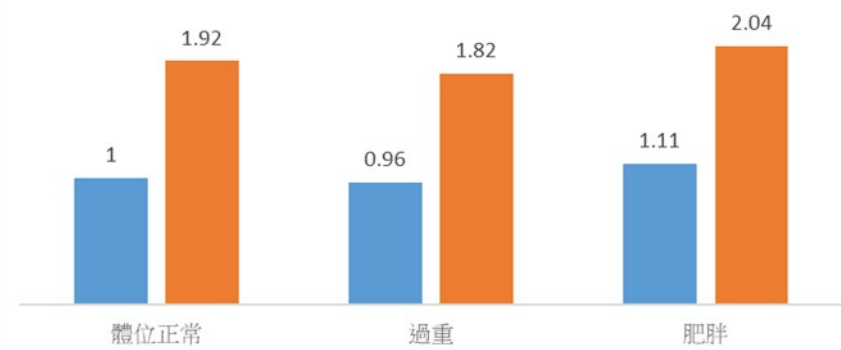
不同體位(BMI)與心肺適能CVD死亡風險之差異

■心肺適能佳 ■心肺適能差



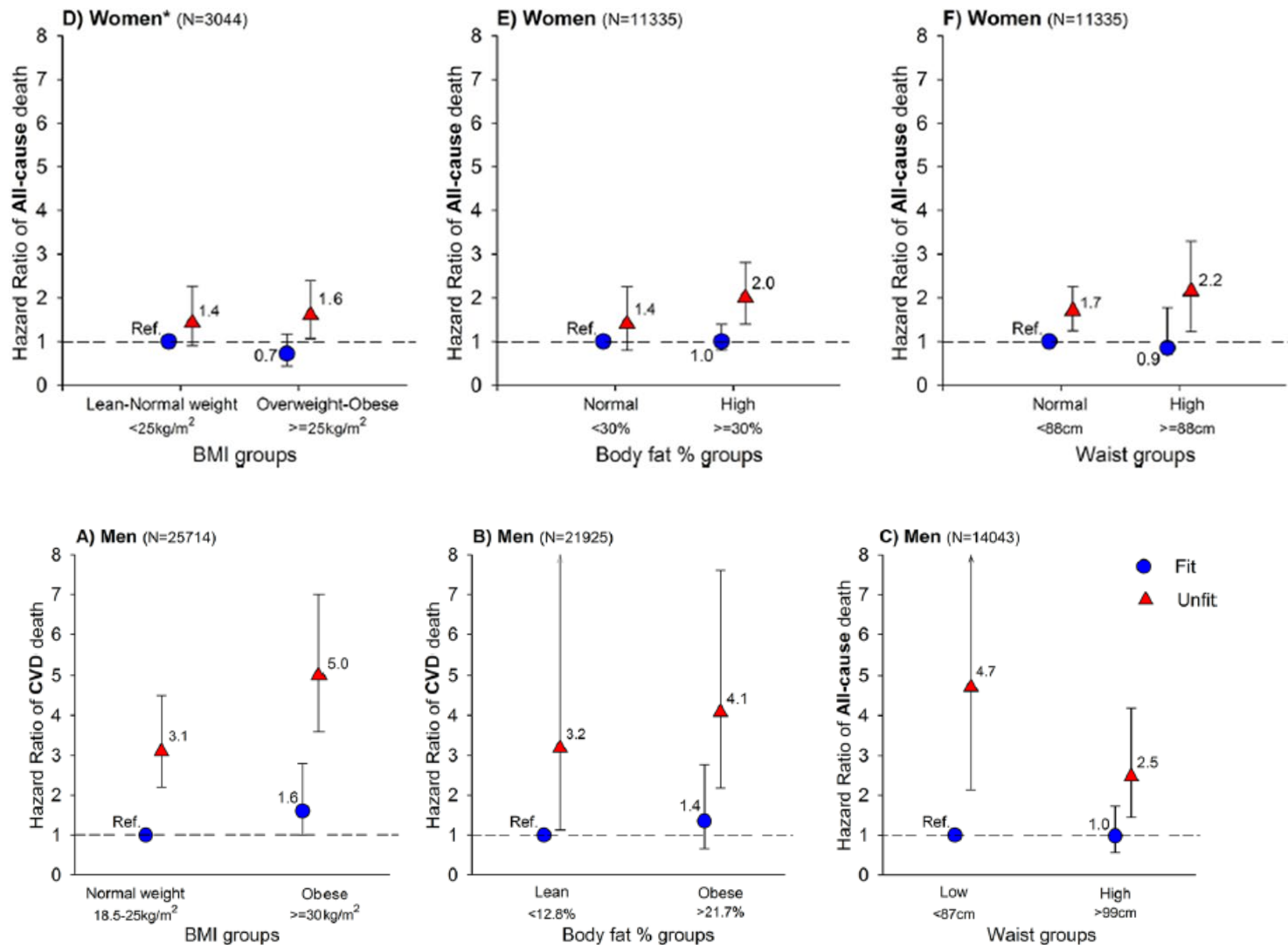
不同體位(BMI)與心肺適能總死亡風險之差異

■心肺適能佳 ■心肺適能差



Weeldreyer NR, De Guzman JC, Paterson C, Allen JD, Gaesser GA, Angadi SS. Cardiorespiratory fitness, body mass index and mortality: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2024 Nov 13;bjssports-2024-108748. doi: 10.1136/bjssports-2024-108748.

不管BMI、體脂肪與腰圍大小，**只要心肺能佳者**，女性、男性
 心血管疾病與總死亡風險都比較低 (Ortega et al., 2018)



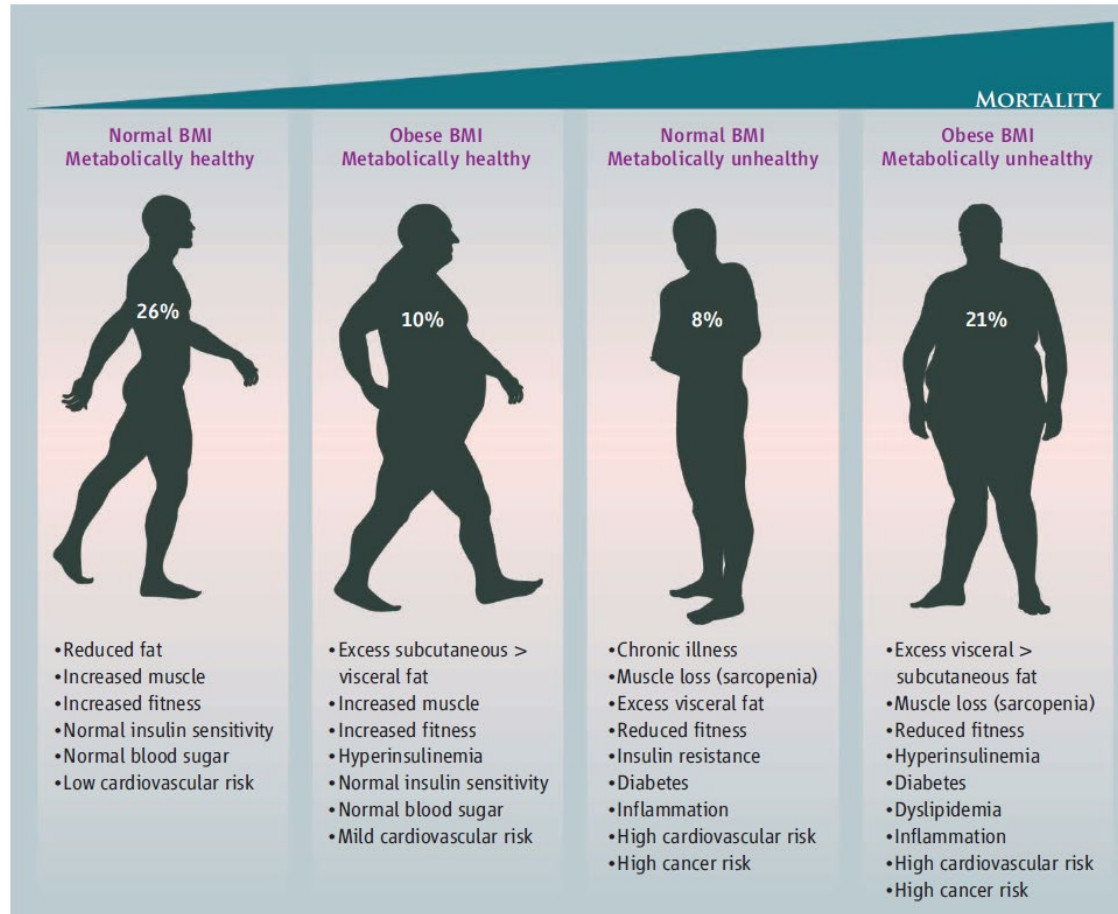
Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Labayen, I., Lavie, C. J., & Blair, S. N. (2018). The Fat but Fit paradox: what we know and don't know about it. *British Journal of Sports Medicine*, 52(3), 151–153. doi:10.1136/bjsports-2016-097400

死亡風險

低



高



正常BMI、
高心肺適能

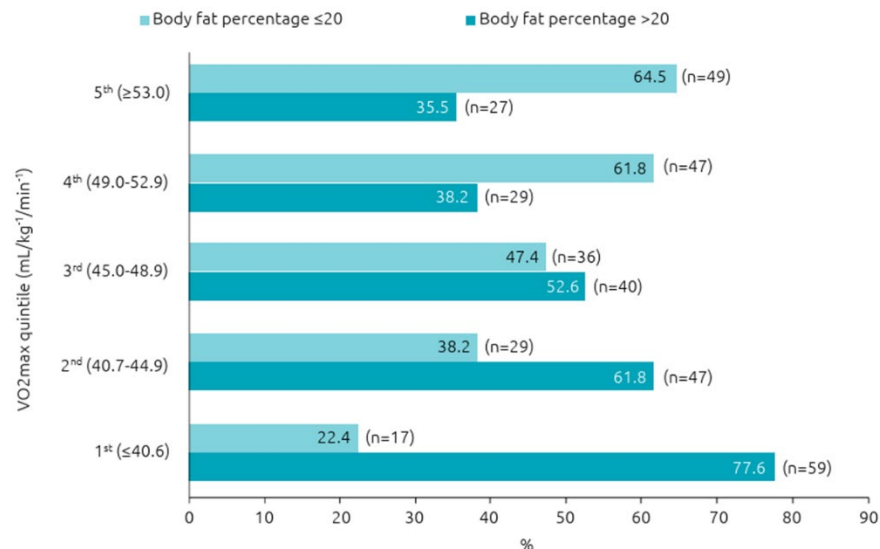
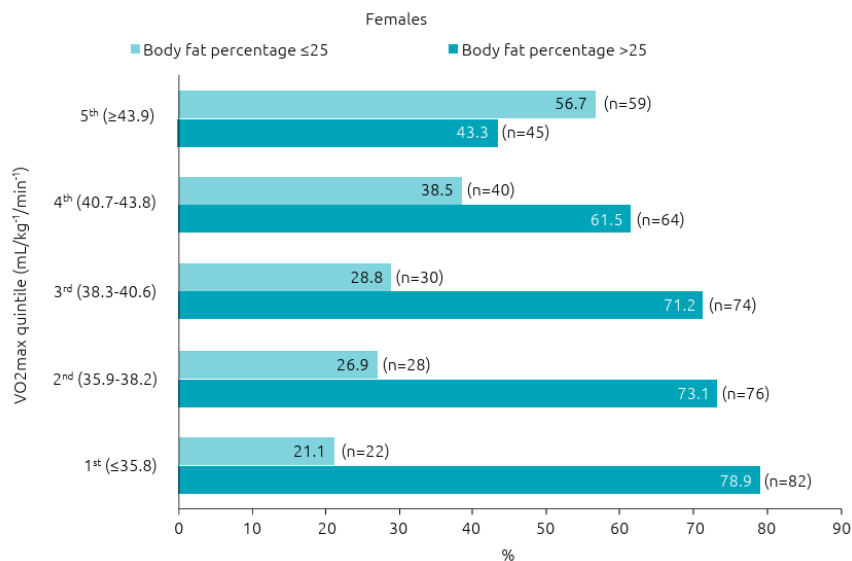
肥胖BMI、
高心肺適能

正常BMI、
低心肺適能

肥胖BMI、
低心肺適能

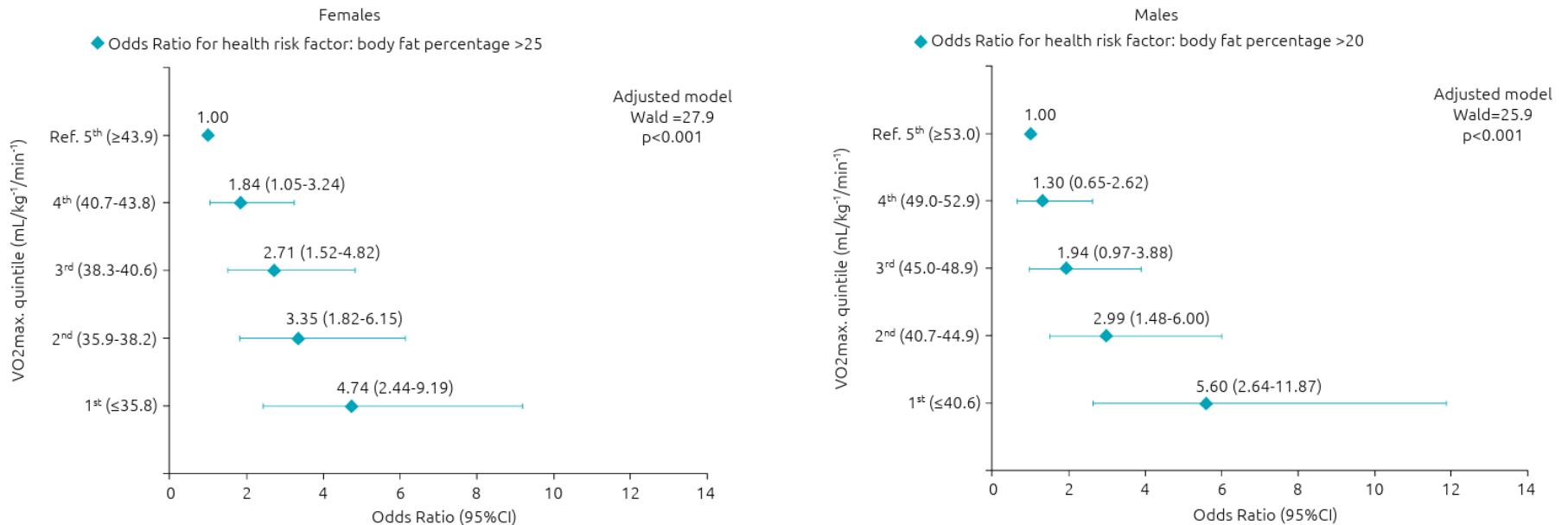
本研究979名年齡10至18.8歲的受試者，其中556名(56.8%)為女孩。以20公尺折返跑測試測定**最大攝氧量(VO_2max)**，並以5分位數(5th最好)和數值進行分析。皮下皺褶方式計算體脂肪百分比(%BF)，女孩BF>25%、男孩BF>20%判定為有健康風險肥胖。 VO_2max 與%BF呈負相關， VO_2max 臨界值對於預測BF風險具有重要意義，有助於採取行動對抗早期肥胖。(Smouter et al., 2019)。

下圖：根據 VO_2max 的5分位數和青少年性別，對體脂百分比低於和高於健康風險水平的情況進行描述性分析。



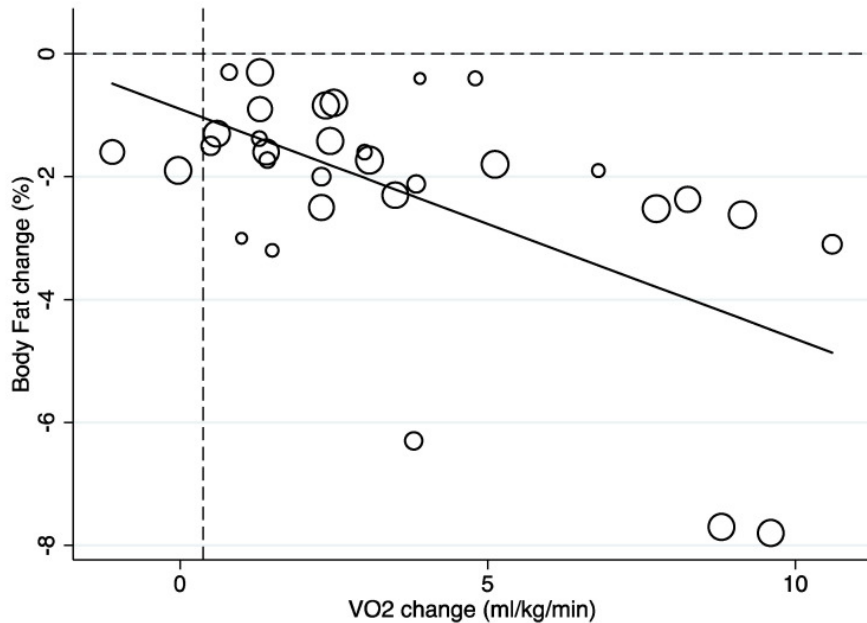
對於女孩，VO₂max 與 %BF 風險呈負相關，從第4個5分位數（OR 1.84）到第 1 個5分位數（OR 4.74）；男孩則從第2個5分位數（OR 2.99）到第 1 個5分位數（OR 5.60）。結果顯示，預測%BF 風險的VO₂max臨界值，女孩為≤40.9 mL/kg/min，男孩為≤44.8 mL/kg/min (Smouter et al., 2019)

下圖：根據最大攝氧量5分位數(5th最好)，並經二元邏輯迴歸分析調整生物成熟階段後，計算青少年體脂肪百分比與健康風險的比值比及其95%信賴區間。

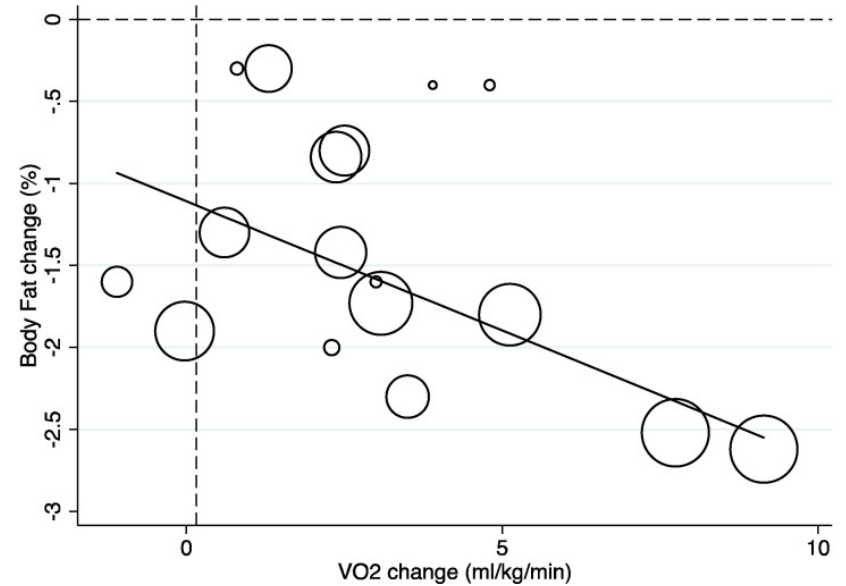


23項隨機對照試驗(RCT) (n = 1790, 59%為女性)。統合分析顯示，心肺耐力 (CRF) 增加至少0.38 mL/kg/min (p < 0.001) 可顯著降低體脂百分比 (-2.30%)。亞組分析顯示，CRF增加至少0.17 mL/kg/min可使體脂百分比降低1.62%。總之，研究人員、青少年專家和醫療保健提供者可參考CRF的變化來評估運動降低體脂的有效性(García-Hermoso et al., 2020)。

所有RCT體脂百分比變化與CRF之間的關係

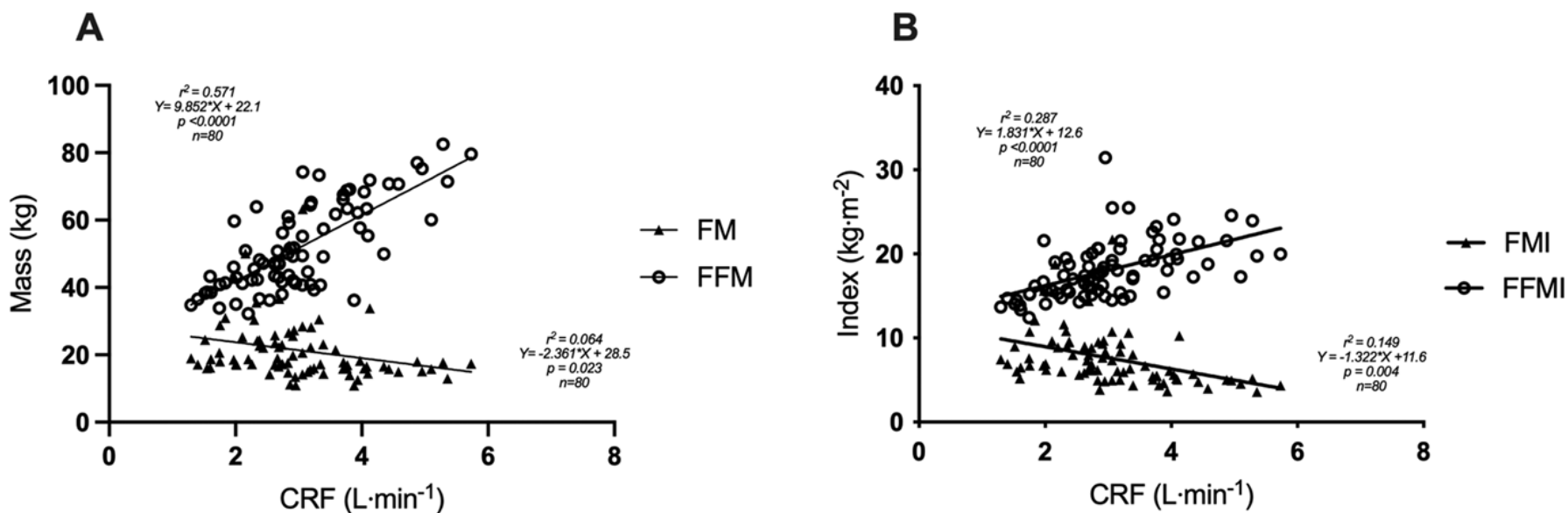


雙能量X射線吸收法或磁共振造影評估體脂百分比變化與直接氣體分析評估CRF的關係

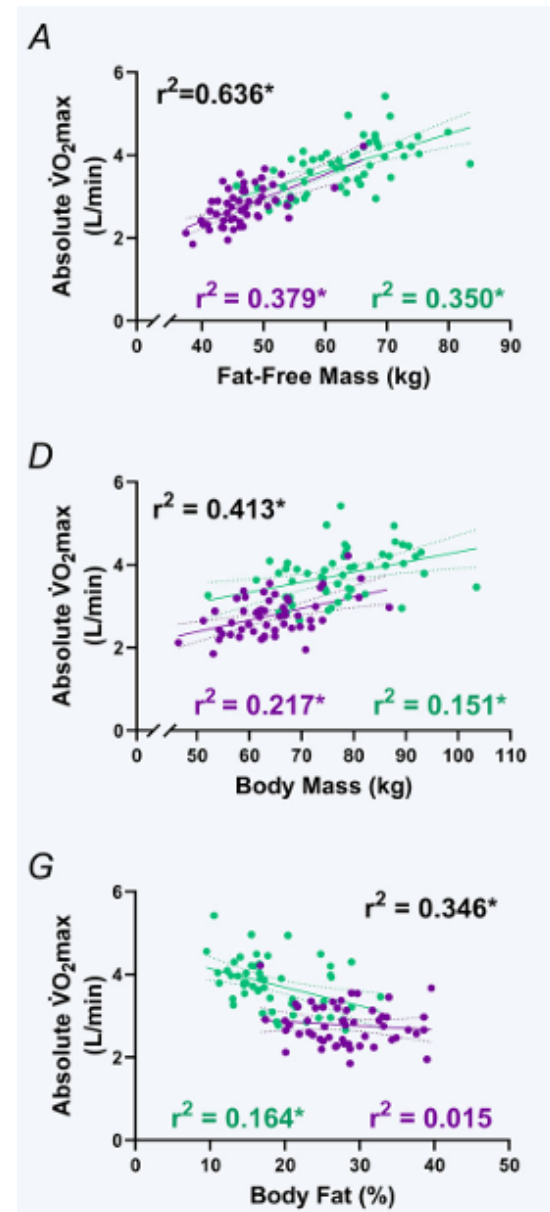


García-Hermoso, A., Izquierdo, M., Alonso-Martínez, A. M., Faigenbaum, A., Olloquequi, J., & Ramírez-Vélez, R. (2020c). Association between Exercise-Induced Changes in Cardiorespiratory Fitness and Adiposity among Overweight and Obese Youth: A Meta-Analysis and Meta-Regression Analysis. *Children (Basel, Switzerland)*, 7(9), 147. <https://doi.org/10.3390/children7090147>

參與者年齡較輕 (24 ± 9 歲)，64%為女性，平均BMI為 25.4 ± 4.9 kg/m²。平均絕對和相對估計最大攝氧量 ($\dot{V}O_2\max$) 分別為 3.02 ± 1.0 L/min和 42.1 ± 12.2 ml/kg/min。脂肪量指數與心肺適能呈負相關。去脂質量指數與心肺適能呈正相關(Popp & Jesch, 2025)。

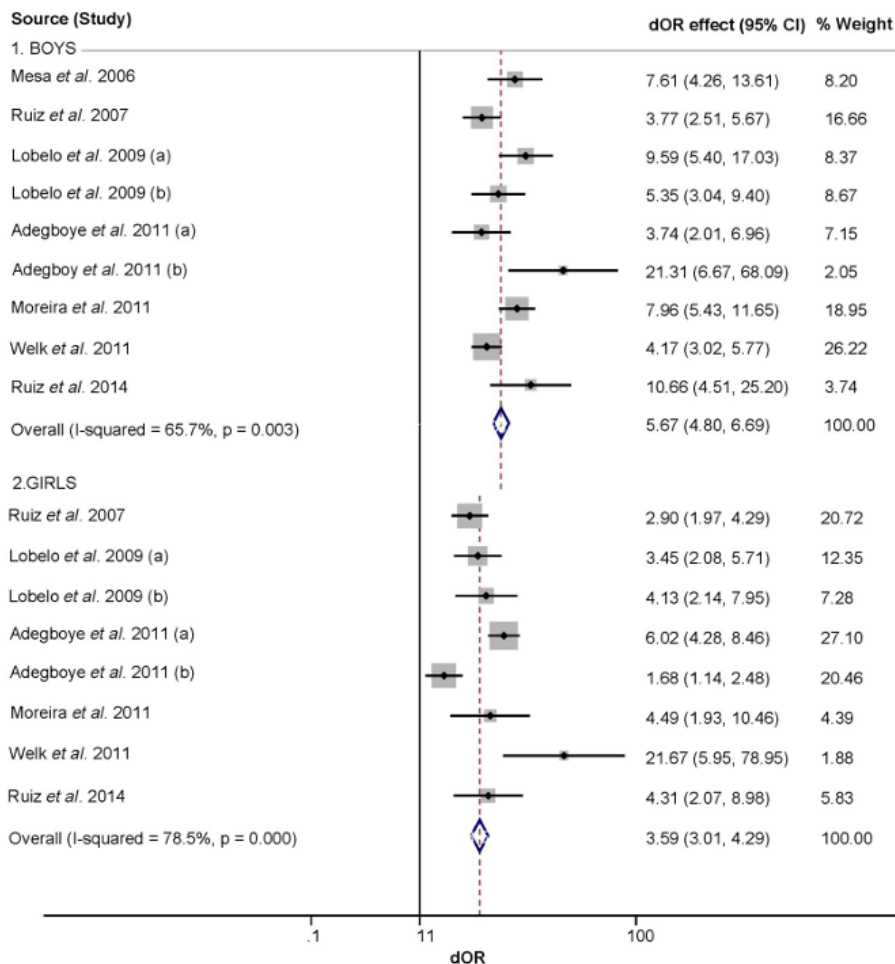


最大 $\dot{V}O_2\max$ (A、D、G)
與去脂體重及體重呈正相關，
與體脂百分比呈負相關
(Tripp et al., 2025)。



7項研究，14個國家的9,280名8至19歲的兒童和青少年（49%為女孩）。男孩（6%至39%）和女孩（6%至86%）均有心血管疾病風險(Ruiz et al., 2016)。

心肺適能(cardiorespiratory fitness, CRF)低 (<41.8 mL/kg/min) 的男孩罹患CVD的風險，是CRF高男孩的5.7倍。CRF低 (<34.6 mL/kg/min) 的女孩3.6倍。與CVD低風險相關的CRF：男孩41.8至47.0 mL/kg/min，女孩34.6至39.5 mL/kg/min。避免CVD風險的心肺適能臨界值，男孩為41.8 mL/kg/min，女孩為34.6 mL/kg/min。結論：男孩和女孩的心肺適能水準分別低於 42 mL/kg/min 和 35 mL/kg/min 時，就應舉起紅旗。這相當於 15 歲男孩和女孩在往返跑測試中分別處於6個和 3 個階段。這些臨界值可以識別出CVD一級和二級預防計畫的兒童和青少年。



Ruiz, J. R., Cavero-Redondo, I., Ortega, F. B., Welk, G. J., Andersen, L. B., & Martinez-Vizcaino, V. (2016). Cardiorespiratory fitness cut points to avoid cardiovascular disease risk in children and adolescents; what level of fitness should raise a red flag? A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(23), 1451–1458. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095903>

系統性回顧納入了9篇研究（7,077名參與者），所有研究的偏誤風險均較低。有高度確鑿的證據證明，心肺適能較低的青少年患代謝症候群的風險顯著更高（OR = 3.63）。低CRF組與中等CRF組相比（OR = 4.23），以及低CRF組與高CRF組相比（OR = 8.03），均觀察到風險增加，評估CRF的方法並不影響上述結果。**結論：高度證據顯示，CRF較低的青少年患MetS的風險顯著更高；因此，必須制定介入策略來提高該人群的CRF程度(Prado et al., 2024)。**

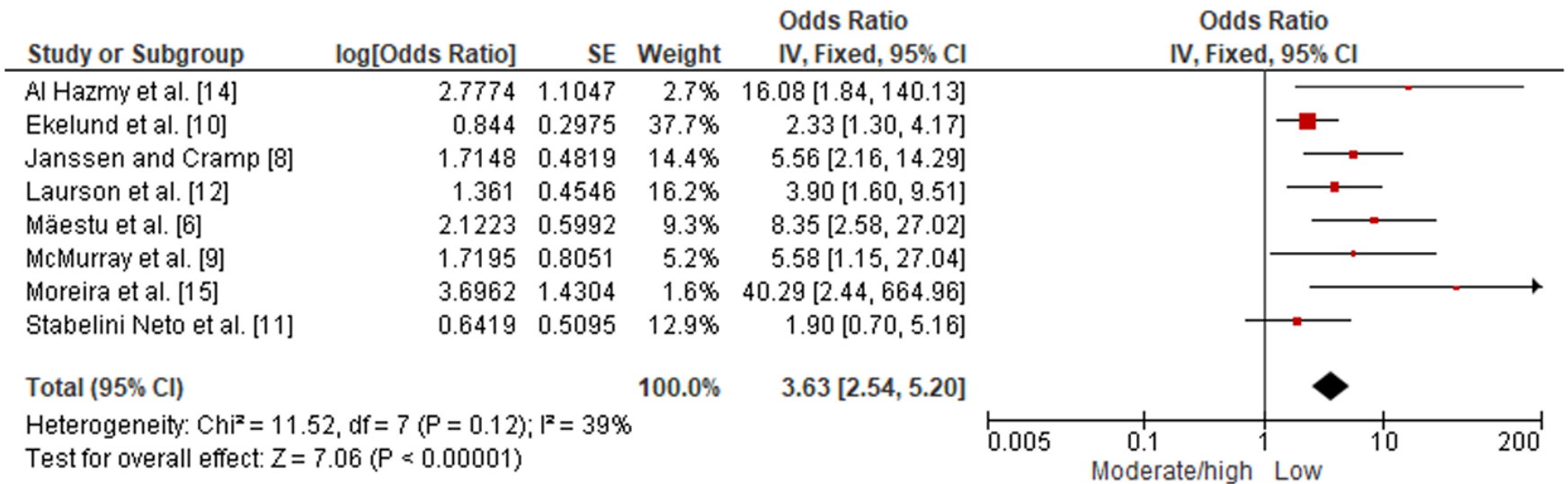


Figure 2. Forest plot of the primary analysis demonstrating the odds ratio for metabolic syndrome among adolescents with moderate/high vs. low cardiorespiratory fitness.

SYSTEMATIC REVIEW

Open Access



Effects of exercise on cardiorespiratory fitness in children and adolescents with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of 72 randomized controlled trials

Jie Men^{1,3*}, Zhengyang Yu¹, Weiqi An¹, Peiling Wang¹, Xinyu Hou¹, Yuxi Zhang¹, Simin Wu¹, Guoyu Zhu¹, Pengbo Wang¹, Chenglong Cui¹, Yu Zhang¹, Jingwen Wang¹, Jiaxin Ding⁴ and Yaoyong Wang^{2,5*}

72 項符合條件的 RCT，**5320 名超重或肥胖的兒童和青少年**（參與者的平均年齡和 BMI 分別為 12.93 ± 2.47 歲和 28.08 ± 4.74 kg/m^2 ）（Men et al., 2025）。

- 與對照組相比，運動可以顯著改善 BMI（MD $-1.14[-1.57,-0.71]$ kg/m^2 ）、最大攝氧量（MD： $2.43[1.51,3.34]$ $\text{ml kg}^{-1} \text{min}^{-1}$ ）、峰值攝氧量（MD $2.06[1.12,2.99]$ $\text{ml kg}^{-1} \text{min}^{-1}$ ）、收縮壓（MD $-3.16[-5.00,-1.31]$ mmHg ）、舒張壓（MD $-1.38[-2.13,-0.63]$ mmHg ）和靜止心率（MD $-3.23[-4.70,-1.76]$ bpm ）。
- 結論與啟示：**運動是改善兒童和青少年因超重和肥胖導致的心肺功能低下的有效手段。持續時間 ≤ 12 週、每週 ≥ 3 次、每次 ≤ 60 分鐘的運動方案與心肺功能的顯著改善有關。與傳統運動方案相比，合併有計畫性的運動或中高強度間歇訓練產生較好的改善效果。此外，運動期間需要更嚴格的監督。**

Men, J., Yu, Z., An, W. et al. Effects of exercise on cardiorespiratory fitness in children and adolescents with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of 72 randomized controlled trials. BMC Public Health 25, 3899 (2025).

<https://doi.org/10.1186/s12889-025-25254-y>

心肺適能對認知與學業表現之影響

Physical Fitness, Obesity, and Academic Achievement in Schoolchildren

- 橫斷面研究西班牙昆卡市的893名9至11歲的學齡兒童。資料收集時間為2010年9月至11月。我們測量了兒童的學業成績（幾門核心科目的平均成績）、體能（心肺功能、肌肉力量和速度/敏捷性）、體重、身高和父母受教育程度。採用多元邏輯迴歸模型，在控制潛在混雜因素後，估計了學業成績處於較高四分位數的機率。
- 結果：整體而言，學業成績與體能水準呈正相關。
 1. 肥胖男孩的學業成績低於超重或體重正常的男孩。
 2. 控制干擾因素後，良好的CRF和速度/敏捷性水準與較高的學業成績相關（OR 分別為 3.06；95% CI，1.35-6.91；P = .007 和 4.25；95% CI，1.91-9.44；P < .001）。
- 結論：學業成功與較高的體能水準相關。學校應考慮將提高學生體能的策略納入其提高學業成績的整體策略中。

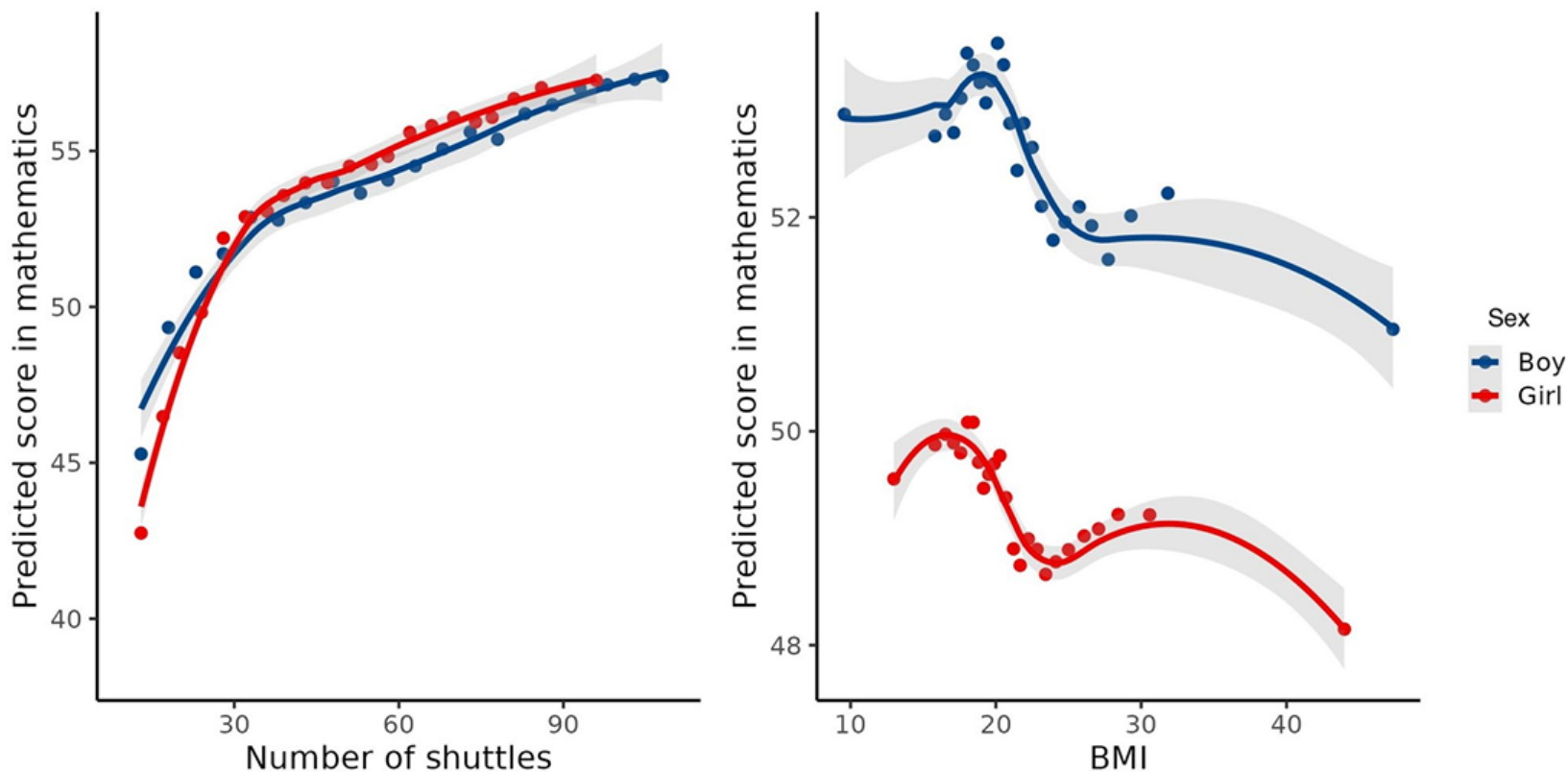
The prediction model of academic achievement based on cardiorespiratory fitness and BMI status for ninth-grade students



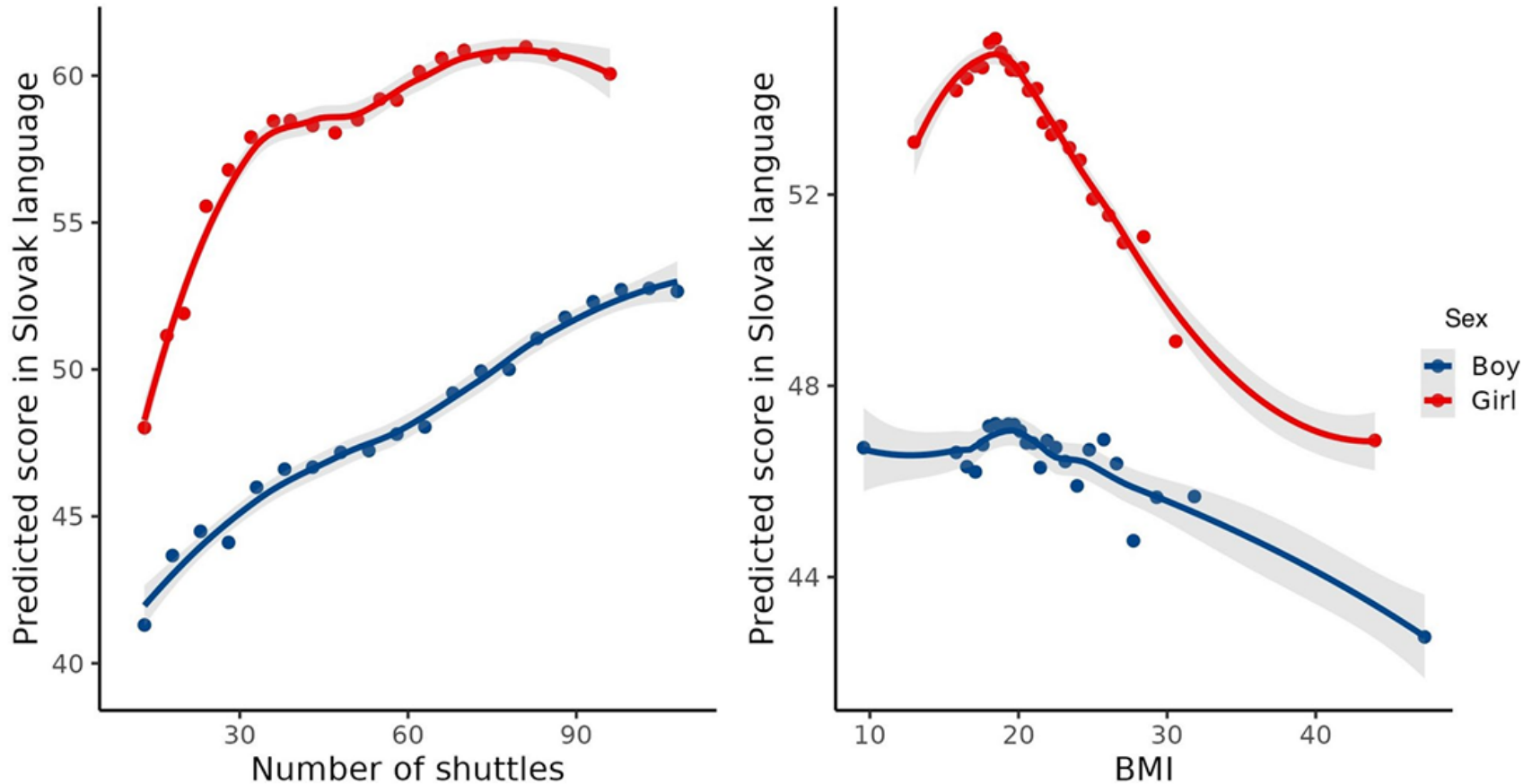
斯洛伐克**341**所公立學校的**6,530**名青少年，在2022-2023學年，進行標準的能力測試，評估其數學和母語（斯洛伐克語）的學業成績、心肺適能(cardiorespiratory fitness, CRF)和體重指數（BMI）的相關研究(Bielik et al., 2025)。

- 結果：符合國際CRF和BMI標準的青少年比超重或肥胖的體能較差的學生更有可能獲得更高的學業成績。
- CRF良好且BMI正常的男孩來說，數學方面獲得最高學業成績的機率比肥胖的CRF較差的男孩高出**165%**，在母語方面高出**484%**。
- 與CRF良好且體重正常的青少年相比，CRF較差的肥胖男孩和CRF較差的超重女孩，數學方面取得最高學業成就的機率顯著降低。
- 研究結果證實CRF一個學業成就的重要預測因子。

圖示：預測數學成績值（y軸）與兩個關鍵預測變數之間的關係：20公尺折返跑的完成圈數（左圖）和體重指數（BMI）（右圖）(Bielik et al., 2025)。



圖示：預測斯洛伐克語成績（y軸）與兩個關鍵預測變數之間的關係：20公尺折返跑完成的圈數（左圖）和體重指數（BMI）（右圖）(Bielik et al., 2025)。



每個預測因子的重要性使用 Variable IMPortance (VIMP)指標進行量化，該指標顯示在 x 軸上。VIMP 值越高，表示此預測因子在預測模型中的重要性越大(Bielik et al., 2025)。

來回跑趟數(CRF)

城鎮

區域

學校

身體質量指數BMI

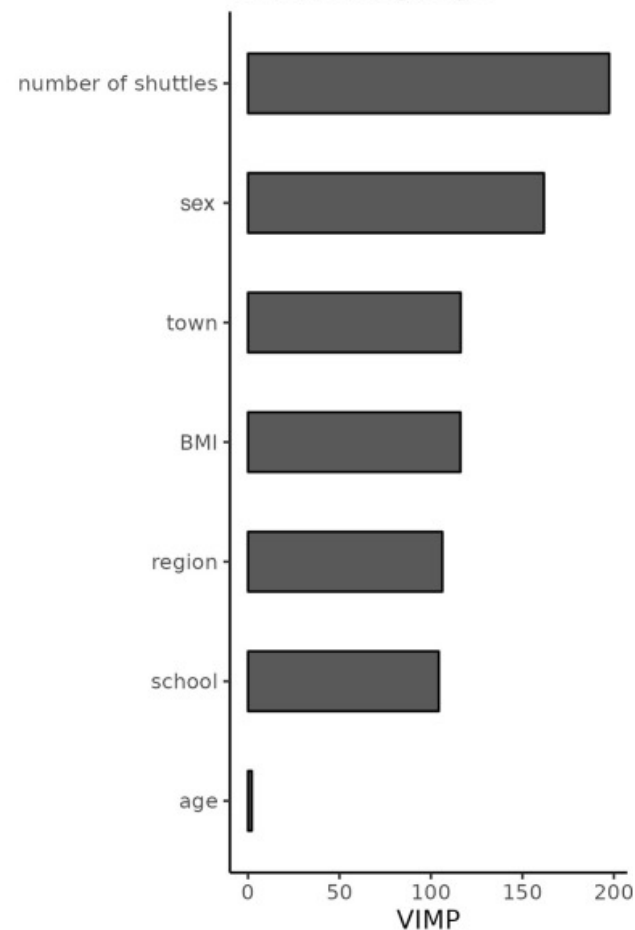
性別

年齡

Mathematics



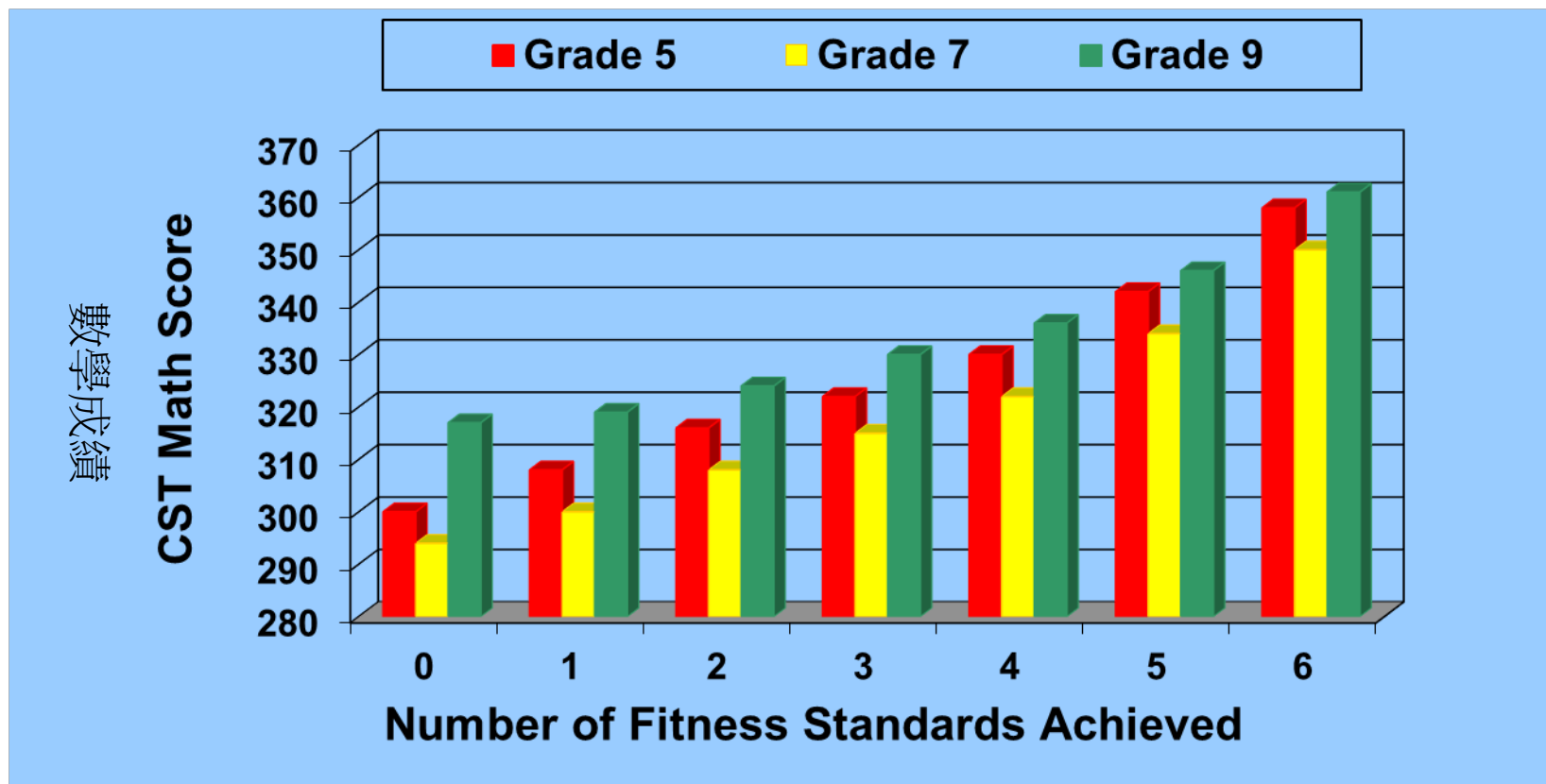
Slovak language





2004美國加州 學生數學成績與體能程度

Grade 5 – 371,198 Students
Grade 7 – 366,278 Students
Grade 9 – 63,028 Students**



*California Standards Test

體能程度

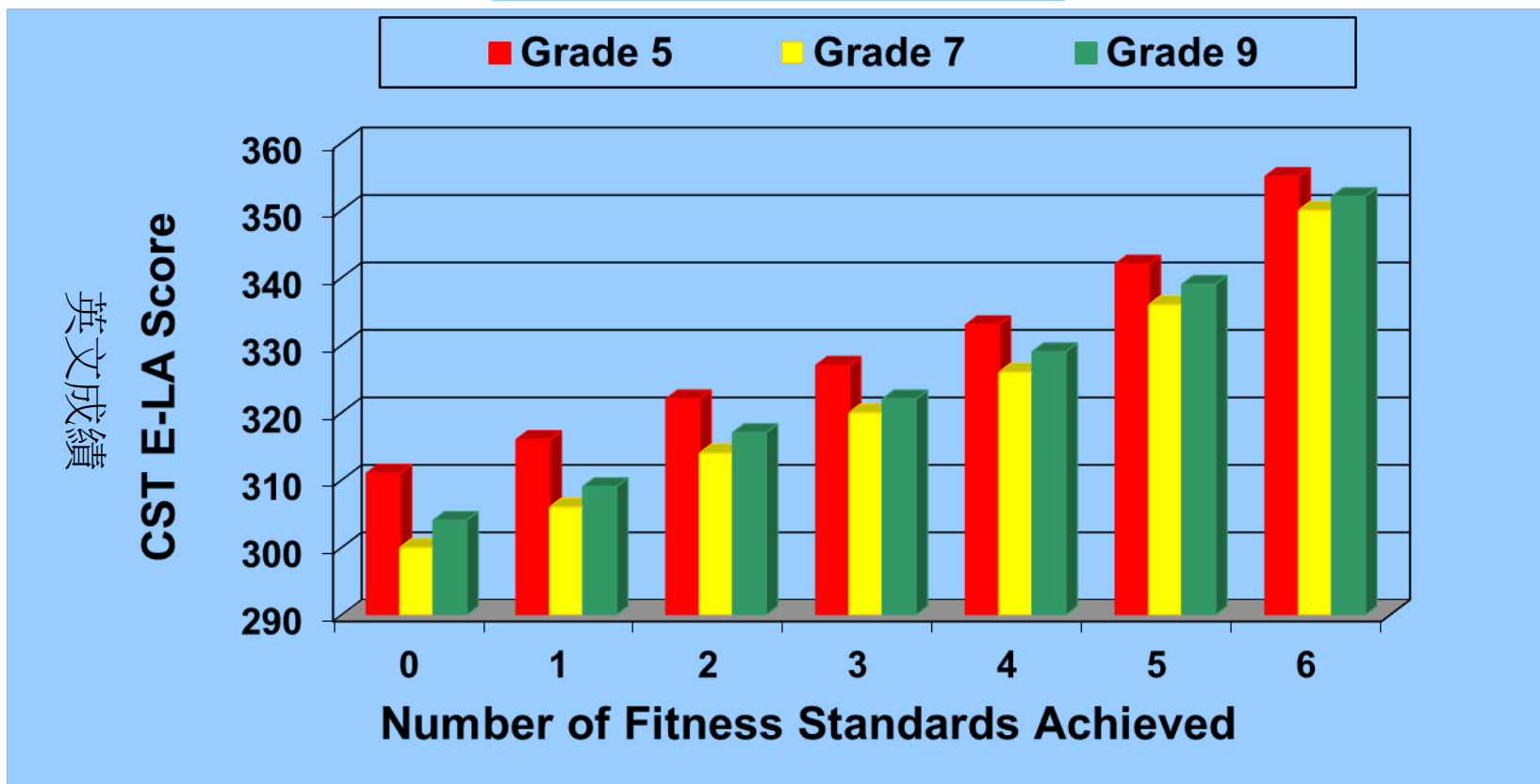
** Grade 9 Students who took CST geometry

Source: California Physical Fitness Test, 2004 Results, Calif. Dept. of Ed., April 2005



2004美國加州 學生英文成績與體能程度

Grade 5 – 371,198 Students
Grade 7 – 366,278 Students
Grade 9 – 298,910 Students

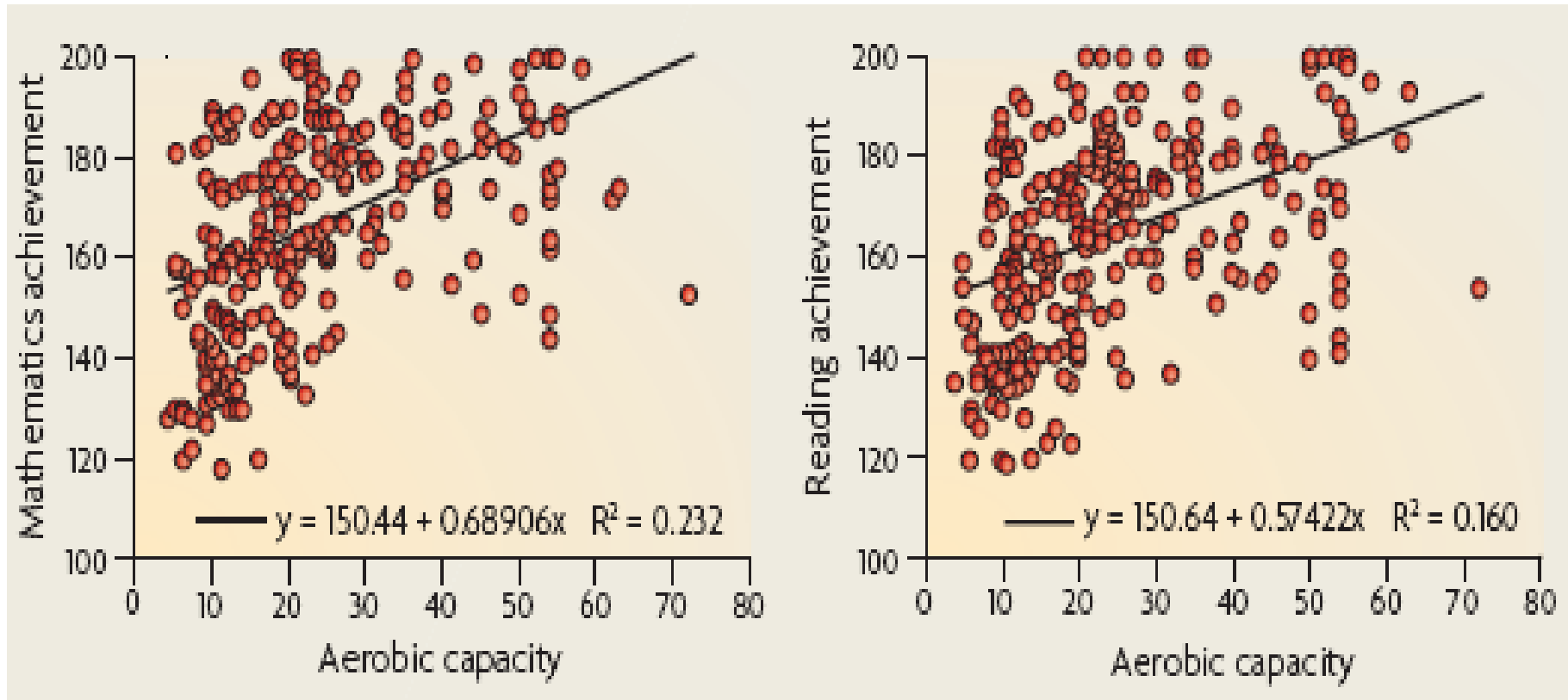


*California Standards Test

體能程度

Source: California Physical Fitness Test, 2004 Results, Calif. Dept. of Ed., April 2005

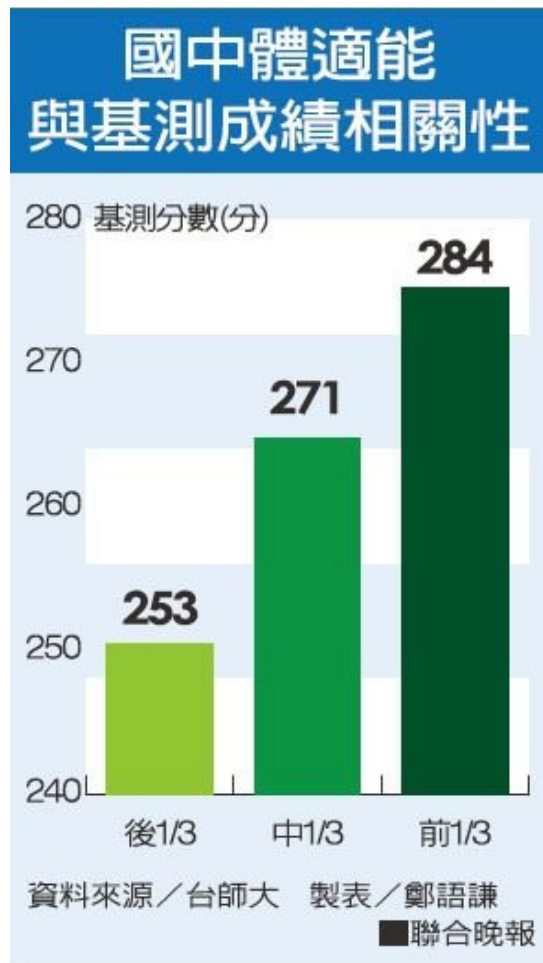
學生數學與閱讀承繼表現與心肺適能成正比 (Hillman et al., 2008)



Charles H. Hillman, Kirk I. Erickson and Arthur F. Kramer (2008) Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. Nature Review, 9, 59-65.

體適能越佳 基測成績越好 A

2016-05-17 15:11:37 聯合晚報 記者鄭語謙／台北報導

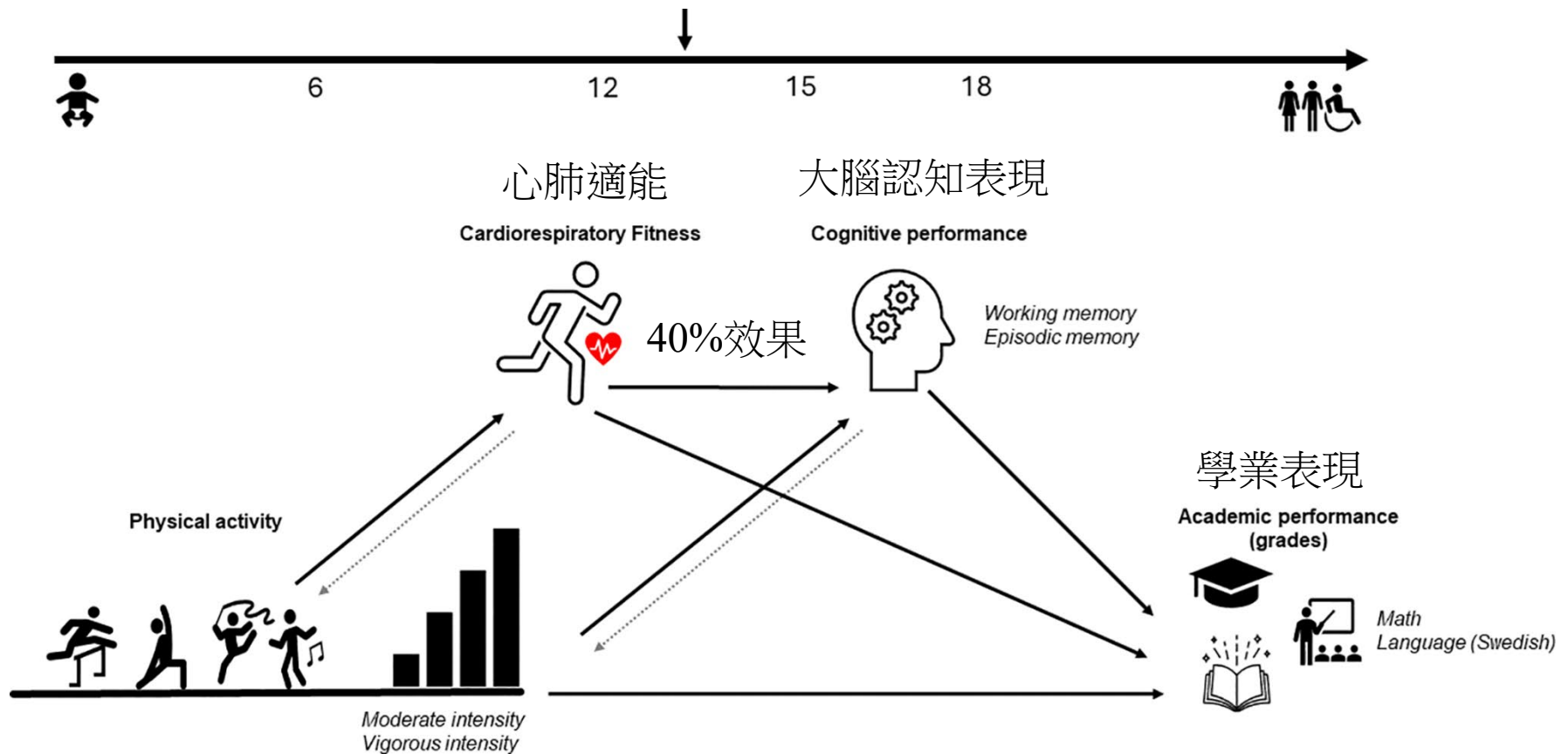


- 台師大團隊利用大數據資料，分析全國近40萬名國中生體適能和基測成績關係性，結果發現國三無論男、女生，維持較佳體適能，基測成績也較好，差距足以產生五個志願差異。BMI值則與學科成績呈負相關，BMI越高、基測分數越低，想考好成績，要控制體重、鍛鍊體力。
- 台灣師大研究團隊利用大數據資料分析方式，探討七到九年級(國中)學生體適能與學業成就間的關連，分別針對95-97、96-98、97-99、98-100、99-101學年度就讀國中的近40萬名學生體適能，比對他們畢業時參加97、98、99、100、101年基本學力測驗成績。

共有12項研究試符合所有納入系統回顧分析的標準(Rico-González et al., 2025)。

- 研究結果：較高的最大攝氧量（VO₂max）通常與以下方面改善相關：執行功能領域，例如注意力、工作記憶和抑制控制，以及學業成績指標，包括數學和閱讀分數。
- 神經生理學研究也顯示心肺適能與大腦結構與功能之間存在正面關聯。
- 結論：心肺適能似乎與青少年的認知功能和學業成績有正相關關係。

橫斷面研究，共有 1,139 名瑞典青少年（平均年齡 13.4 歲）參與。研究結果發現：心肺適能對數學或語言成績的影響，有 40% 的效果是透過提升「大腦處理資訊的能力」來實現的(Kjellenberg et al., 2026)。



Kjellenberg K, Wang R, Horre JN, Helgadóttir B, Ekblom Ö, Singh A, et al. (2026) Associations between physical activity, fitness, cognitive and academic performance in Swedish adolescents: Findings from a cross-sectional study. PLoS One 21(3): e0344087.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0344087>

單盲隨機對照試驗30名肥胖兒童（BMI≥同年齡同性別兒童的第95百分位，平均年齡10.1±0.7歲，15名男孩和15名女孩）。參與者隨機分配到三個組別：衝刺間歇訓練合併有氧運動組（CT1，n=10，5名男孩，5名女孩）、衝刺間歇訓練合併肌力訓練組（CT2，n=10，5名男孩，5名女孩）以及非運動對照組（CON，n=10，5名男孩，5名女孩）。

兩個介入組每週進行兩次訓練，持續八週，每次訓練10分鐘的衝刺間歇訓練，隨後進行10分鐘的有氧運動（CT1）或10分鐘的肌力訓練（CT2）。在基線和介入後測量身體組成和CRF(Gao et al., 2025)。

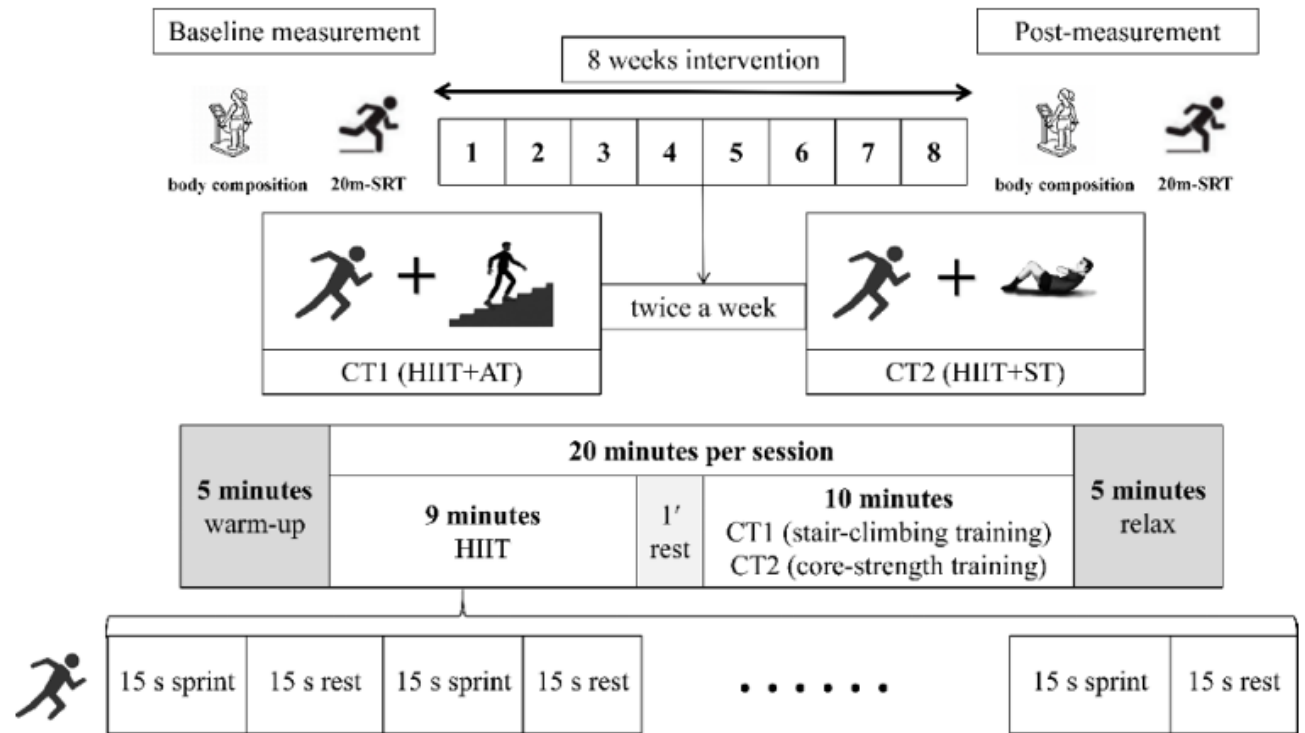
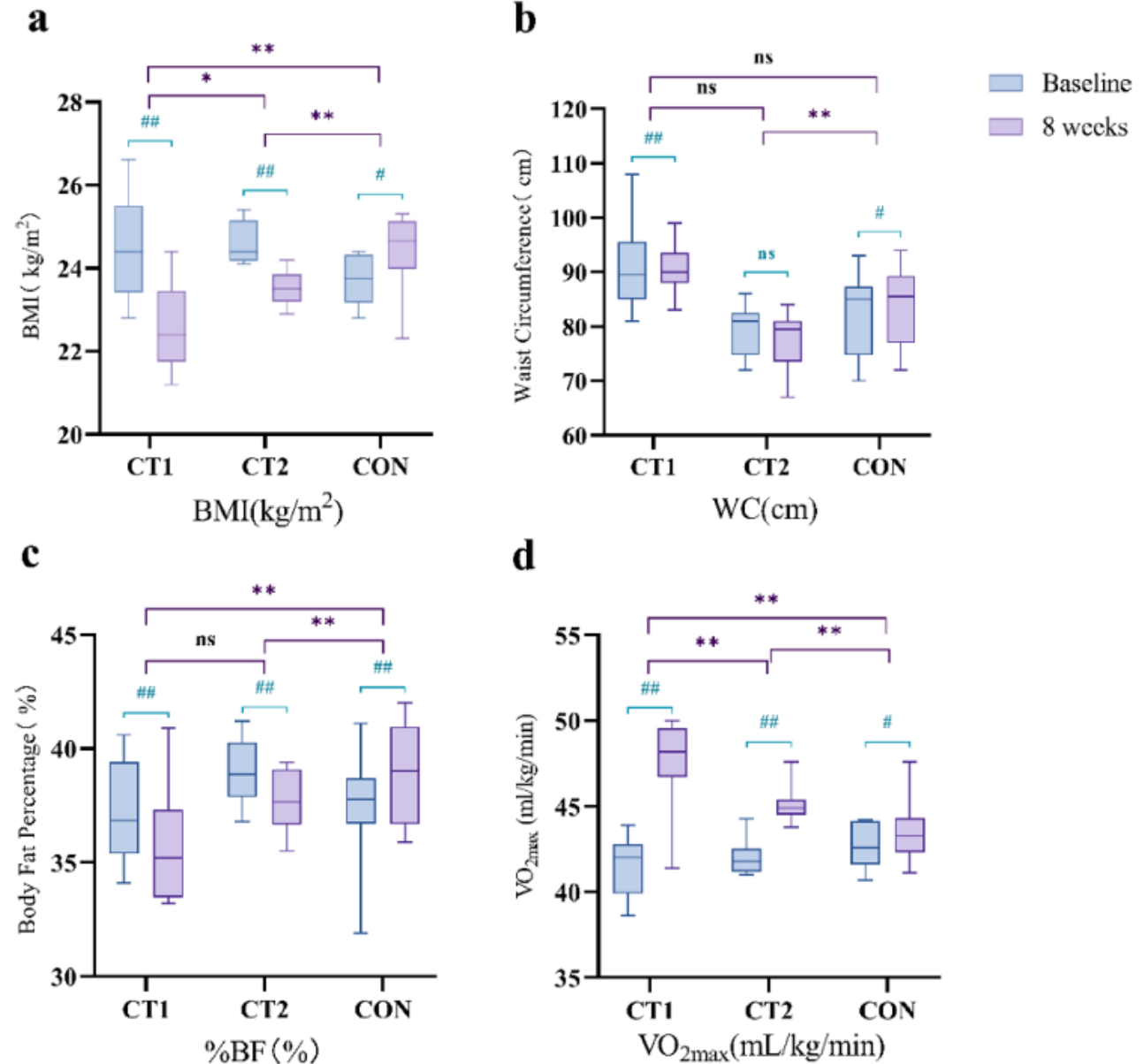


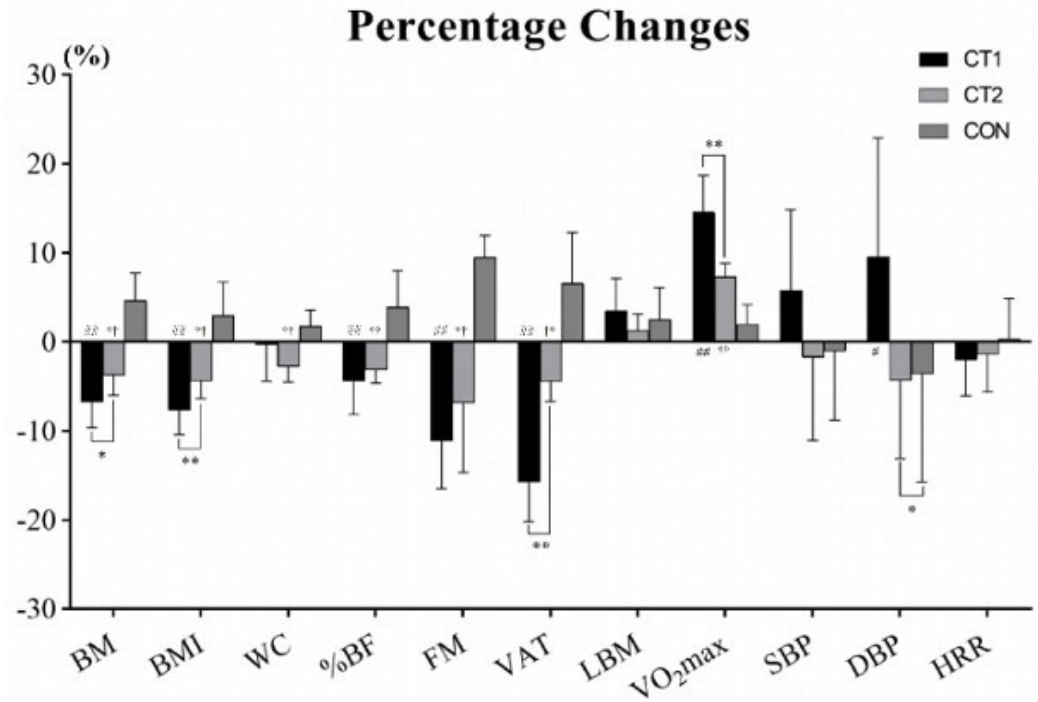
Fig. 2. Schematic diagram of the exercise intervention protocol.

介入組（CT1、CT2）和對照組（CON）在基線和乾預後人體測量和心肺適能指標的箱線圖。(a) 身體質量指數（BMI， kg/m^2 ）；(b) 腰圍（WC， cm ）；(c) 體脂百分比（%BF）；(d) 最大攝氧量（ $\text{VO}_{2\text{max}}$ ， $\text{mL}/\text{kg}/\text{min}$ ）(Gao et al., 2025)。



介入後三組受試者的人體測量和心血管代謝指標的百分比變化。與對照組相比，CT1組和CT2組的BMI和脂肪量均顯著降低，最大攝氧量（VO₂max）顯著增加。CT2組的VO₂max增加幅度大於CT1組（6.1 vs. 3.1 mL/kg/min）。CT1組的內臟脂肪組織顯著減少，而CT2組的腰圍顯著減少。

介入兩組在這些指標上並無顯著差異。沒有不良事件發生。為期八週的校內衝刺間歇訓練，結合有氧運動或肌力訓練，可有效改善肥胖兒童的身體組成和心肺功能。這些結果支持將此類運動方案納入學校課程，用於預防和控制兒童肥胖(Gao et al., 2025)。



運動提升心肺適能促進身體 健康與認知功能之機制

大約70-80%攝取的碳水化合物轉化為肝糖並儲存在肌肉中

Table 2

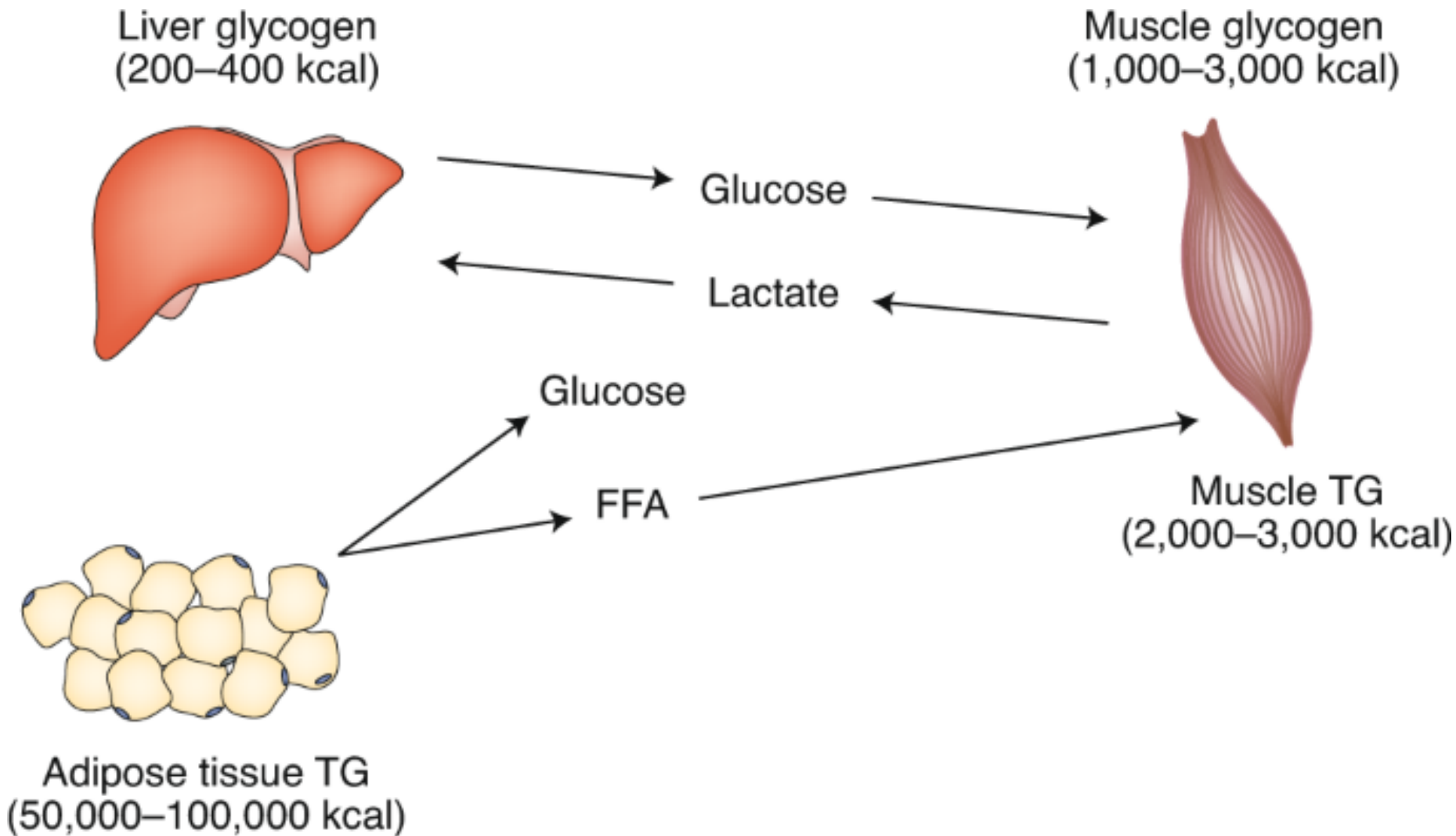
Body stores of energy fuels.

	Body stores (g) ^a	kcal
Carbohydrates		
Liver glycogen	110	451
Muscle glycogen	500	2050
Glucose in body fluids	15	62
Fat		
Subcutaneous and visceral	7800	72,540
Intramuscular	161	1497

Adapted from Wilmore JH and Costill DL.⁵⁴

^a These estimates are based on an average body weight of 65 kg with 12% body fat.

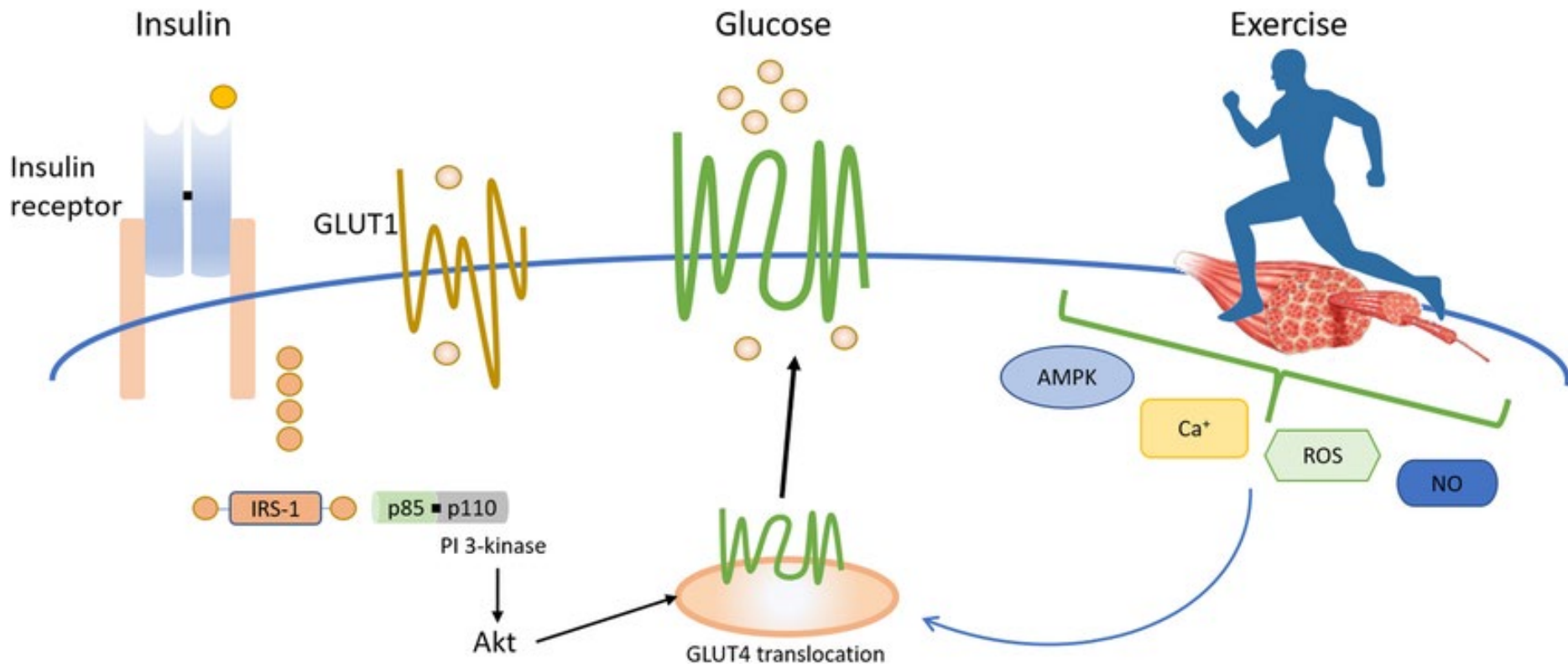
運動期間肌肉和肝臟中碳水化合物以及肌肉和脂肪組織中脂肪的主要來源 (Hargreaves et al., 2020)



Hargreaves, M., Spriet, L.L. (2020). Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nat Metab* 2, 817–828 (2020).

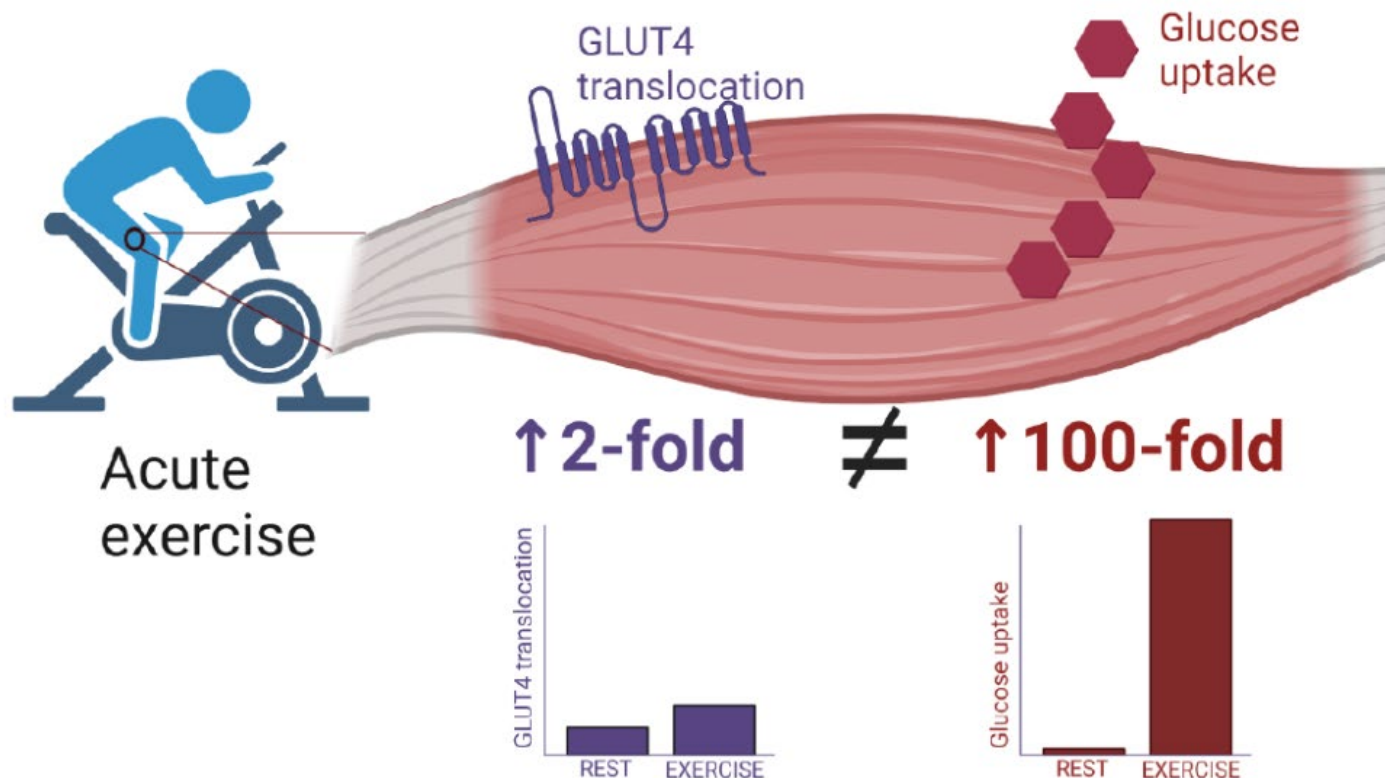
<https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4>

胰島素和運動刺激 GLUT4 轉移至骨骼肌細胞膜 (Malone et al., 2021)

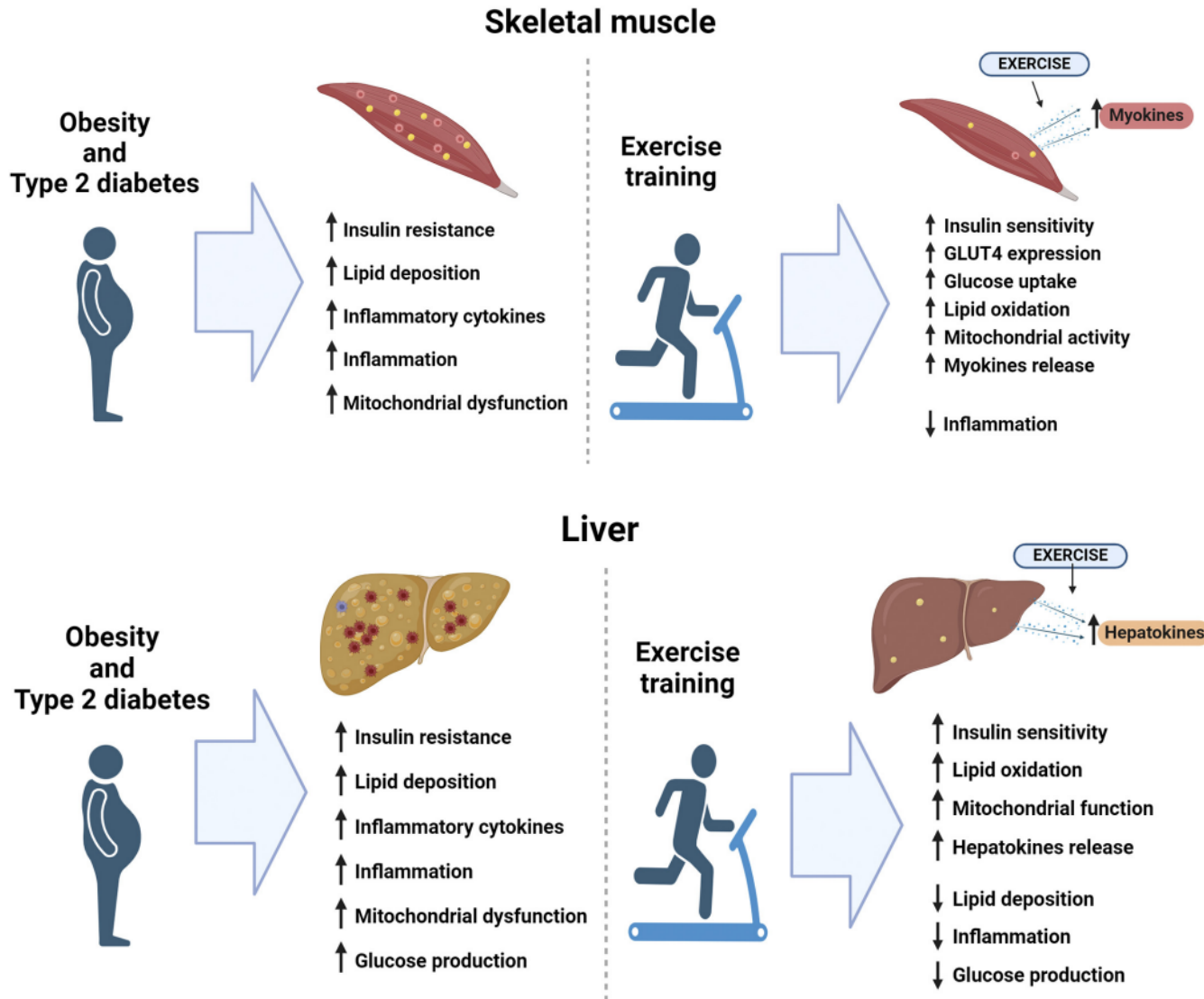


Malone JJ, Hulton AT, MacLaren DPM. Exogenous carbohydrate and regulation of muscle carbohydrate utilisation during exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2021 May;121(5):1255-1269. doi: 10.1007/s00421-021-04609-4.

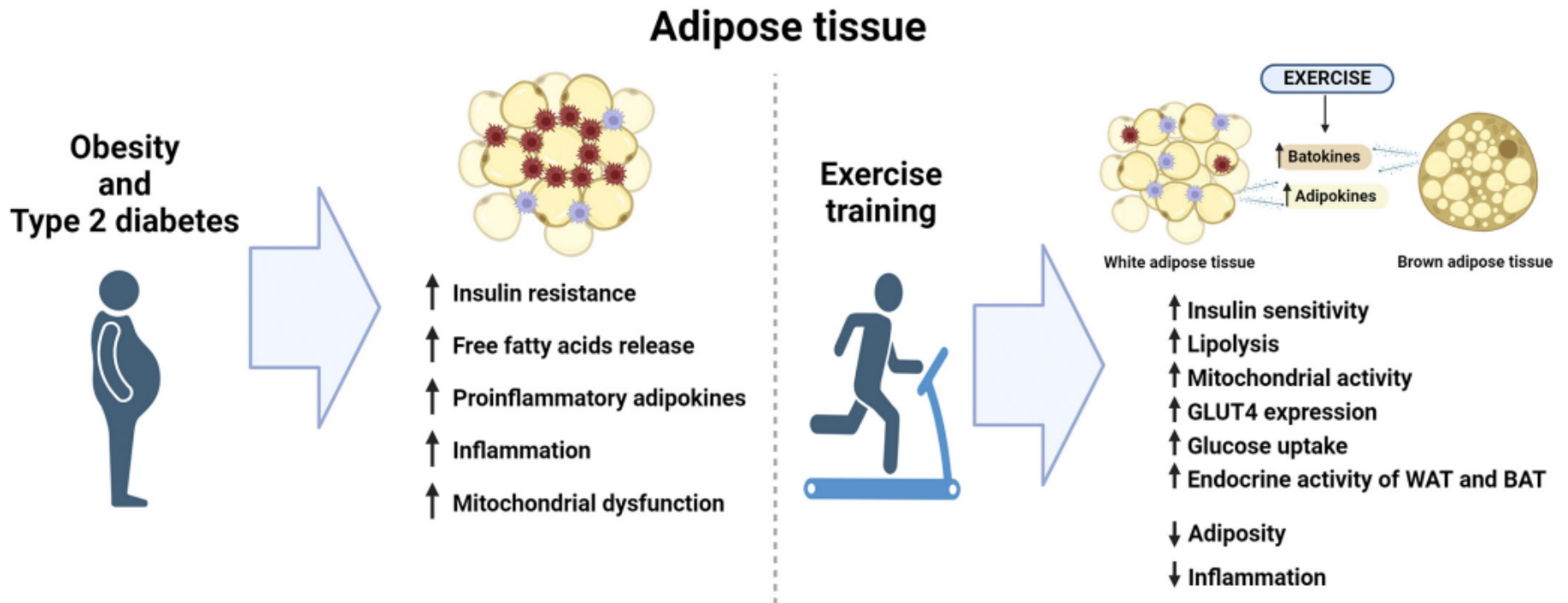
與靜止相比，運動會使人體肌肉葡萄糖攝取量增加高達100倍。增幅取決於運動強度和持續時間。儘管去除GLUT4已證明GLUT4是運動增加肌肉葡萄糖攝取量的**必要條件**，但研究發現，從靜止狀態進入到運動狀態時，GLUT4向肌肉細胞膜的轉運量僅增加約兩倍，葡萄糖攝取量的增加與GLUT4轉運量之間存在很大差異(Richter et al., 2021)。



肥胖和第 2 型糖尿病或運動對骨骼肌與肝臟脂肪的影響 (Esteves et al., 2024)



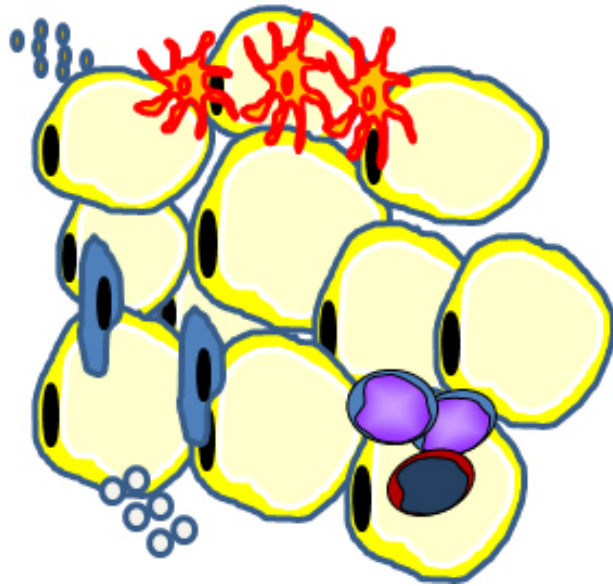
肥胖和第 2 型糖尿病或運動對脂肪組織的影響 (Esteves et al., 2024)



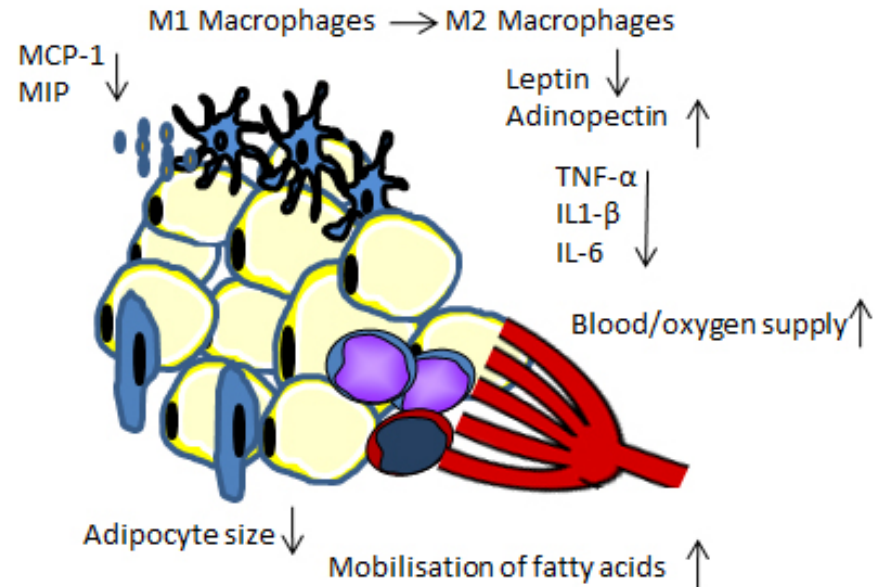
Esteves JV, Stanford KI. Exercise as a tool to mitigate metabolic disease. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2024 Sep 1;327(3):C587-C598. doi: 10.1152/ajpcell.00144.2024.

運動訓練對發炎的皮下與內臟脂肪組織具有減小脂肪細胞體積、降低促發炎脂肪激素的分泌 (Krüger, 2017).

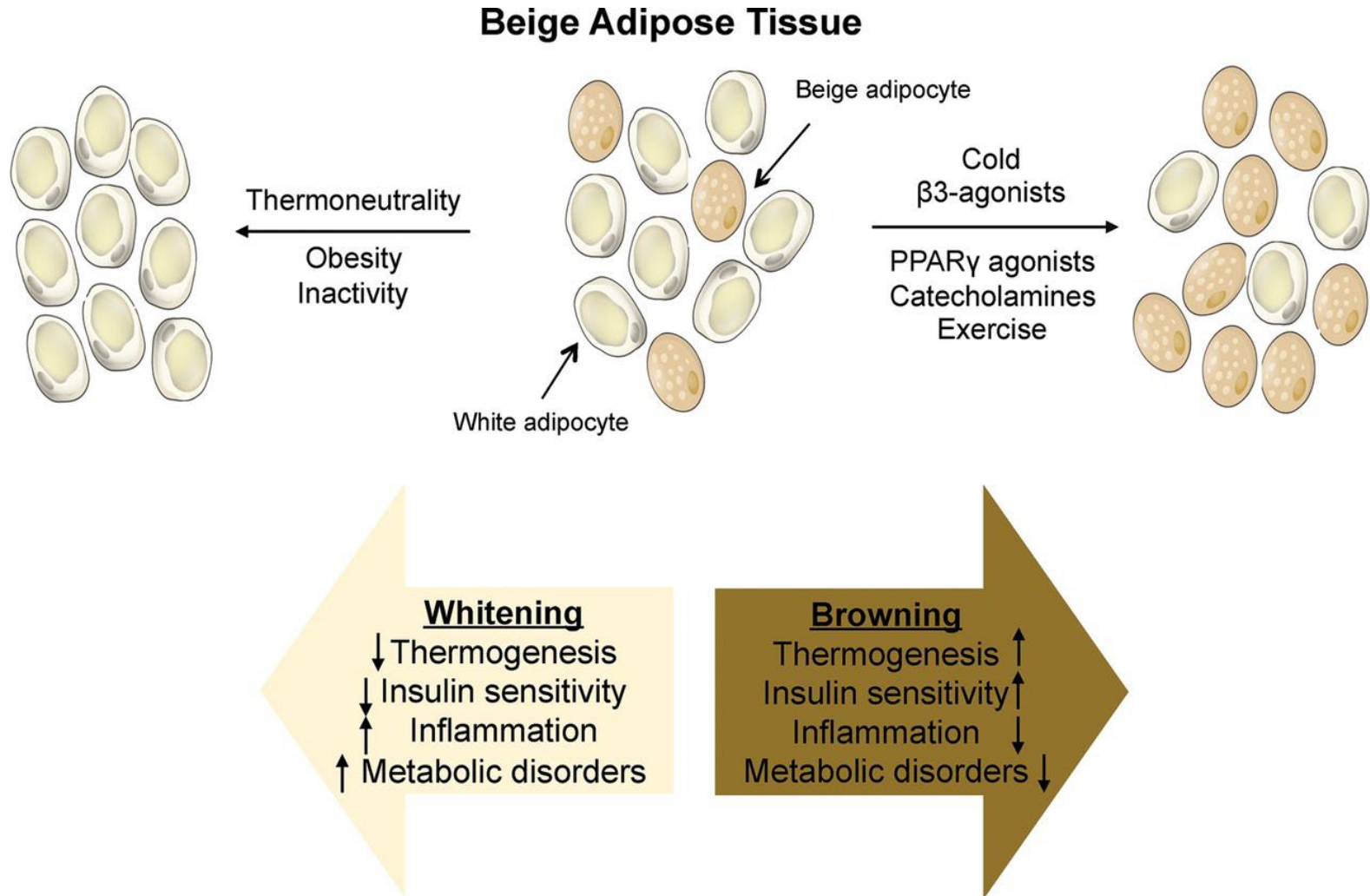
Inflamed AT



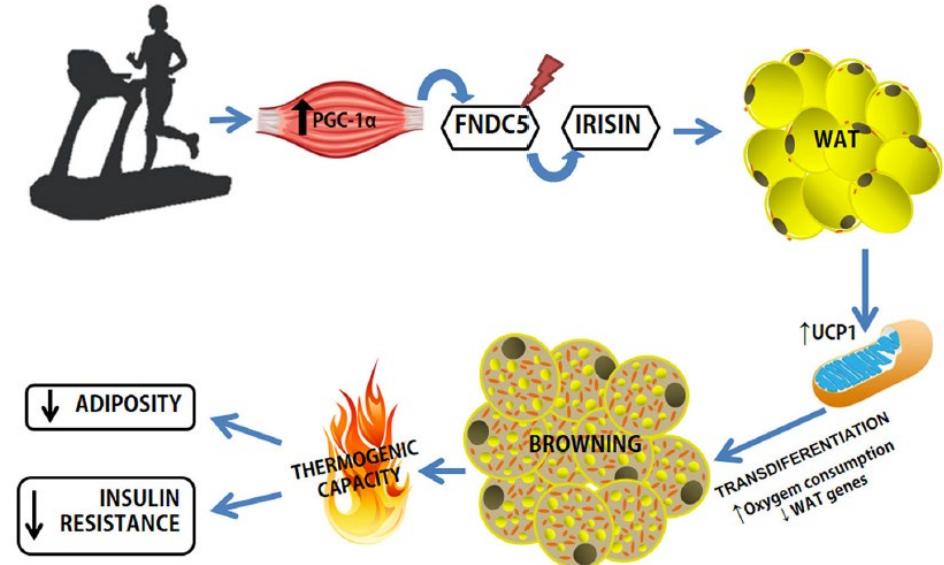
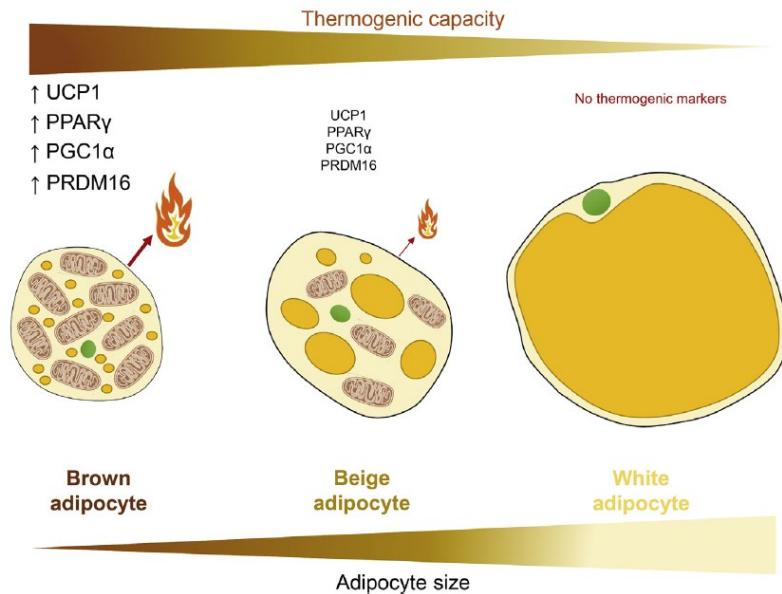
Exercise effects on AT inflammation



淡棕色/米色脂肪(beige AT)活性增加（褐變）或減少（變白）的剌激以及生理改變現象(Cohen et al., 2016)



運動增加肌肉PGC-1 α 蛋白的表現，因而增加肌肉FNDC5膜蛋白表現，細胞膜外的FNDC5經由外切酶作用，釋放進入血液循環中的部份稱為**鳶尾素(irisin)**。鳶尾素與白色脂肪細胞接收器結合，即造成白色脂肪細胞生理功能改變，誘導白色脂肪細胞增加粒線體生成，成為棕色脂肪組織(brown adipose tissue, BAT)，產生熱能與消耗熱量 (Leal et al., 2018)

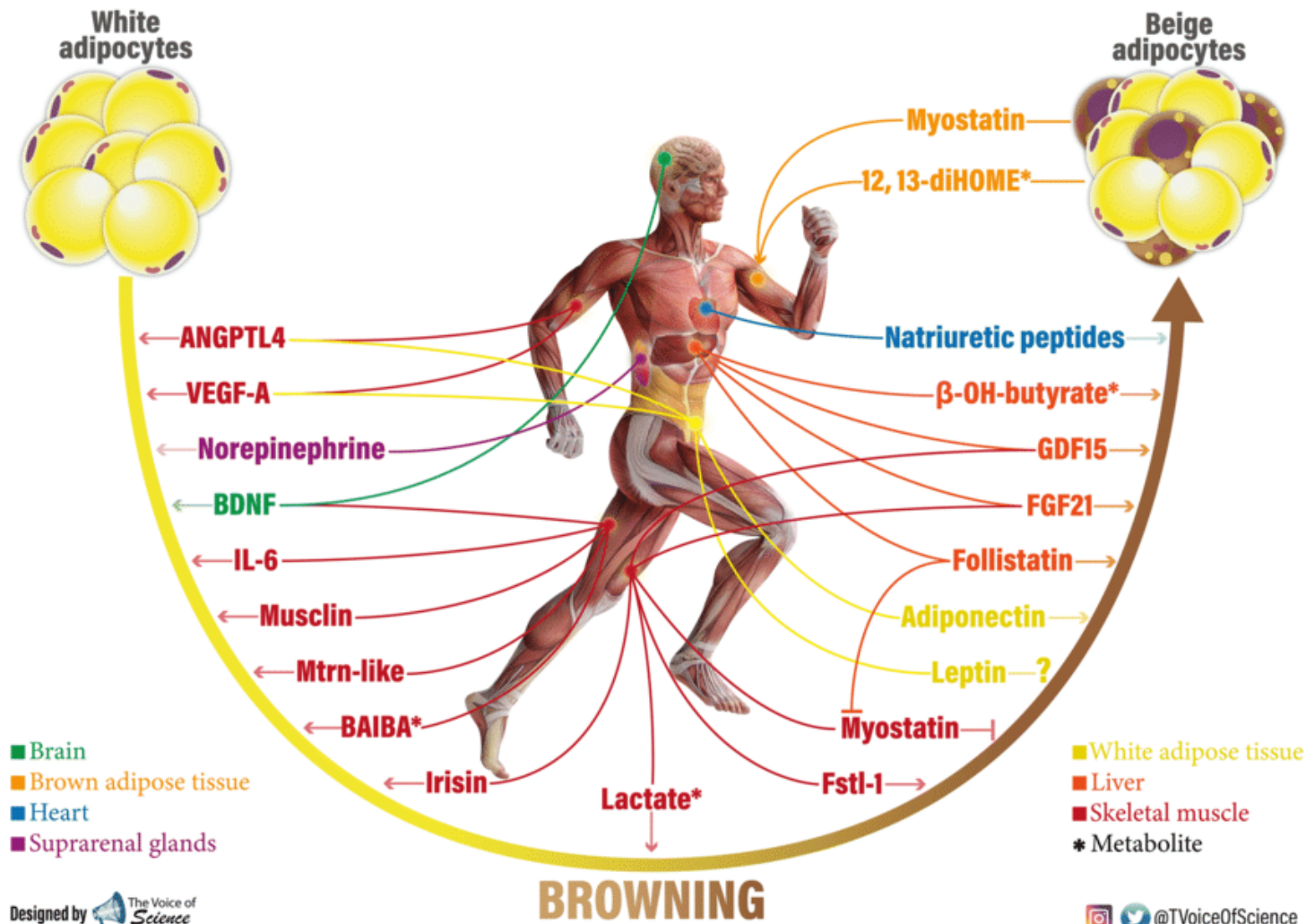


(WAT, white adipose tissue; FNDC5, Fibronectin Type III Domain Containing 5; UCP1, Uncoupling Protein Type 1).

Contreras, C., Nogueiras, R., Diéguez, C., Medina-Gómez, G., & López, M. (2016). Hypothalamus and thermogenesis: Heating the BAT, browning the WAT. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 438, 107–115. doi:10.1016/j.mce.2016.08.002

Leal, L. G., Lopes, M. A., & Batista, M. L. (2018). Physical Exercise-Induced Myokines and Muscle-Adipose Tissue Crosstalk: A Review of Current Knowledge and the Implications for Health and Metabolic Diseases. *Frontiers in Physiology*, 9. doi:10.3389/fphys.2018.01307

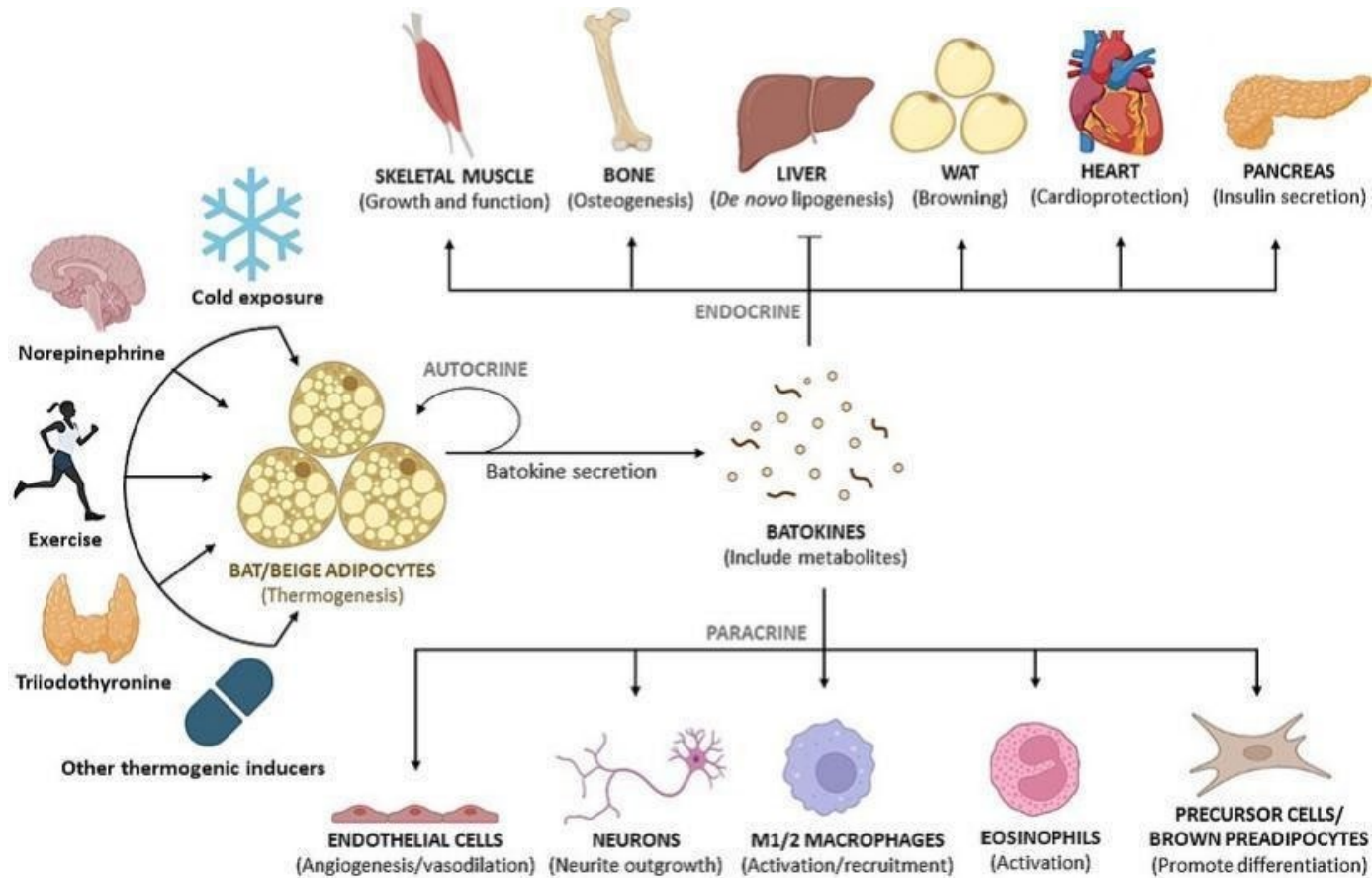
運動與人體棕色脂肪組織代謝和白色脂肪組織棕色化的內分泌機制(Mendez-Gutierrez et al., 2020)



Designed by The Voice of Science

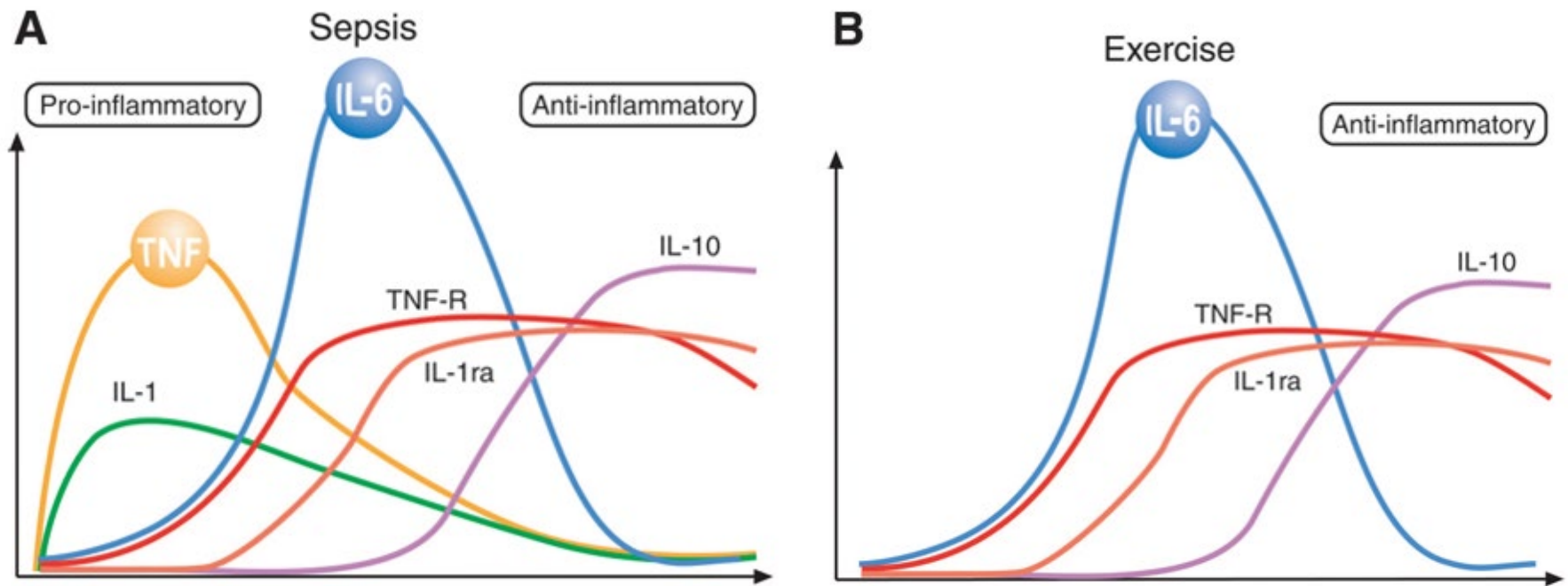
@TVoiceOfScience

除了在適應性生熱作用外，BAT 還分泌稱為「**batokines**」的信號分子/棕色脂肪激素，這些分子透過自分泌、旁分泌和內分泌作用有助於調節全身代謝。除了固有的 BAT 代謝物氧化活性外，這些分子的內分泌功能，有助於全身代謝功能的健康 (Ziqubu et al., 2024).

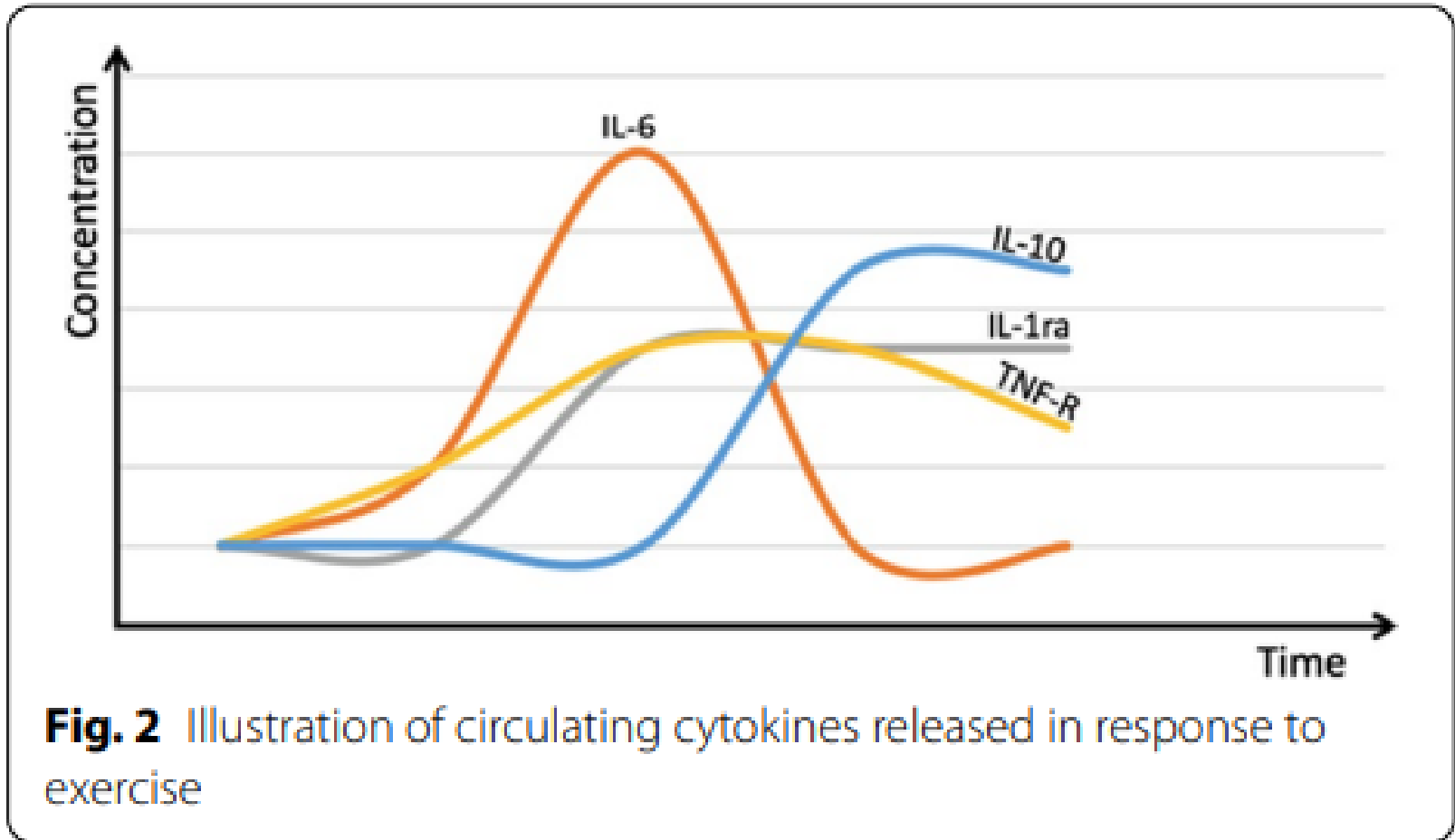


Ziqubu K, Dlodla PV, Mabhida SE, Jack BU, Keipert S, Jastroch M, Mazibuko-Mbeje SE. Brown adipose tissue-derived metabolites and their role in regulating metabolism. *Metabolism*. 2024 Jan;150:155709. doi: 10.1016/j.metabol.2023.155709. Epub 2023 Oct 20. PMID: 37866810.

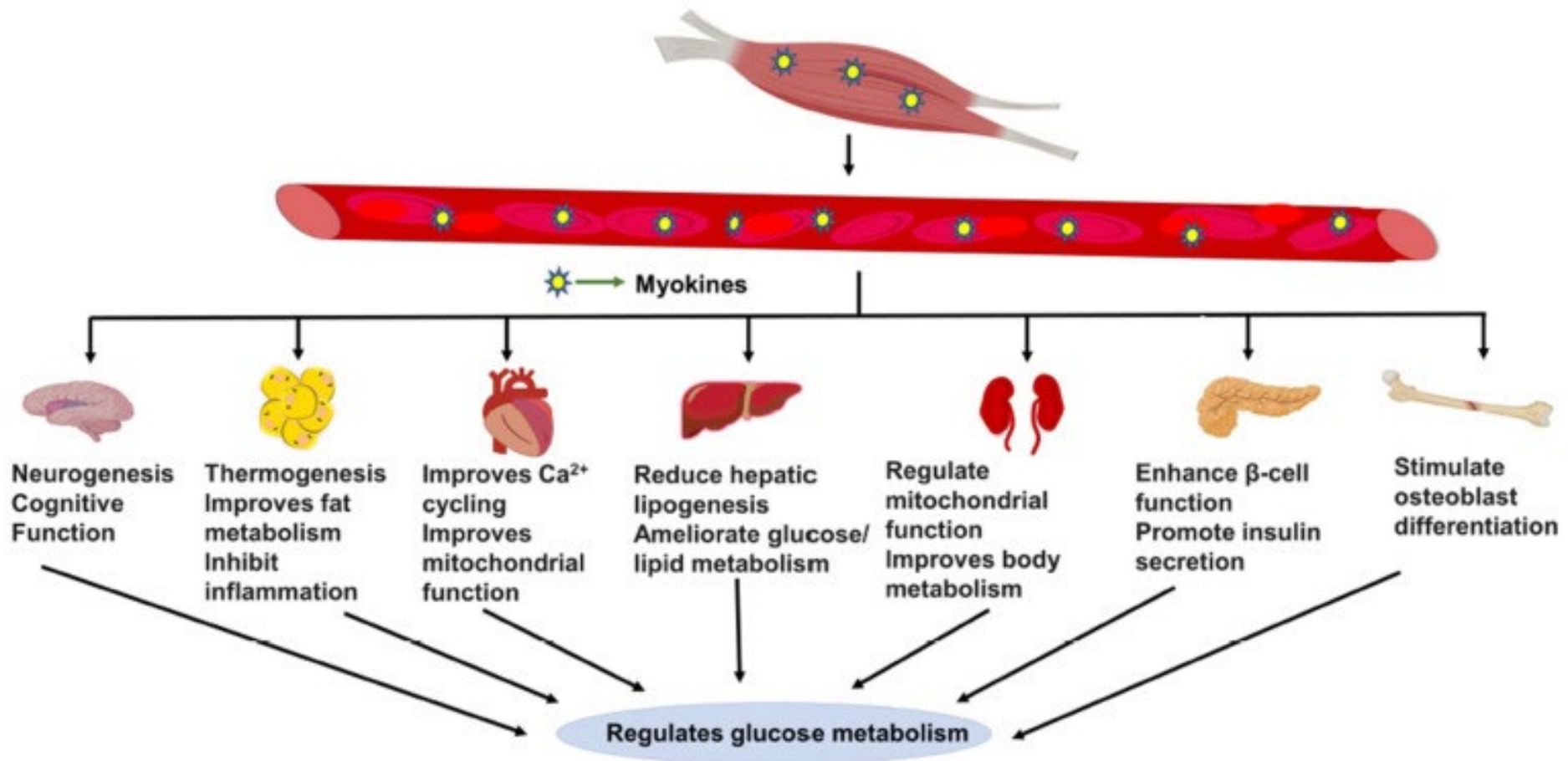
(A)在敗血症時，最初幾個小時內的免疫反應，免疫激素TNF- α 、IL-1 (促發炎)、IL-6、IL-1ra、TNF-R 和 IL-10 (抗發炎)串連分泌。(B)運動時的細胞激素反應，則不包括TNF- α 和 IL-1，但顯示 IL-6 顯著增加，其次是 IL-1ra、TNF-R 和 IL-10 (Petersen & Pedersen, 2005)。



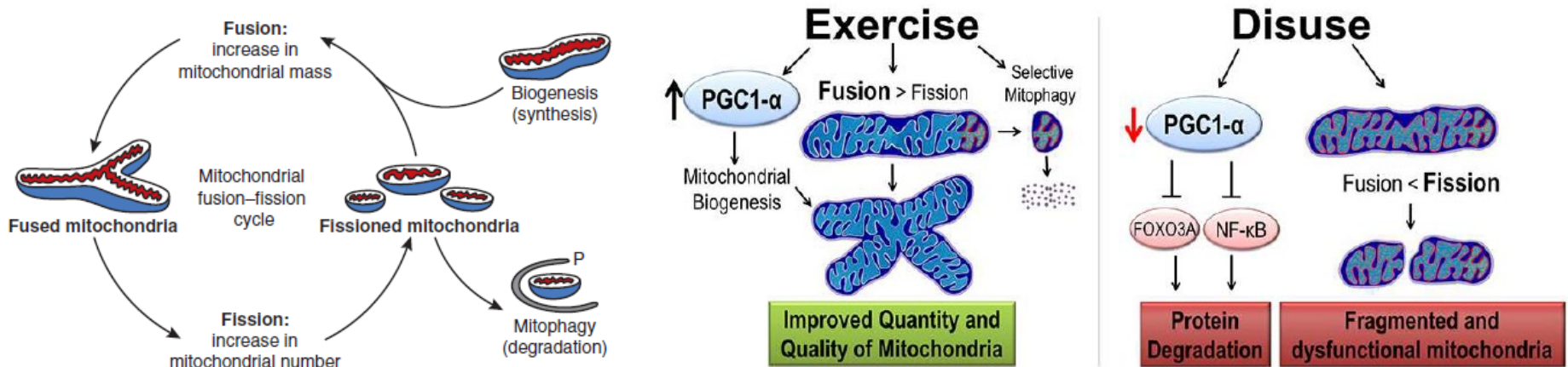
運動時肌肉激素 IL-6 的分泌，是在沒有 TNF- α 與IL-1 的情況下、IL-10、IL-1ra被誘導分泌，產生淨抗發炎作用 (Docherty et al., 2022; Kistner et al., 2022)。



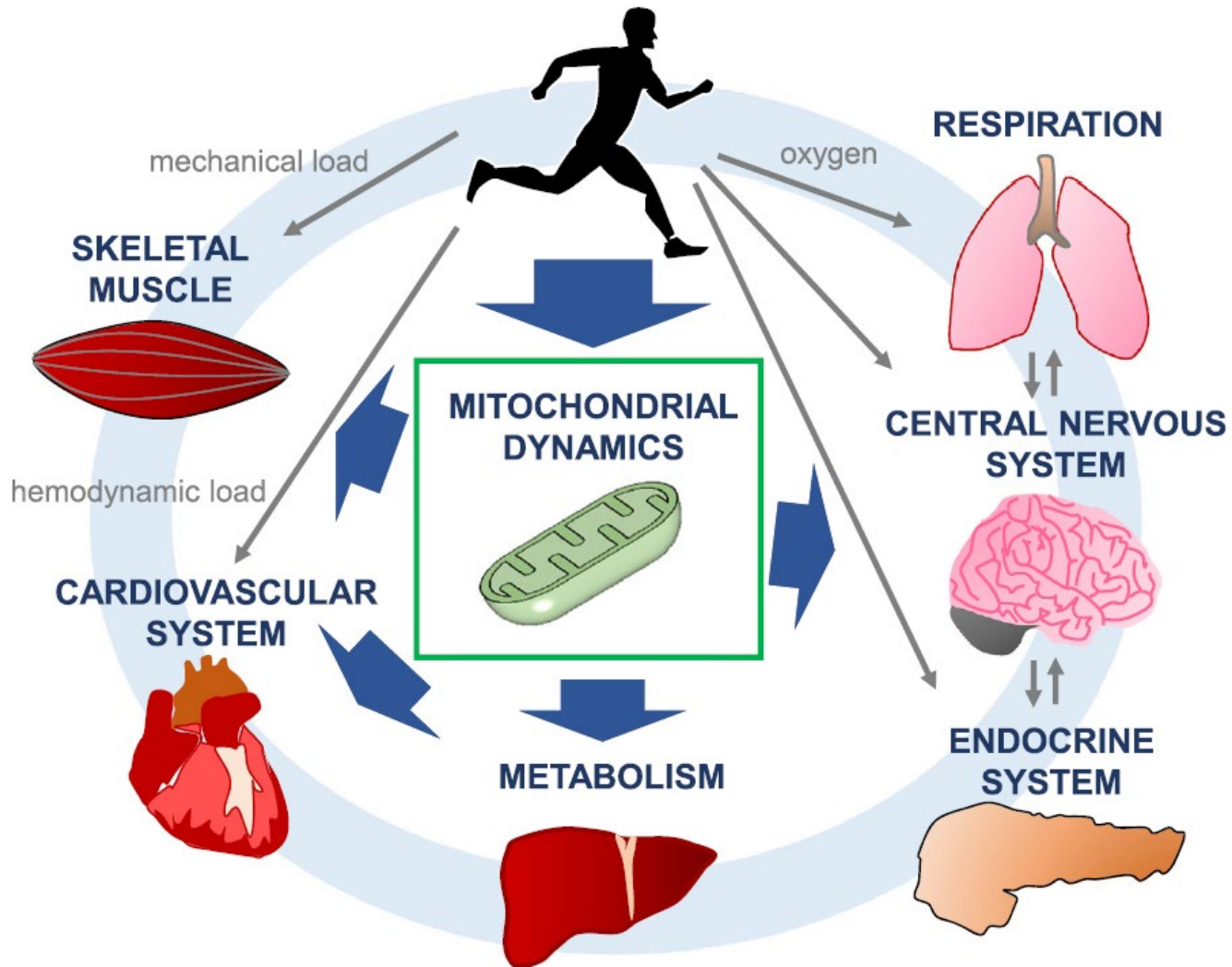
骨骼肌分泌的肌肉激素參與與其他內臟器官的相互作用，以調節認知功能、刺激成骨細胞分化、增強胰島β細胞功能、促進胰島素分泌、調節粒線體功能、增加脂肪分解和促進葡萄糖氧化 (Balakrishnan et al., 2022)。



運動和廢用對粒線體品質和數量的影響。運動訓練透過誘導 PGC1-a 蛋白來促進細胞保護作用，PGC1-a 蛋白被認為是粒線體生物合成的主要調節器。運動可以透過兩種方式提高品質。首先，粒線體動力學發生轉變，使得融合大於裂解，形成更大的粒線體體積與網絡。其次，增加選擇性粒線體自噬，去除舊的和功能失調的粒線體（以紅色和橘色細胞器表示）。相反，不使用/廢用會降低 PGC1-a 活性，從而去除其對蛋白質降解途徑的抑制。此外，粒線體動力學轉向裂解，導致粒線體變小、破碎和功能失調。(Seo et al., 2010; Wiggs, 2015)



運動透過改變粒線體動力學發揮多方面的有益作用 (Tanaka et al., 2020)





突觸長期增強作用

- 突觸長期增強作用 (Long-term Potentiation, LTP) : 當兩個神經元之間的活動頻率增加時，它們之間的信號傳輸會變得更加高效，是學習與記憶形成的細胞機制基礎。LTP 主要發生在腦部的海馬體，與空間記憶和新記憶形成密切相關。
- 進行學習任務時，大腦特定區域會有LTP現象。使用藥物或基因技術阻斷 LTP 過程，學習與記憶能力會顯著下降。
- 與LTP相對應的是長期壓抑作用 (Long-term depression, LTD)，它會導致突觸效能持久減弱，兩者共同調節神經網路的平衡。

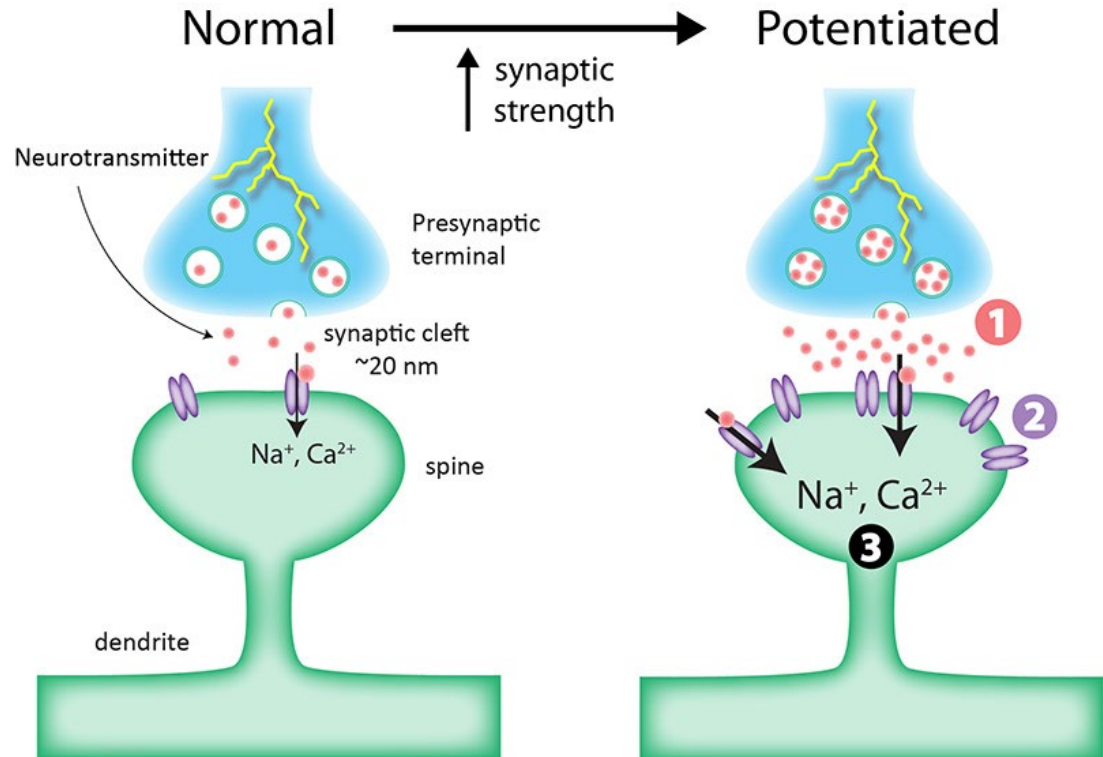


突觸長期增強作用LTP的特徵

慈濟大學

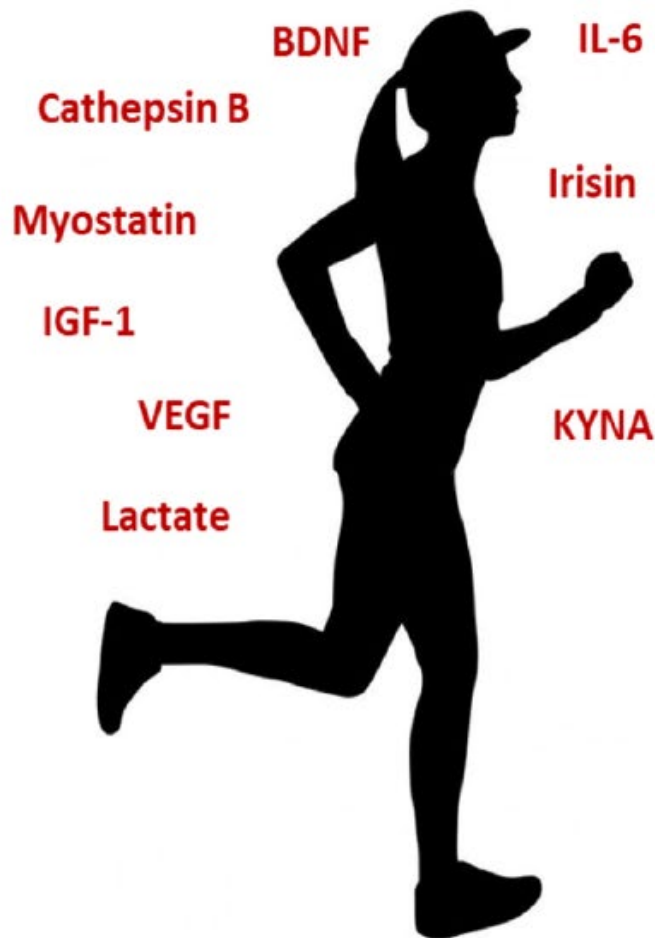
- 持久性：LTP 的效果可以持續數小時、數天甚至更久。
- 輸入特異性：在受到高頻刺激的特定突觸上發生增強，不會影響同一神經元上未受刺激的其他突觸。
- 聯結性 (associativity)：弱刺激如果與強刺激同時發生，原本不足以誘發 LTP 的弱刺激也能產生增強效果。

LTP是突觸可塑性 (synaptic plasticity) 的一種形式。突觸可塑性會改變神經傳導物質的釋放量 (1) 或突觸後受體的數量 (2)，進而導致突觸強度的變化。

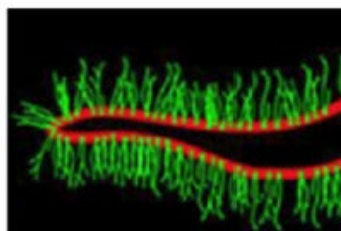


運動中或運動後骨骼肌至少會製造9種以上具有保護腦神經的物質) (Tari et al., 2019)

Candidate exercise-induced factors



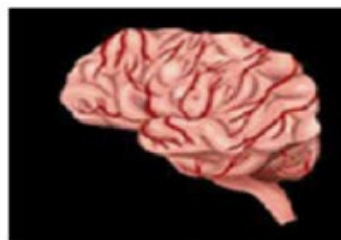
Beneficial effects of exercise on the brain



Neurogenesis



Synaptic plasticity



Cerebral blood flow

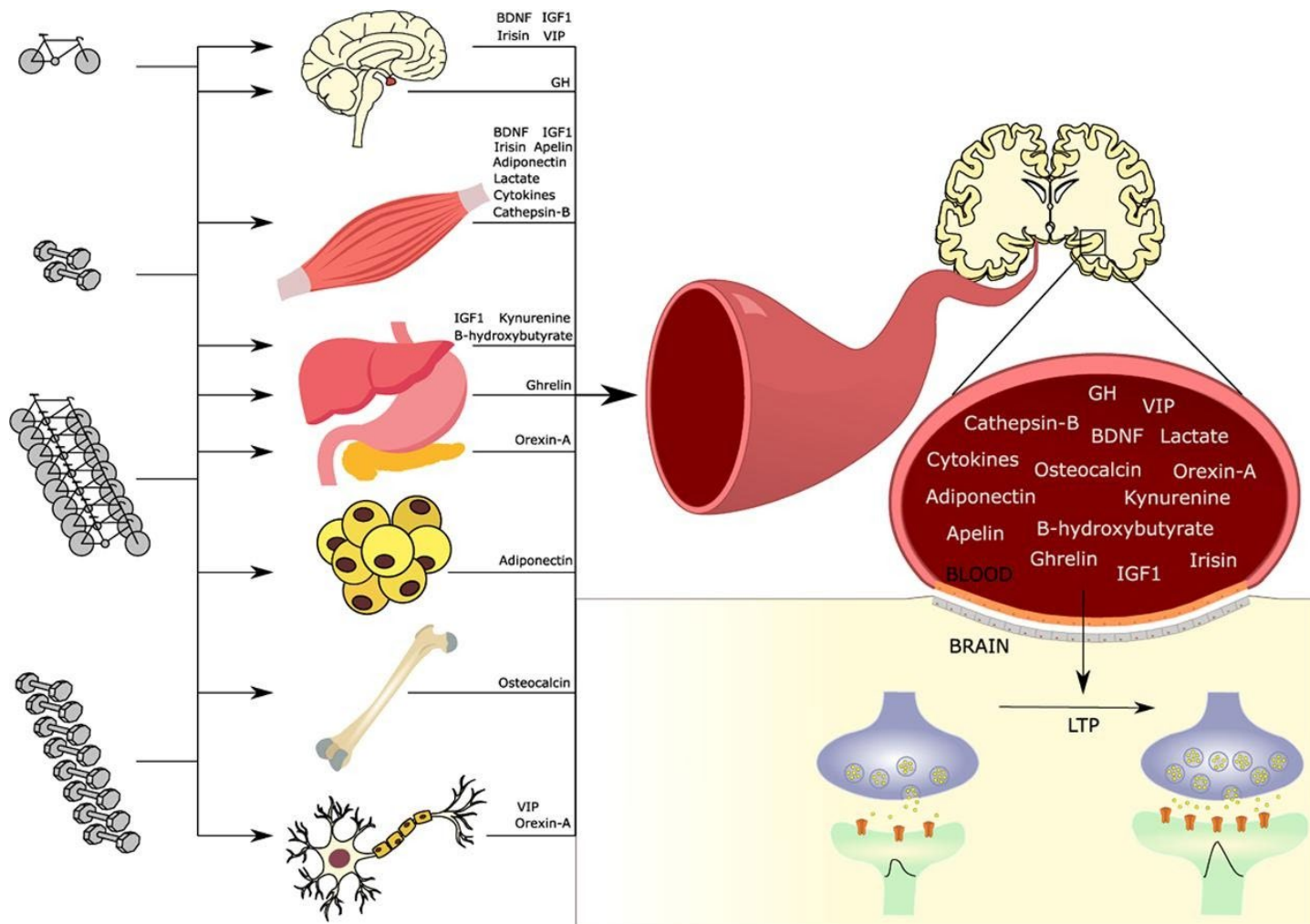


Cognitive function

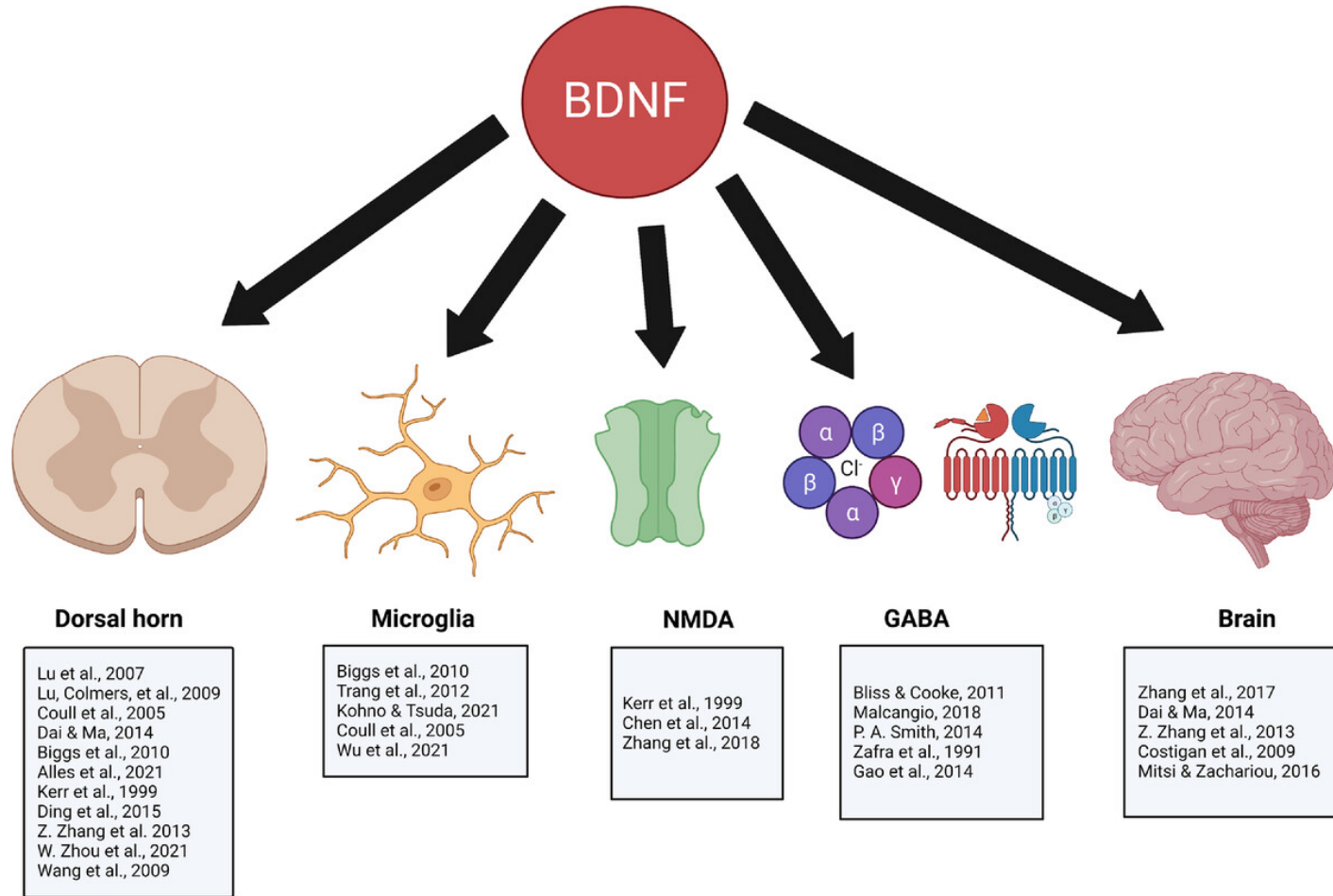


Brain (hippocampal) volume

運動至少誘導產生**16種運動激素**促進長期突觸增強
 (long-term synaptic potentiation, LTP) 有關路徑，是
 運動對大腦產生影響的關鍵因素(Vints et al., 2022)

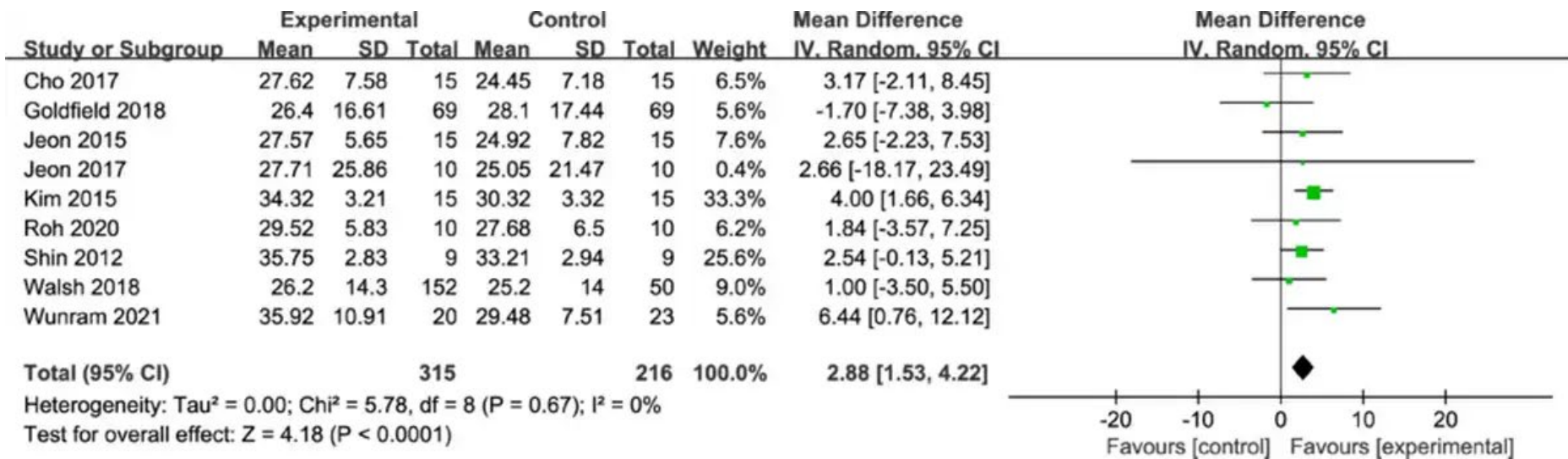


腦源性神經營養因子（brain-derived neurotrophic factor, BDNF）是神經營養因子家族的關鍵成員，主要在中樞和周圍神經組織中表現，並與神經元分化、神經發生和認知功能有關。包括纖維母細胞、內皮細胞、成骨細胞和單核細胞在內的非神經元細胞也能合成並釋放BDNF (Meng et al., 2025)。BDNF在神經性疼痛中發揮作用的研究及其作用機制的相關部位 (Thakkar et al., 2023)。



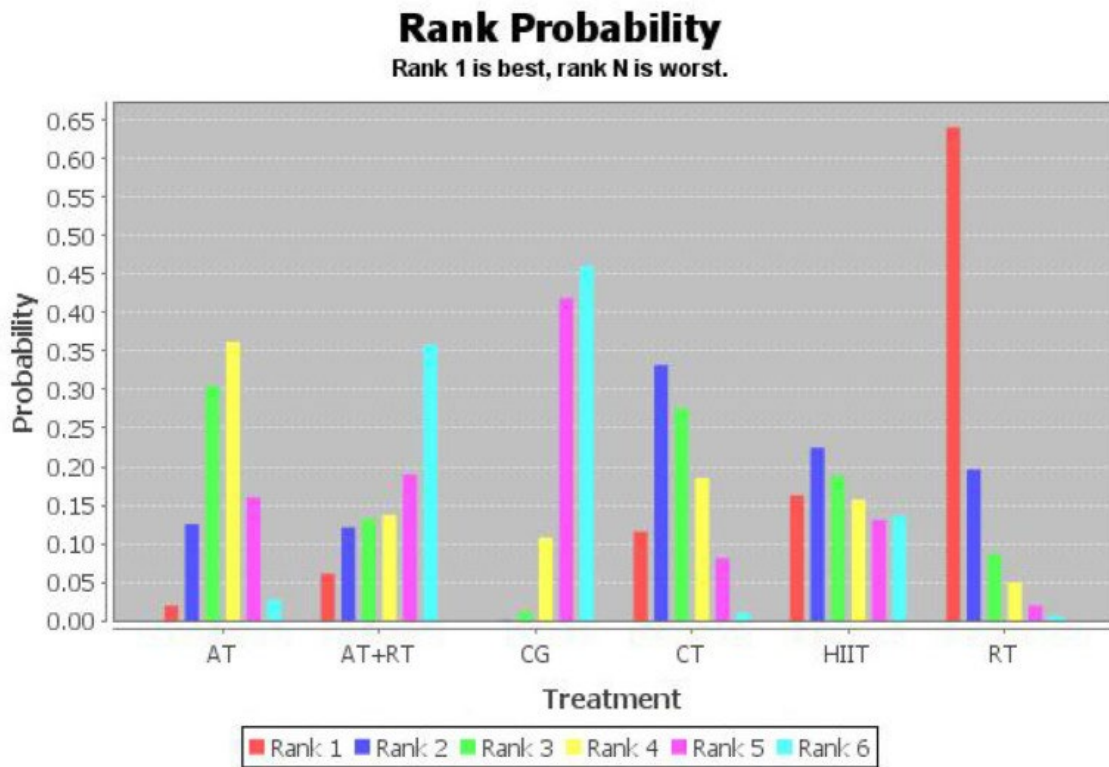
Thakkar, B., & Acevedo, E. O. (2023). BDNF as a biomarker for neuropathic pain: Consideration of mechanisms of action and associated measurement challenges. *Brain and Behavior*, 13, e2903. <https://doi.org/10.1002/brb3.2903>

整合分析9篇研究，共531名參與者（運動組315人，對照組216人），男女均有，平均年齡為10.9-16.1歲。其中，2項研究以兒童為參與者，7項研究以青少年為參與者。結果發現：與不進行介入相比，運動介入有效地促進了兒童和青少年血液中BDNF的濃度升高（MD = 2.88，95% CI：1.53–4.22）(Shao et al., 2025)。



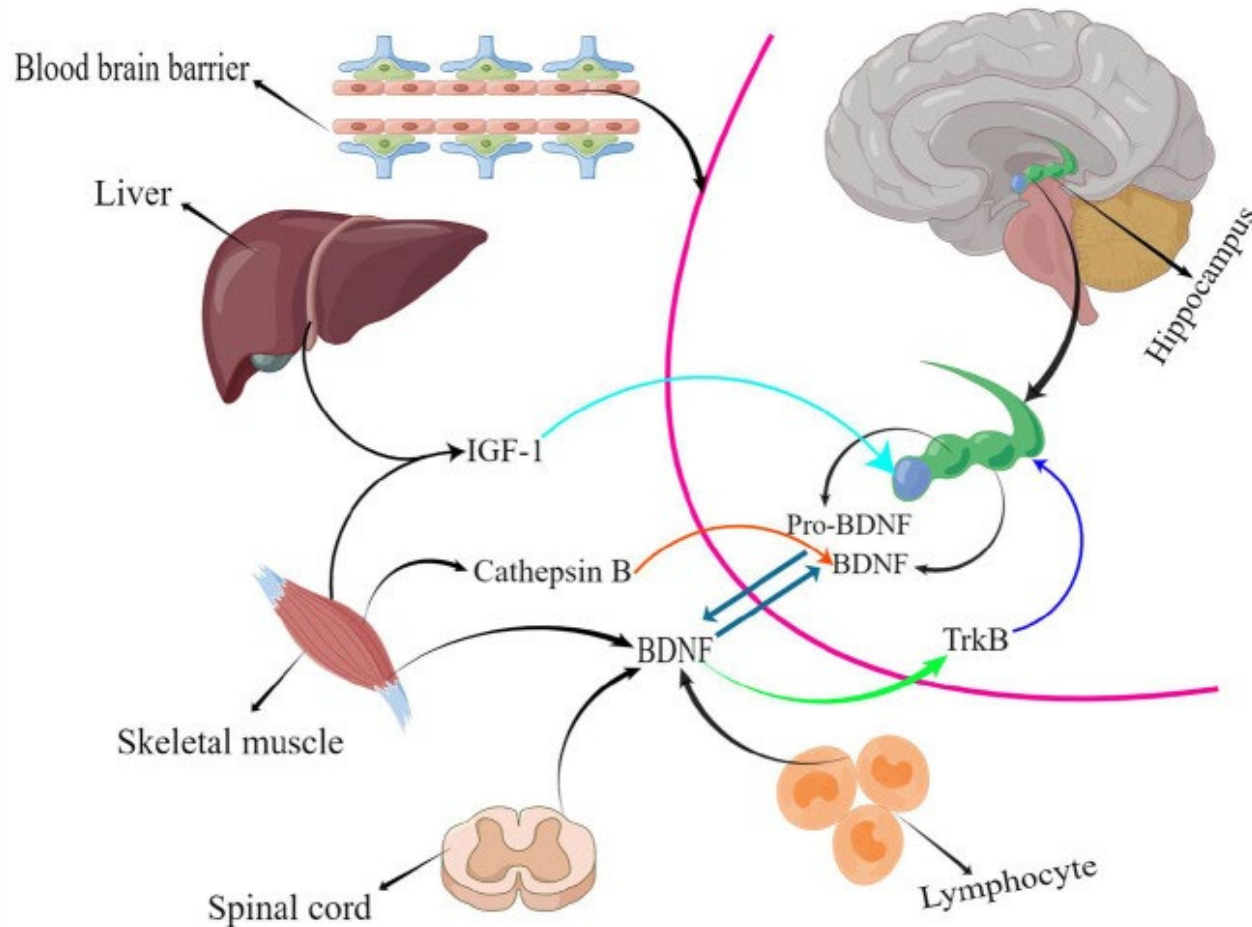
Shao X, He L, Liu Y. The effects of exercise interventions on brain-derived neurotrophic factor levels in children and adolescents: a meta-analysis. *Neural Regen Res.* 2025 May 1;20(5):1513-1520. doi: 10.4103/NRR.NRR-D-23-01296. Epub 2024 Mar 1. Retraction in: *Neural Regen Res.* 2025 Nov 1;20(11):3075. doi: 10.4103/NRR.NRR-D-24-01488.

39篇隨機對照試驗，共包含5種運動介入，2031名受試者。其中，AT組、RT組、AT+RT組、HIIT組和CT組（介入組）以及CG組（常規對照組）分別包含451、236、102、84、293和865名受試者(Zhou et al., 2022)。

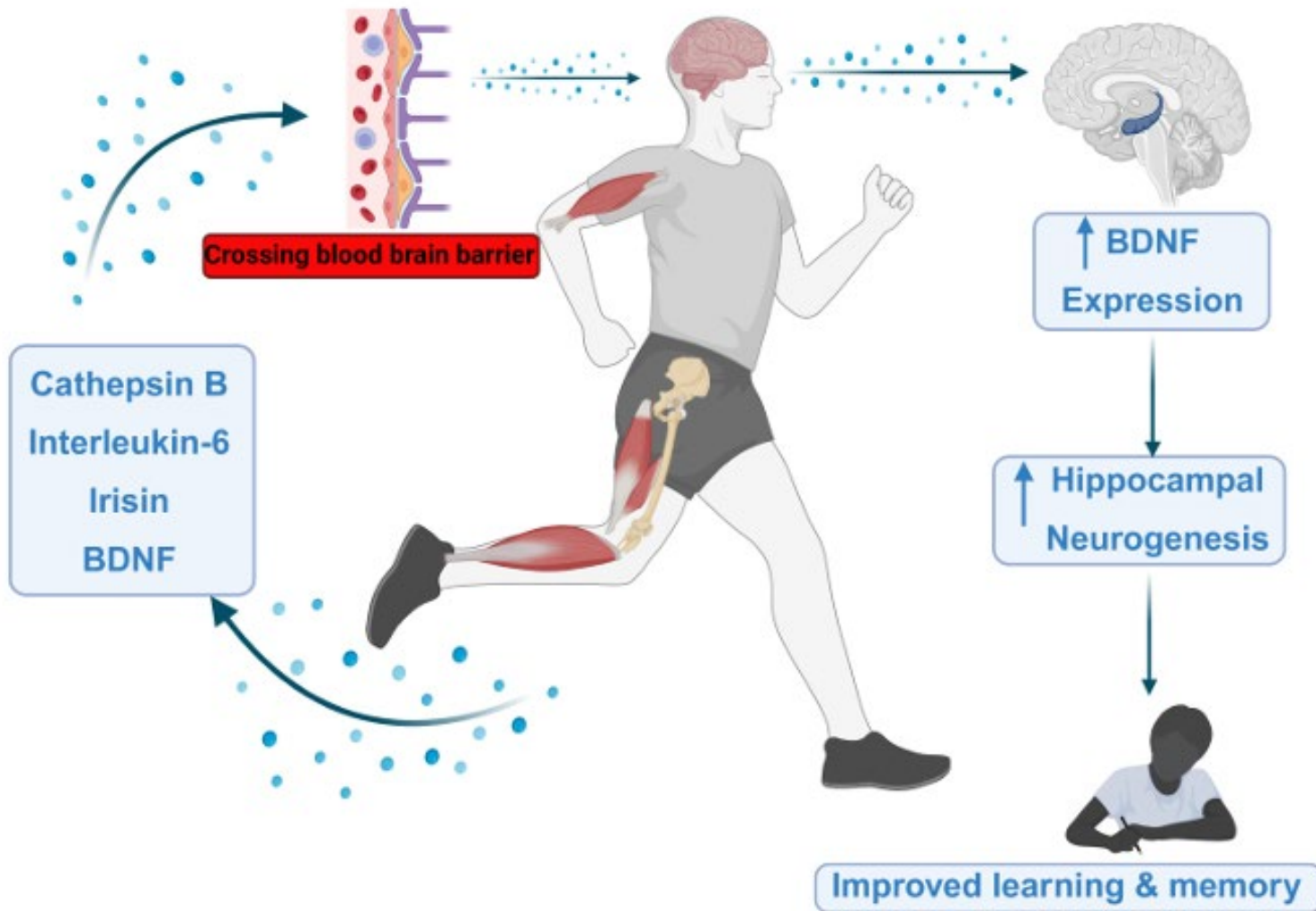


統合分析對運動改善健康和非健康受試者BDNF效果排序：RT > HIIT > CT > AT+RT > AT > CG。5個介入組的效果均優於CG組，其中RT組的效果最為顯著[MD = 3.11]。結論：對於運動耐受力良好的兒童和老年人，建議進行中等強度的阻力訓練，該訓練能有效維持或調節BDNF水準，從而促進大腦健康，5種運動類型對BDNF影響的機率排名圖如左(Zhou et al., 2022)。

骨骼和肌肉是周邊 BDNF 分泌的重要組織，阻力訓練會對骨骼和肌肉造成更強烈的壓力，從而刺激週邊組織中 BDNF 的表現，透過血液循環運輸到大腦，並在穿過血腦屏障後對大腦產生影響(Zhou et al., 2022)。

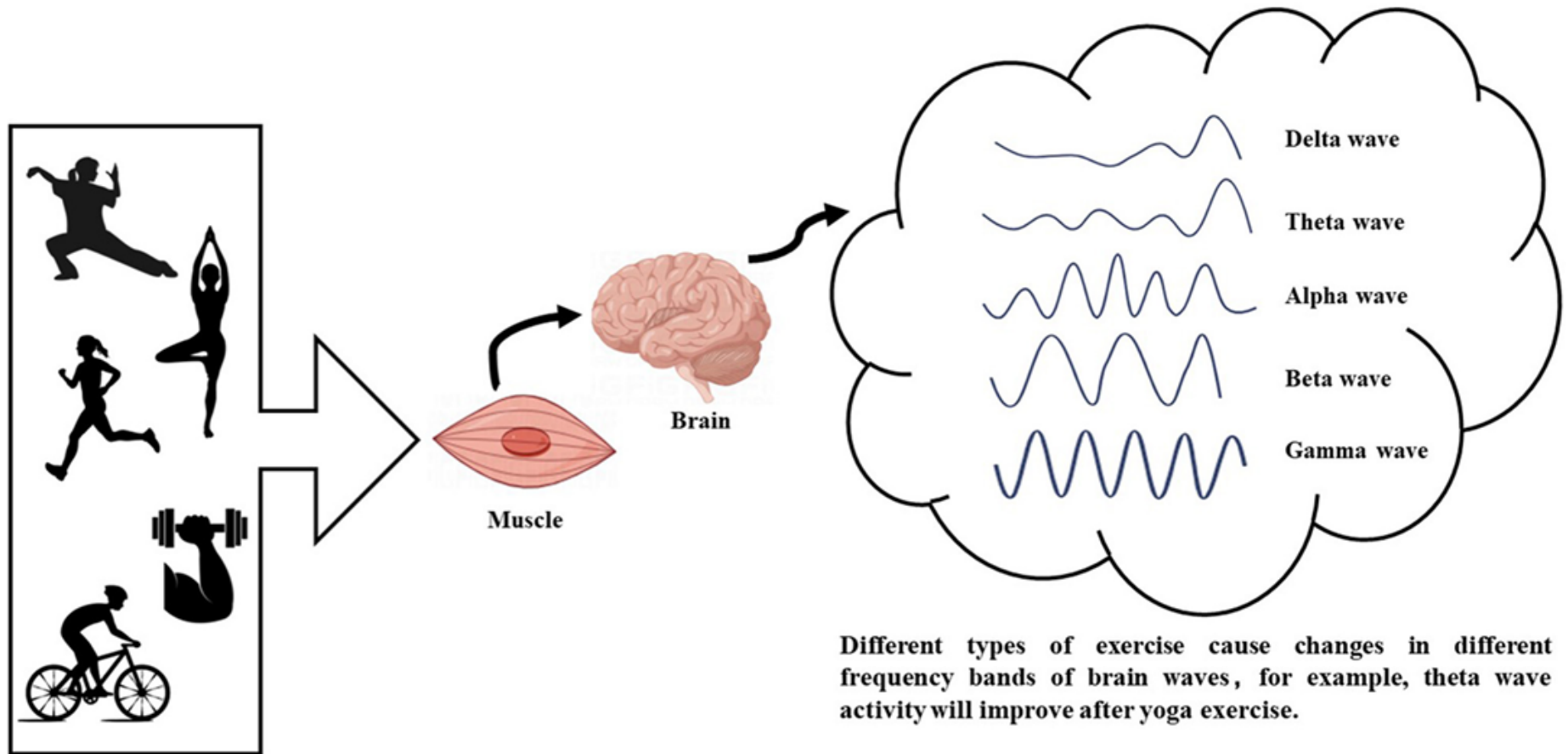


運動動透過 **BDNF**和肌肉激素依賴性作用對認知功能產生正面影響，促進記憶與學習(Boycott et al., 2025)。



Boycott C, Kilanczyk E, Zhang HA, Zhang J, Abolhassani A, Kubiak M, Celichowski J, Kryściak K, Gruszka D, Sliwowska JH, Stefanska B. Crosstalk between skeletal muscle and the brain during physical activity - in search of epigenetic mechanisms. *Epigenetics*. 2025 Dec;20(1):2590237. doi: 10.1080/15592294.2025.2590237.

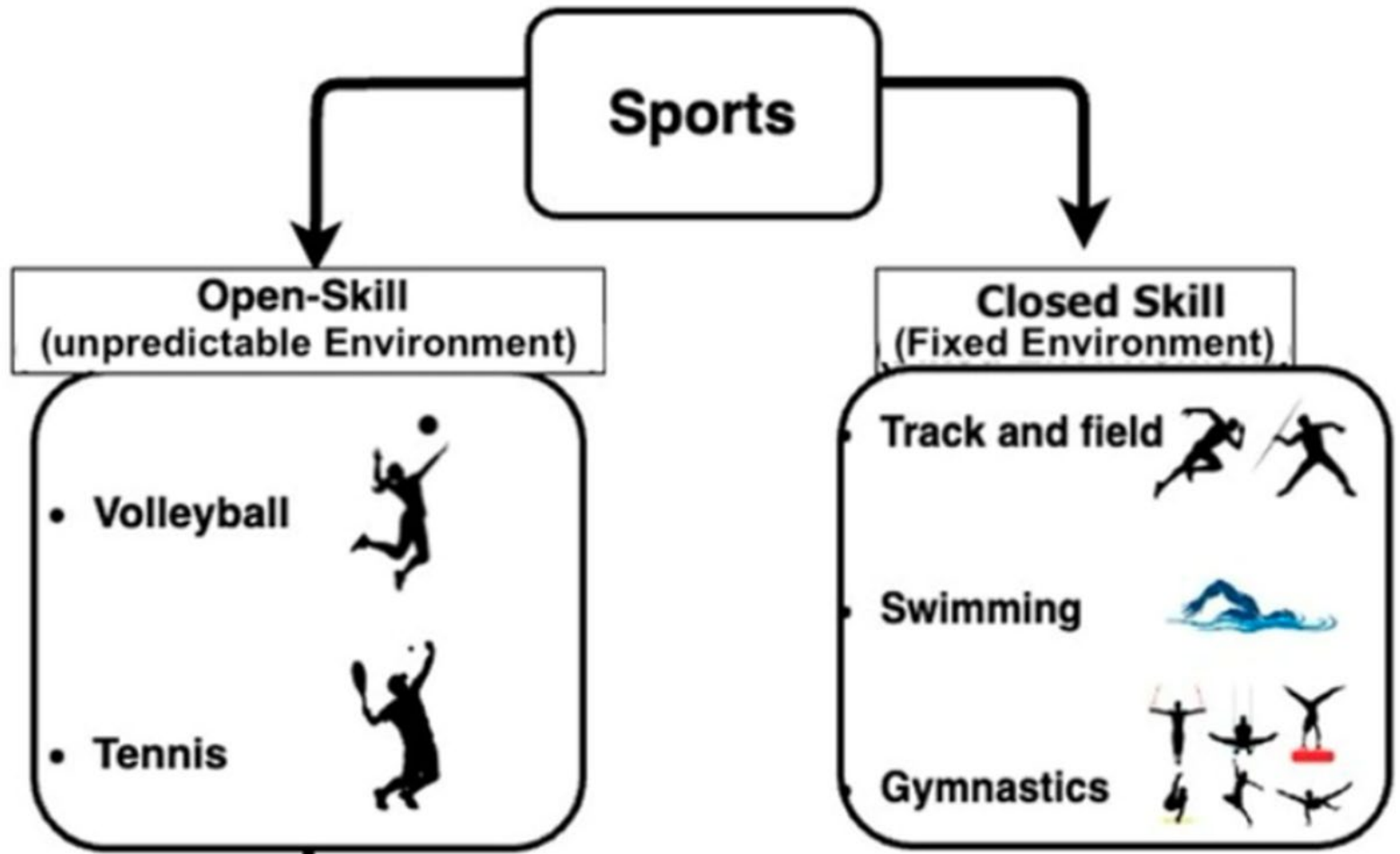
不同類型的運動會影響不同頻段的腦波 (Li et al., 2024)。



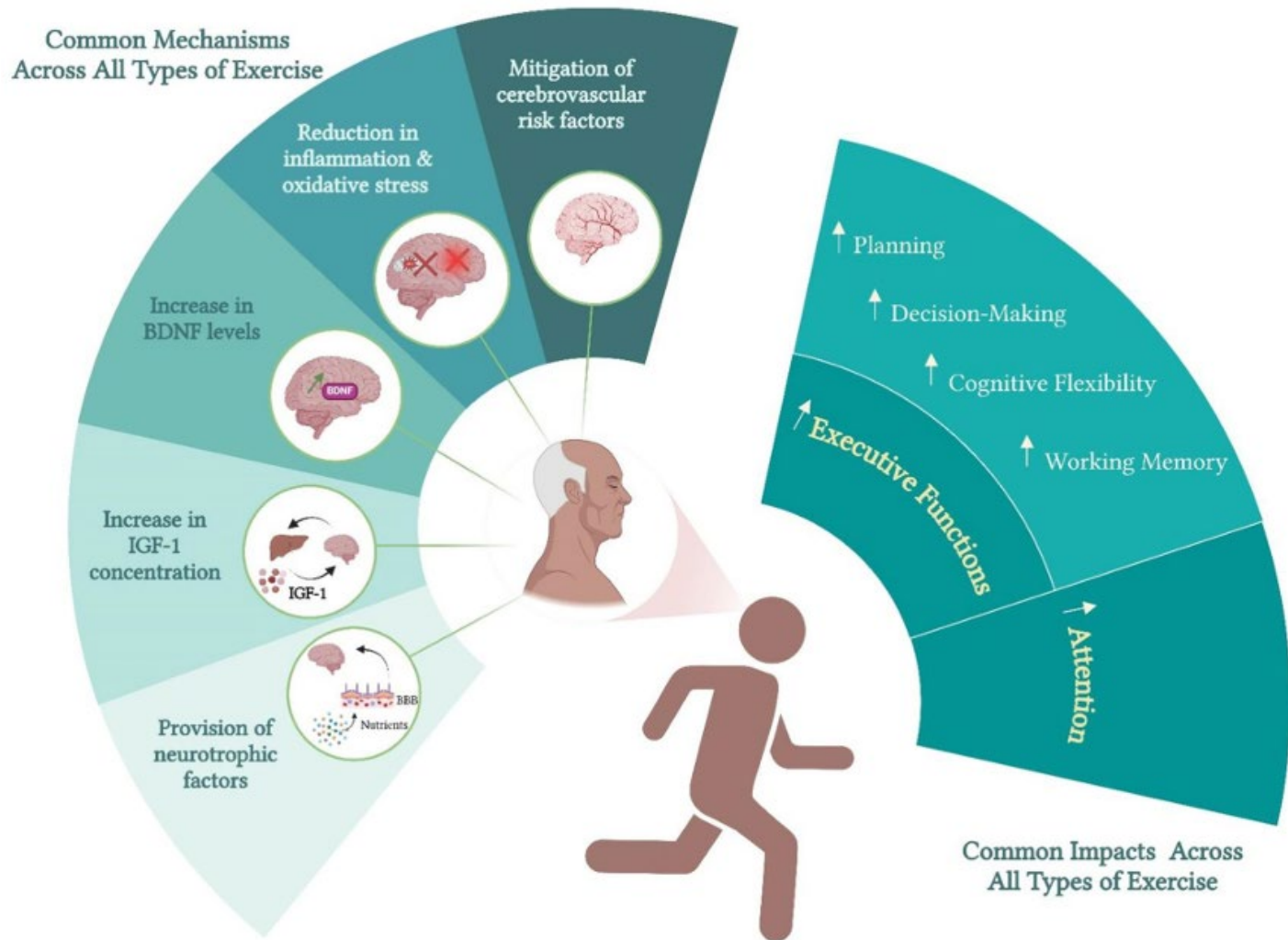
Different types of PA

Li X, Qu X, Shi K, Yang Y and Sun J (2024) Physical exercise for brain plasticity promotion an overview of the underlying oscillatory mechanism. *Front. Neurosci.* 18:1440975. doi: 10.3389/fnins.2024.1440975

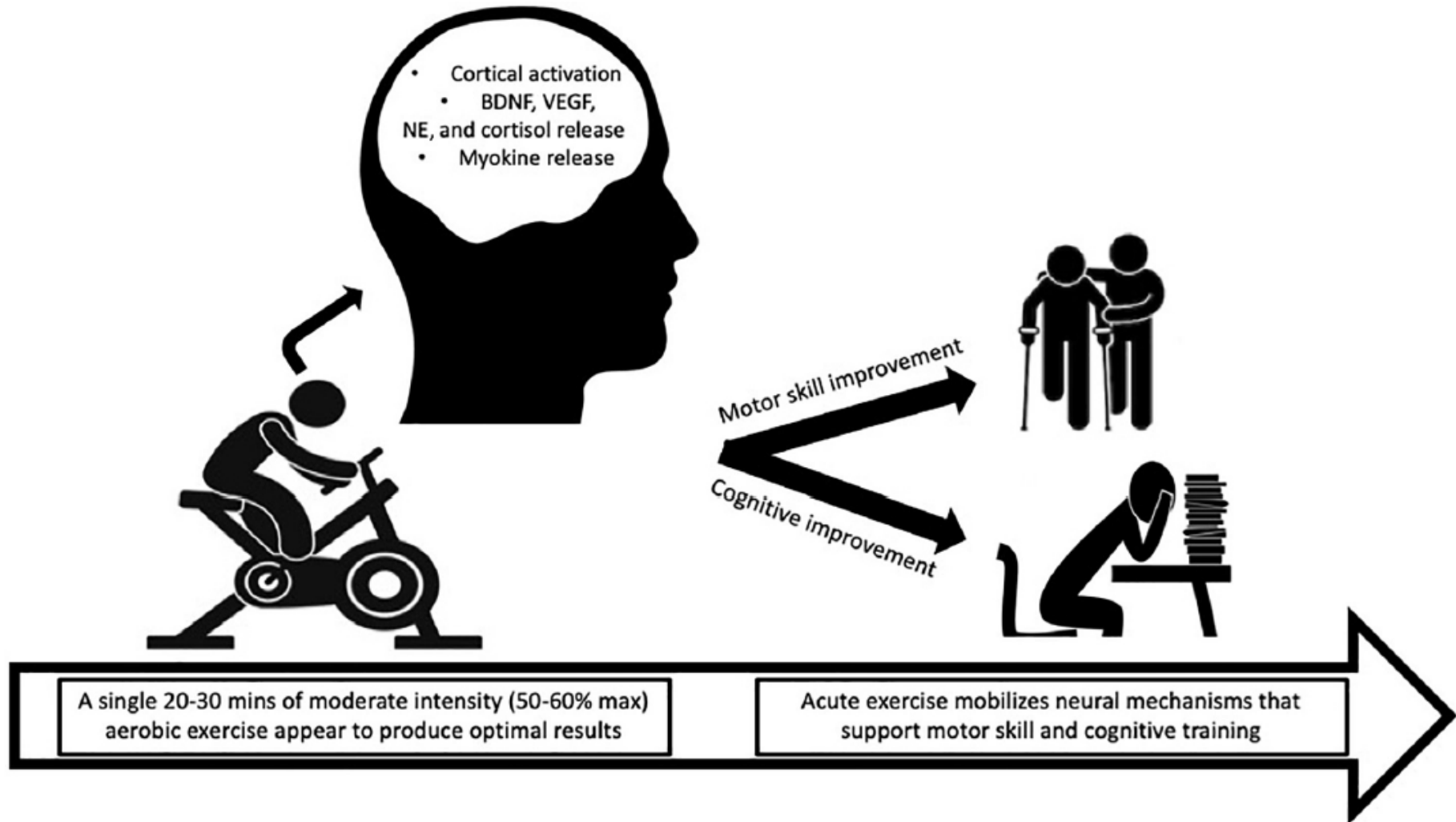
開放技能運動：提高了認知抑制、注意力、自我調節和對環境變化的適應能力。**封閉技能**運動：增強了工作記憶，改善了資訊處理和儲存 (Li et al., 2024)。



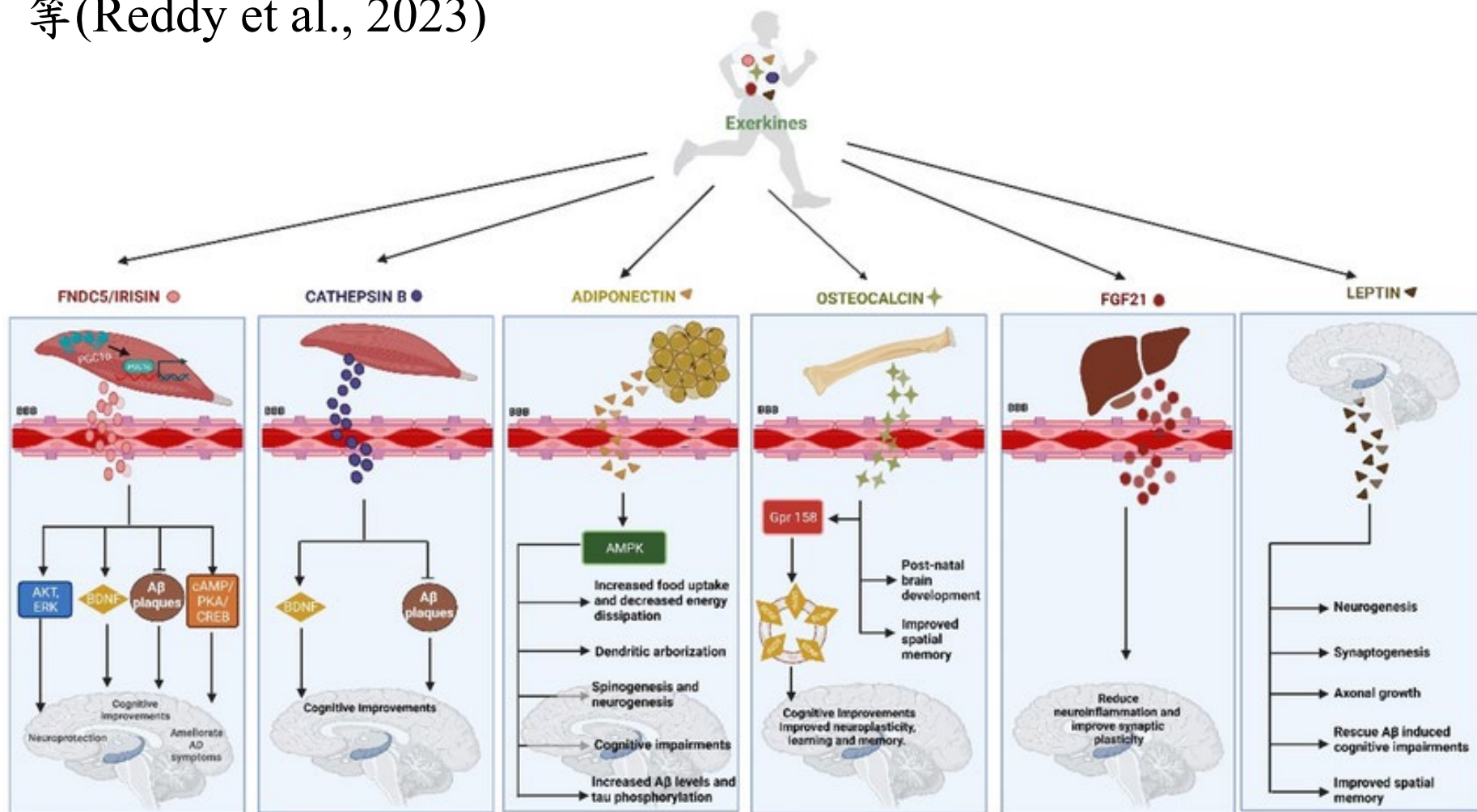
不同運動類型對認知健康的共同影響 (Dhahbi et al., 2025)



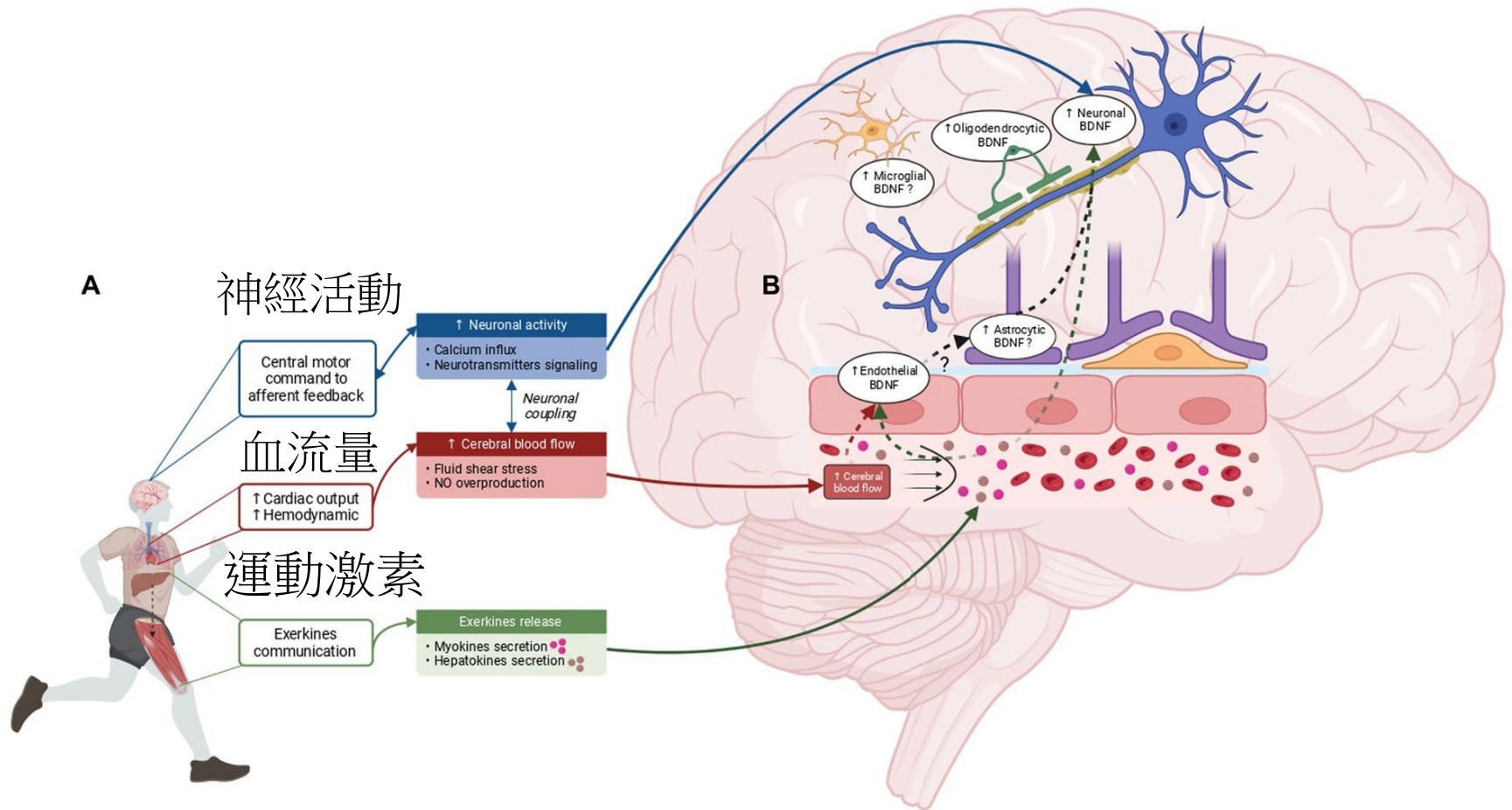
一次**20-30分鐘中強度運動**就可產生改善身體活動能力與腦部認知功能效果) (Moriarty et al., 2019)



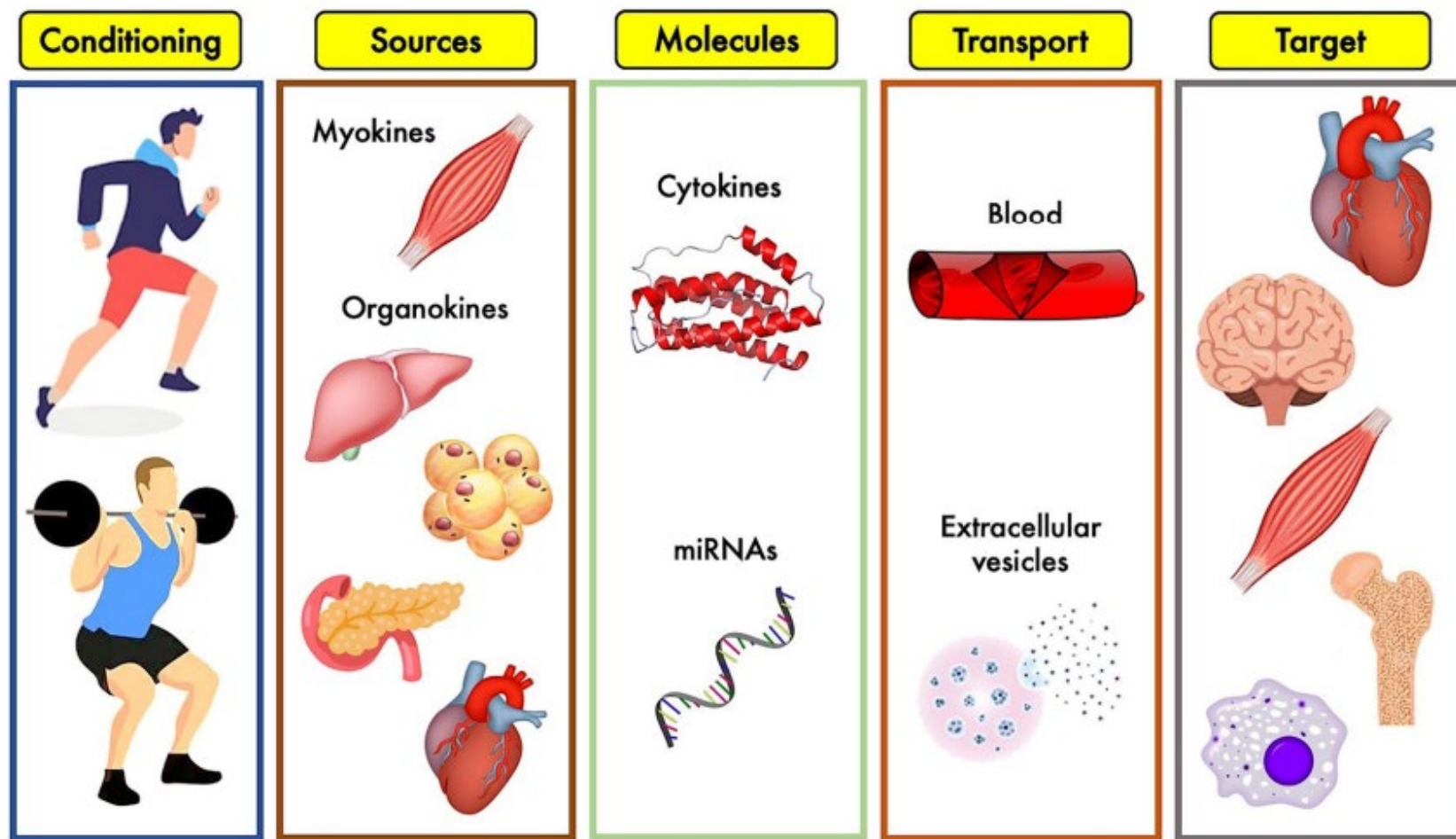
運動會促進很多運動激素從不同的器官釋放出來作用在腦部海馬迴區域：包括鳶尾素(肌肉激素)、脂連素(脂肪激素)、骨鈣素(骨頭激素)、瘦素(腦部激素)、纖維母細胞生長激素21(肝臟激素)等(Reddy et al., 2023)



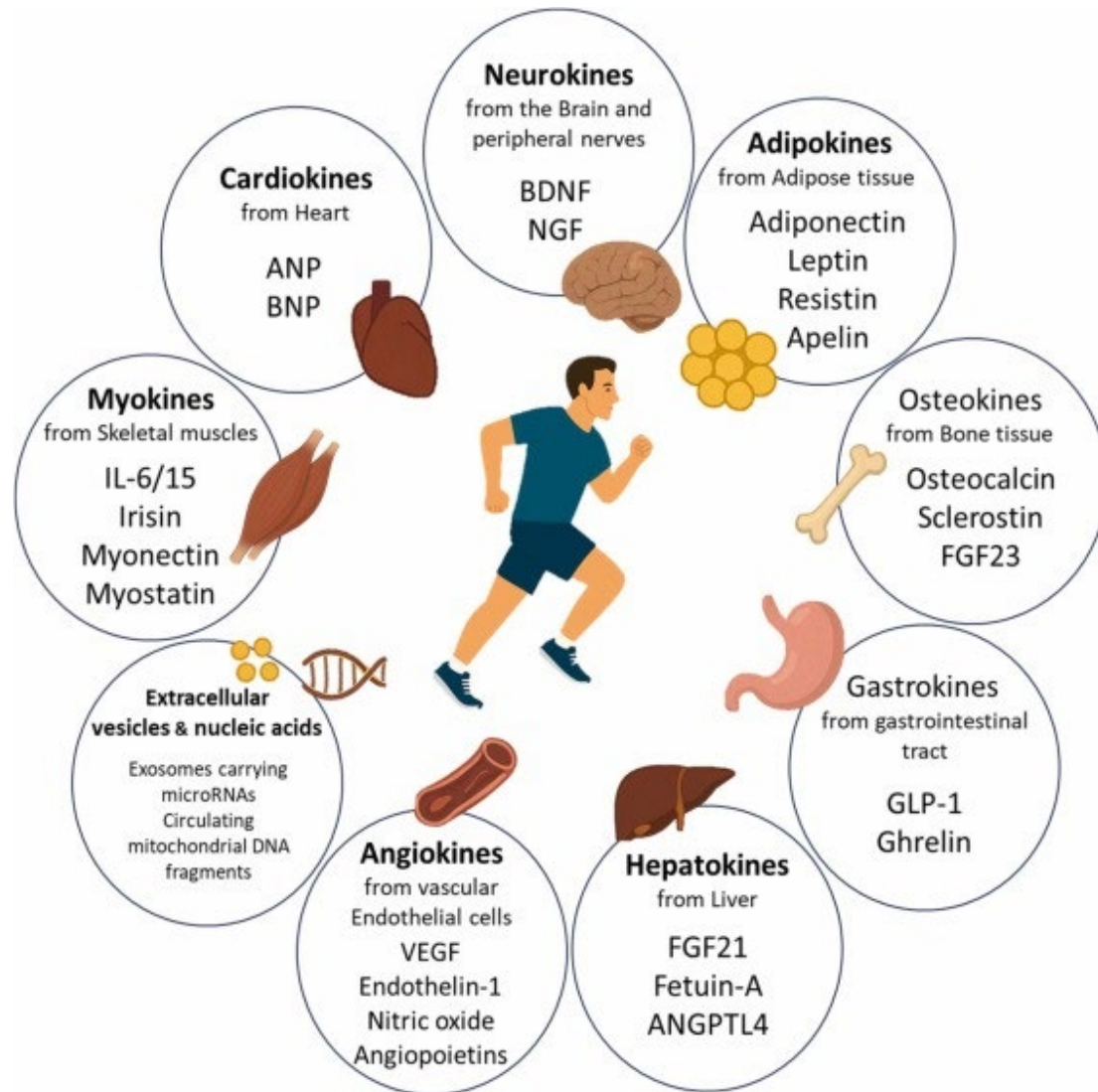
運動引起的大腦 BDNF 增加，被認為是經由三個主要機制驅動：神經活動的增加、腦部血流量升高以及周邊組織中運動激素/因子的釋放(Cefis et al., 2023)



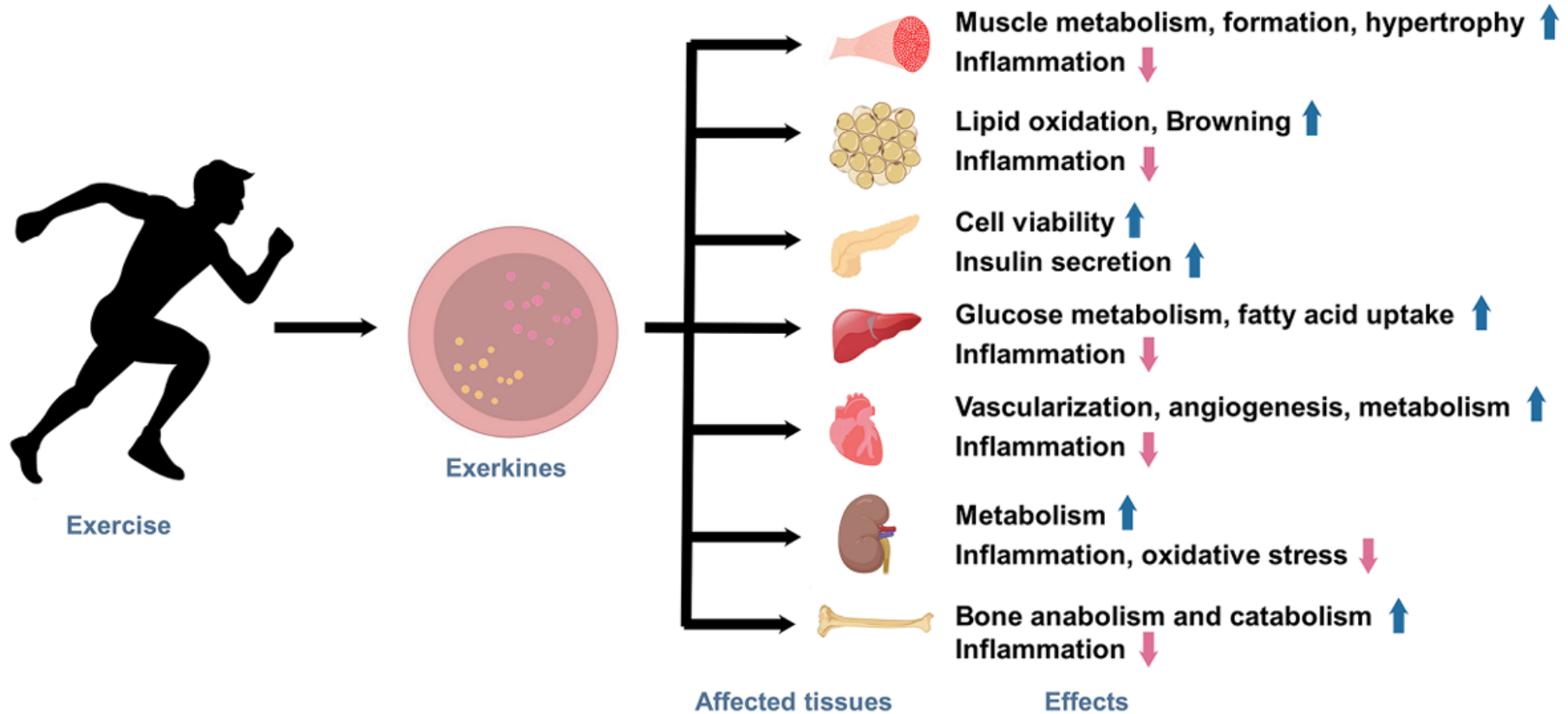
不同類型的運動訓練方式會刺激生物組織釋放大量細胞激素和其他分子，這些分子進入血液循環或進入細胞外囊泡，到達目標器官或組織細胞，產生特定的健康效應 (Magliulo et al., 2022)



人體組織器官在運動反應中釋放的代表性激素 (Alifarsangi et al., 2025)

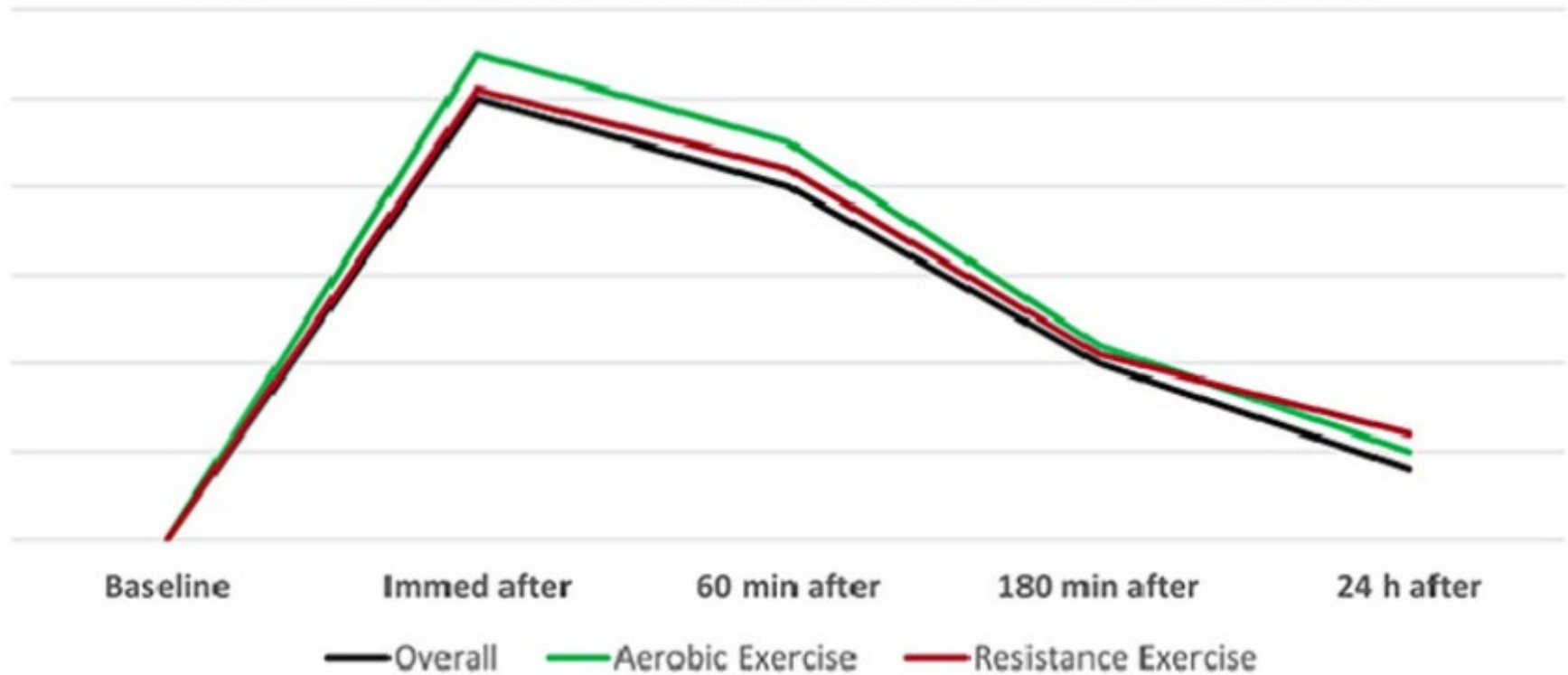


運動引起的**運動激素**對組織和器官的影響。箭頭表示：↑ 促進作用；↓ 抑制作用 (Zhou et al., 2024)



整合分析了62篇研究（n = 1193）發現：單次運動後立即與運動後60分鐘內，會引起肌肉激素表現從小到大的增加，而肌肉激素反應通常會在運動後**180分鐘至24小時**內恢復到運動前水準。有氧運動和阻力運動都會導致肌肉激素表現的顯著變化；然而，這些變化的幅度會因特定的肌肉`激素類型而異。(Bettariga et al., 2024)。

Common trend observed after a single bout of exercise on myokine expression



不同體位與心肺適能程度 運動策略

體位(BMI)	運動部 心肺適能常模表	日常活動	運動方式建議	時間
過輕	PR20以上	日常中除走路、爬樓梯等身體活動外，每1-2小時從事2分鐘的中高強度的運動，如深蹲跳、開合跳	適量有氧、阻力、HIIT	建議以3-4個月為週期，並依體位與心肺適能改變情形，適時調整
過輕	PR20以下		適量有氧、阻力、HIIT	
正常	PR20以上		有氧+阻力	
正常	PR20以下		有氧、HIIT	
過重	PR20以上		有氧、HIIT+阻力	
過重	PR20以下		有氧、HIIT+阻力	
肥胖	PR20以上		有氧、HIIT+阻力	
肥胖	PR20以下		有氧、HIIT+阻力	



改善健康體位教案設計