



115年度高級中等以下學校運動教練增能研習

講師：國立臺灣體育運動大學競技運動學系/運科中心

陳哲修教授

日期：115年1月20日

研習地點：臺中市政府陽明市政大樓5樓大禮堂

相關經歷

- 2024巴黎奧運選手運動科學中區檢測站~主持人
- 角力國家隊體能訓練委員
- 軟網協會運動科學委員
- 射擊黃金計畫協同主持人
- 國家訓練中心授課教師
- 專任教練及體育班訪視委員

- 棒球A、B、C級教練講師
- 角力A、B、C級教練講師
- 跆拳道A、B、C級教練講師
- 羽球A、B C級教練講師
- 高爾夫球B級教練講師
- 足球B、C級教練講師
- 法式滾球級教練講師
- 壘球C級教練講師
- 飛鏢C級教練講師

榮譽 (體育署國光獎章暨 運動科學研究獎勵)

- 民國113年12月 – 優等獎
- 民國110年12月 – 佳作
- 民國109年12月 – 甲等
- 民國102年12月 – 優等獎
- 民國100年11月 – 優等獎
- 民國 99年12月 – 優等獎



如何改善運動表現

1.逐漸增加刺激→適應→表現改善

2.刺激不足→高原期→表現停滯

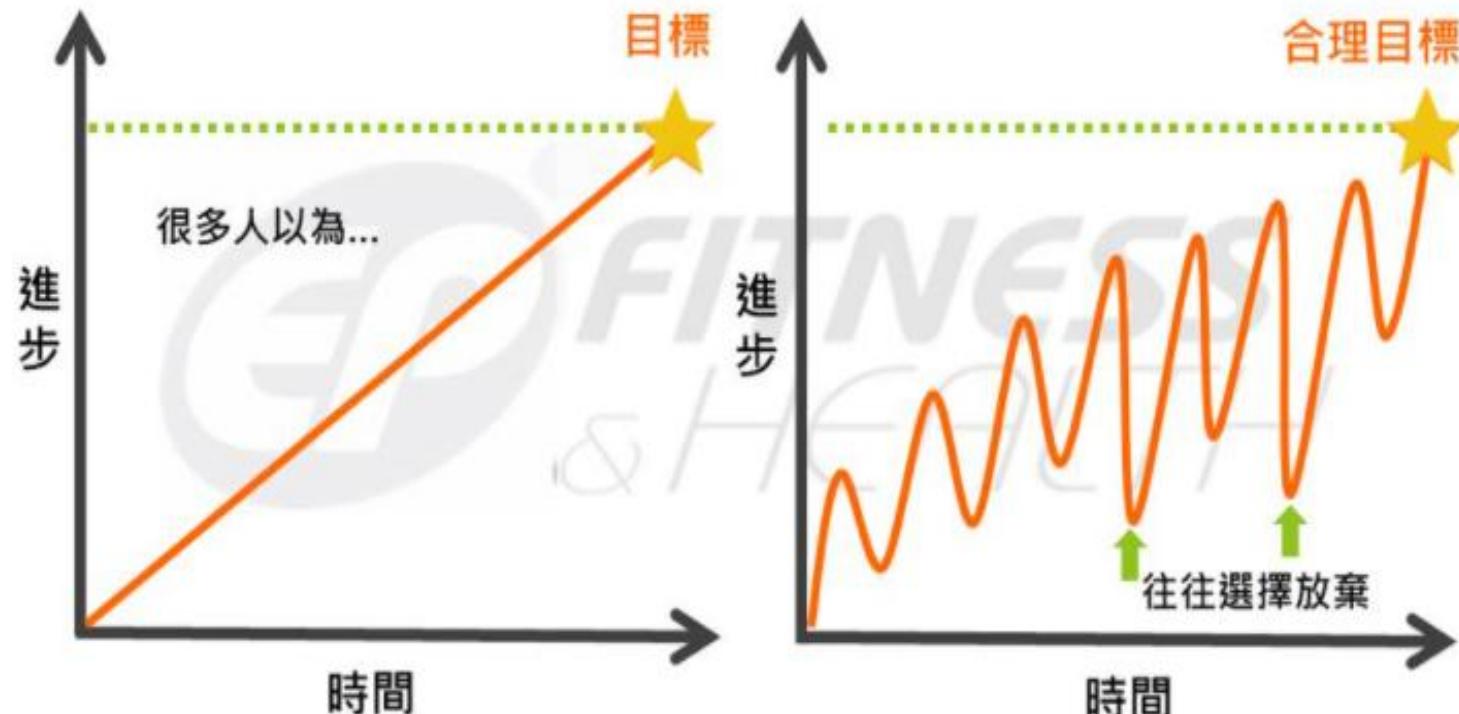
3.刺激過度→不良適應→表現下降

◆訓練必須漸進且系統增加訓練刺激(強度、訓練負荷量、訓練頻率)來引發更多適應來改善運動表現。

理想
Ideal

現實
Reality

你知道嗎?



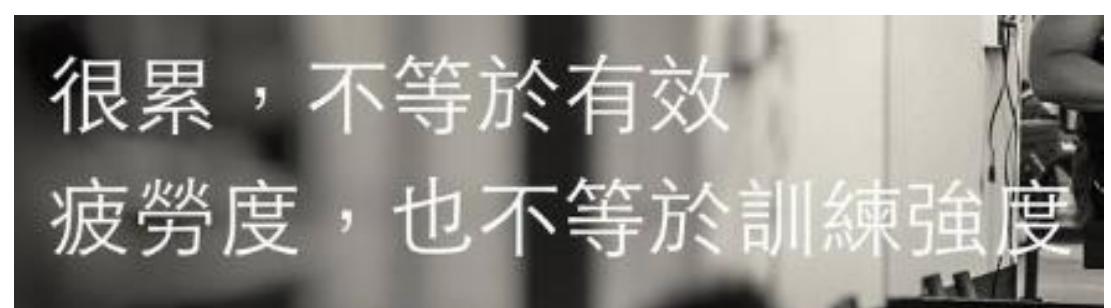
進步從來不是一條直線，
經歷低谷才會令人成長。
4

訓練效果受到以下因素影響

1. 目前身體功能(素質)或訓練狀態 (肌力、發育、耐受性...等)
2. 先前訓練活動效果(熱身方式、神經肌肉訓練、對稱性 ...等)
3. 訓練變項(訓練量、強度、速度...等)
4. 訓練順序(目標項目、複合及單一動作、週期...等)
5. 訓練間隔時間(疲勞、能量恢復、損傷修復...等)

◎每次訓練課內如不超過2-3個訓練模式

其中 60% 到 70% 重點應放在**主要模式**上。 原因:
產生足夠刺激來獲得所需訓練效果。



Confirmation Bias in Sport Science: Understanding and Mitigating Its Impact

Marco Beato,¹ Alexander T. Latinjak,¹ Maurizio Bertollo,² and Daniel Boullosa³

¹School of Allied Health Sciences, University of Suffolk, Ipswich, United Kingdom; ²Behavioral Imaging and Neural Dynamics Center, Department of Medicine and Aging Sciences, University "G. d'Annunzio" of Chieti-Pescara, Chieti, Italy; ³Department of Physical Activity and Sports Sciences, Universidad de León, León, Spain

體育科學中的確認偏誤： 理解和減輕其影響



- 運動科學領域的「**確認偏誤**」（Confirmation Bias），分析其對測試、訓練、監測等方面影響

1. 確認偏誤的影響

- 確認偏誤是人類認知的一種現象，會使個體傾向於尋找、解釋及記住與自身既有信念相符的資訊，並忽略或低估與之矛盾的證據。
- 在運動科學中，這可能影響決策過程，如訓練方法的選擇、數據解讀、選手表現評估等。

2. 確認偏誤的類型

- **資訊搜尋偏誤**（Biased Search for Information）：只尋找支持既有觀點的研究或資料。
- **資訊解釋偏誤**（Biased Interpretation of Information）：對模稜兩可的數據進行偏向性的解釋，使其符合自身預期。
- **資訊回憶偏誤**（Biased Recall of Information）：更容易記住支持自身觀點的資訊，而忽略不利證據。

3. 確認偏誤在運動科學的實例

- **訓練方法**：教練可能偏向特定的訓練模式（如只強調有氧訓練？習慣熱身模式？），而忽視其他有效的方式（如高強度間歇訓練）。
- **數據解讀**：測試數據可能被選擇性地分析，以符合先前的假設，忽略不符合預期的數據。
- **選手選拔**：教練可能根據個人偏好來評估運動員，而非客觀數據。

4. 減少確認偏誤的方法

- **採納多元觀點**：鼓勵教練與學者參與跨學科討論，以獲得不同見解。
- **標準化決策過程**：使用標準化測試與客觀數據來指導訓練決策。
- **批判性思考訓練**：提供科學方法與數據分析培訓，避免主觀判斷。
- **實施反思性實踐**：透過回顧與同儕合作討論來檢視決策的合理性。
- **應用貝葉氏推論**：根據新數據動態調整假設，避免固守單一觀點。
- **儲存詳細記錄**：保存訓練課程、比賽和結果的詳細記錄。
- **定期績效評估**

The Benefits of Research-Embedded Training Camps in Sport Sciences

Olivier Girard and Franck Brocherie

School of Human Sciences, Exercise and Sport Science, University of Western Australia, Perth, WA, Australia; Sports, Expertise and Performance Laboratory (EA 7370), French Institute of Sport (INSEP), Paris, France

在訓練營中同步嵌入科學研究設計全新思路 (RETCs, Research-Embedded Training Camps)

核心價值包括：

1. **強化理論與實務聯結**：把最前沿的訓練科學直接帶進選手現場。
2. **策略共創與執行提升**：教練、選手與研究者共同構思與運作，提升適用性與執行率。
3. **以選手為中心的即時調整**：建立可彈性微調、貼近現場需求的訓練架構。
4. **在高壓環境（例如高溫、缺氧）中進行干預實驗時**，可以即時收集資料、評估效果，並進行動態微調。
5. **提出成功設計 RETCs 原則**：多學科團隊、可控與彈性之間的平衡、共創設計、實務導向目標等。
6. **其他**

訓練模式的演進：從傳統到研究型訓練營

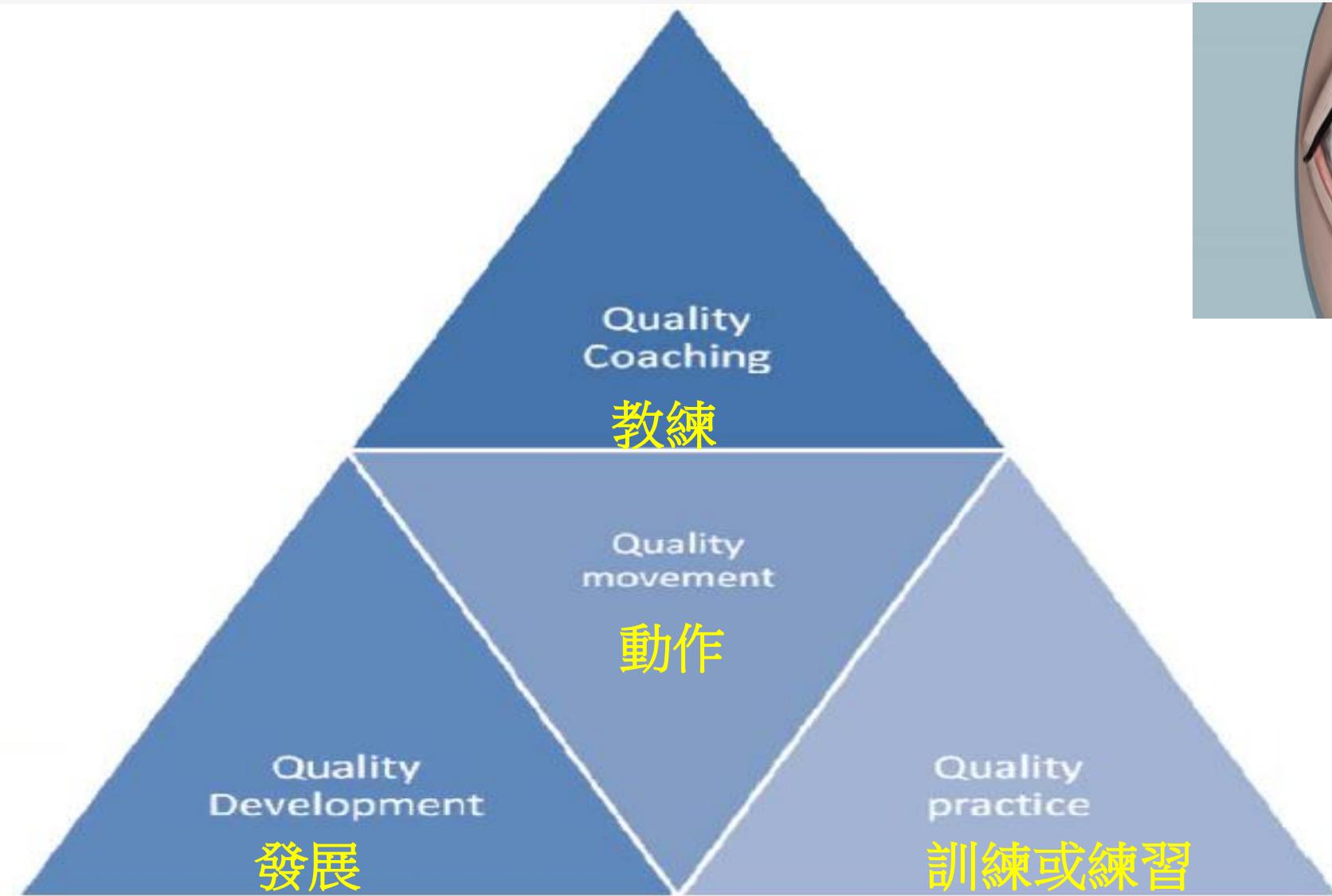
體育訓練的發展歷程從獨立的實踐和研究，逐步演變為緊密結合的協同模式。

重塑訓練模式：
「訓練營 + 研究設計」
成為下一代競技優勢

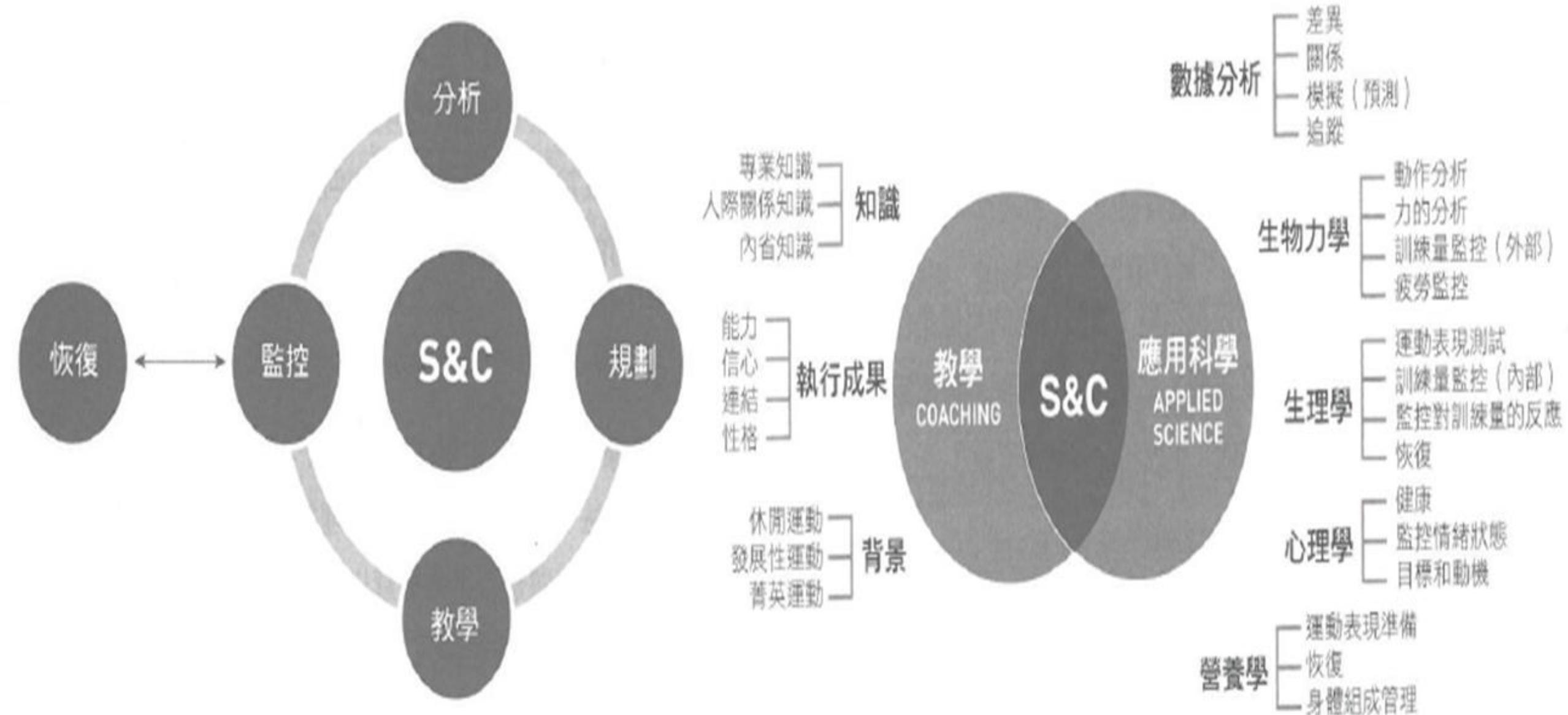


此圖展現了將科學研究深度嵌入運動訓練的轉變，旨在實現運動表現的最佳化。¹²

科學化訓練→”品質”



如何從「感覺型訓練」進化成「數據驅動訓練」領導者



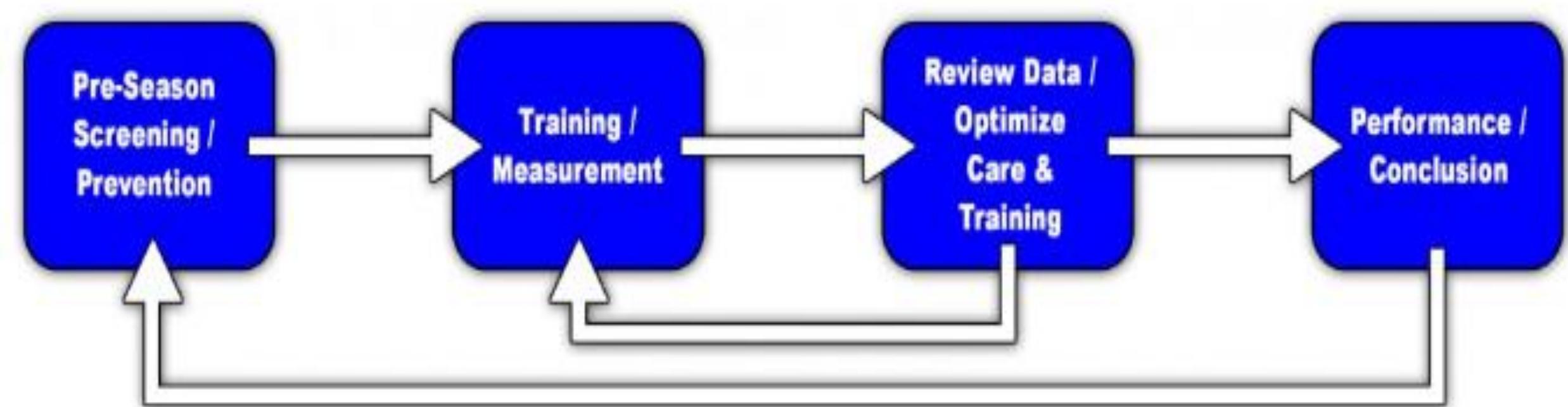
整體運動訓練監控計畫

賽季前診斷/
訓練規劃

賽季中訓練監控

依據監控數據定期
評估理想訓練計畫

運動表現評估



Adapted from John P. Sullivan (2014)

成功的數據驅動(導向)訓練

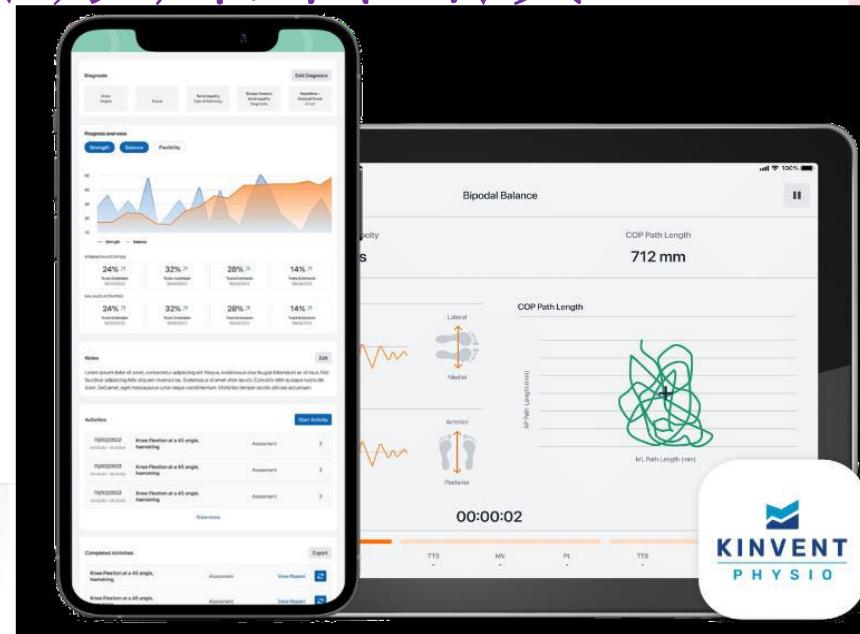
- 須結合以下指標：



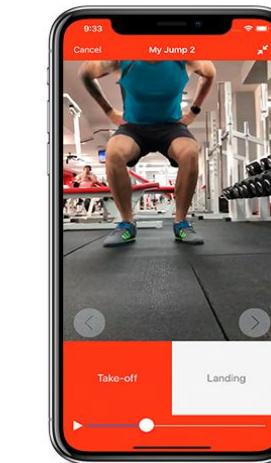
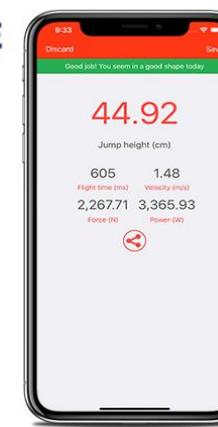
- 選手、教練與運科團隊應共同建立「整合式訓練監控流程」，結合科學化與現場實用性，才能真正落實「有效訓練×降低風險×可持續進步」

搭配運動科技設備進行運動訓練回饋

- 離心肌力(KBOX4 與 KPULLEY2)
- 測力板 (KINVENT)
- 握力計(K-FORCE)
- 速度監控 (Gym Aware)
- 智能阻力訓練(ELIGA)
- My Jump 2
- 跳墊或光柵



KINVENT
PHYSIO



<https://www.unclesam.cc/blog/push-band/>

回饋介入訓練之效益

Augmented Feedback Reduces Jump Landing Forces

James A. Onate, MA, ATC¹

Kevin M. Guskiewicz, PhD, ATC²

Robert J. Sullivan, BS³

- 透過視覺及口語方式指導受試者如何柔軟落地
→降低垂直地面反作用力→有助於降低下肢損傷 (尤其
籃球、排球員、體操及足球)



Jump performance and augmented feedback: Immediate benefits and long-term training effects



Martin Keller^{a,*}, Benedikt Lauber^b, Dominic Gehring^b, Christian Leukel^{a,b},
Wolfgang Taube^a

- 跳躍訓練中是否給予回饋之效益
- 100%回饋組: 進步14%
- 50%回饋組: 進步10%
- 0%回饋組: 進步6%



一、訓練目標導向數據指標（提升表現）

| ◎ 目標 | 搭配關鍵指標 | 目的與應用說明 |
|-----------|---------------------------|--|
| 提升爆發力 | 功率輸出 (Power, W/kg) | 透過Jump Mat、Force Plate、MyJump等工具追蹤功率是否提升 |
| 提升加速度 | 分段衝刺時間 (10m、20m) | 光柵或雷達槍紀錄，分析加速曲線與技術瓶頸 |
| 提升最大速度 | 最高移動速度 (Peak Velocity) | GPS或雷達回饋，調整衝刺步頻與步幅策略 |
| 提升肌力／RFD | Isometric Peak Force, RFD | 利用等長力量測試評估神經肌力與出力速率 |
| 提升運動表現穩定性 | Velocity Loss (速度損失率) | 用於跳躍／舉重／衝刺，調整訓練劑量與防止技術崩潰 |
| 技術效率與對稱性 | 著地力量不對稱 (Force Asymmetry) | 透過力板、著地分析儀檢測，維持運動鏈整合與技術穩定性 |

二、損傷預防導向的數據指標 (監控疲勞與恢復)

| 🔍 項目 | 關鍵監測指標 | 意義與應用說明 |
|-----------|----------------------------|-----------------------------|
| 神經疲勞監控 | HRV（心率變異度）、安靜心跳、RPE、握力、垂直跳 | 追蹤每日神經系統狀態，作為訓練強度調整依據 |
| 肌肉疲勞／傷害預測 | CK（肌酸激酶）、肌肉僵硬度、筋膜硬度 | 若CK或僵硬度顯著升高，調整訓練負荷與恢復策略 |
| 動作模式風險 | 動作補償指標（如著地偏移、膝外翻角度） | 使用3D動作分析或穿戴感測器，預測受傷風險 |
| 肌力不平衡 | 肌力比例（Ham/Quad Ratio、左右差值） | 測試等速肌力或等長力量，用於ACL、下背等部位風險監控 |
| 主觀回饋 | 疲勞量表、睡眠品質、酸痛VAS | 訓練前快速回報，與客觀數據整合判斷恢復與風險 |
| 生理負荷變異 | TRIMP、HR zone分布 | 對抗「隱性過度訓練」，特別適用於球類或多變場上運動 |

三、整合性實施架構（進階應用）

- 每週訓練管理流程建議：

| 時間點 | 測量指標 | 用途 |
|---------------|----------------------|--------------------|
| 訓練前 (疲勞監控) | HRV、安靜心跳、疲勞問卷、CMJ功率 | 決定是否進行高強度訓練 |
| 訓練中 | VBT速度、功率、速度損失率 | 控制每組訓練質量與即時回饋 |
| 訓練後 (疲勞監控) | HR回復、CK、僵硬度、酸痛評分 | 評估負荷是否過高，決定恢復時間與策略 |
| 每週追蹤 | 10m/20m速度、跳高、肌力、主觀回報 | 監控週期進展與調整訓練計畫 |

四、實際應用案例：下肢爆發力訓練範例

- 若以負重跳與衝刺跑為主軸，搭配指標如下：

| 類別 | 內容範例 | 數據指標 | 判讀與應用 |
|-------|--|-------------------------|---|
| 衝刺跑訓練 | 負重雪橇衝刺 $20m \times 4$ | 速度損失率 (%) | 若 $>20\%$ ，表示疲勞或負荷過重需調整 |
| 跳躍訓練 | Jump Squat 40% $BW \times 4\text{組} \times 5\text{下}$ | 功率 (W/kg)、 垂直跳高 (cm) | 功率下降 \rightarrow 疲勞；跳高提升 \rightarrow 表示適應提升 |
| 恢復監控 | 每天早上HR、 HRV、疲勞RPE、 握力、酸痛VAS | HRV下降3天以上 或其他指標異常 | 調降訓練強度及負荷量 |



How Much? How Fast? How Soon? Three Simple Concepts for Progressing Training Loads to Minimize Injury Risk and Enhance Performance

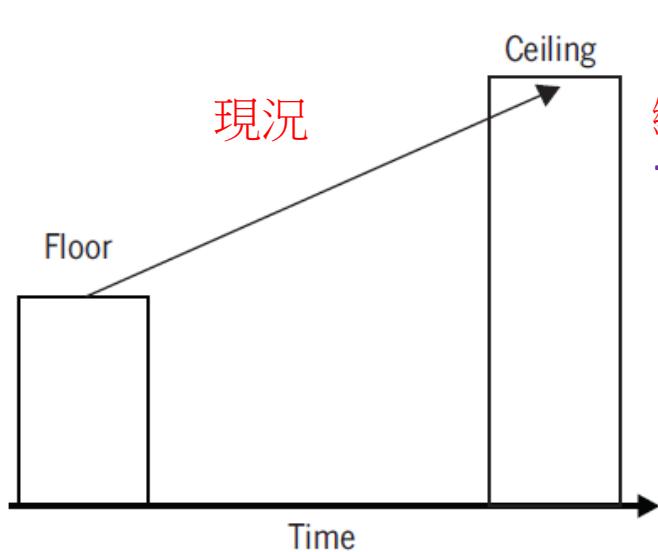
How much ? 訓練負荷要加多少? 理想劑量?

How fast ? 訓練負荷要增加多快?

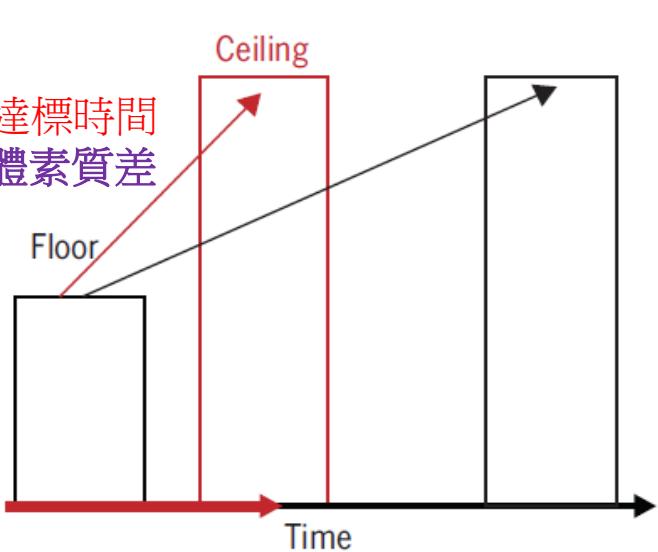
How soon ? 受傷後，多久可以增加訓練負荷?
運動員多久可以重返賽場?

發展訓練計畫需考量? 地板 Floor, 天花板 Ceiling, 時間 Time

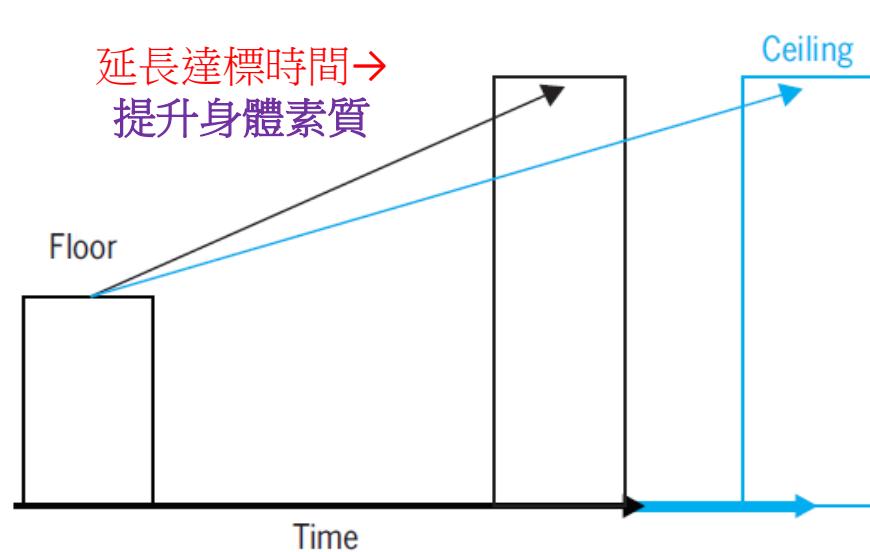
A



B

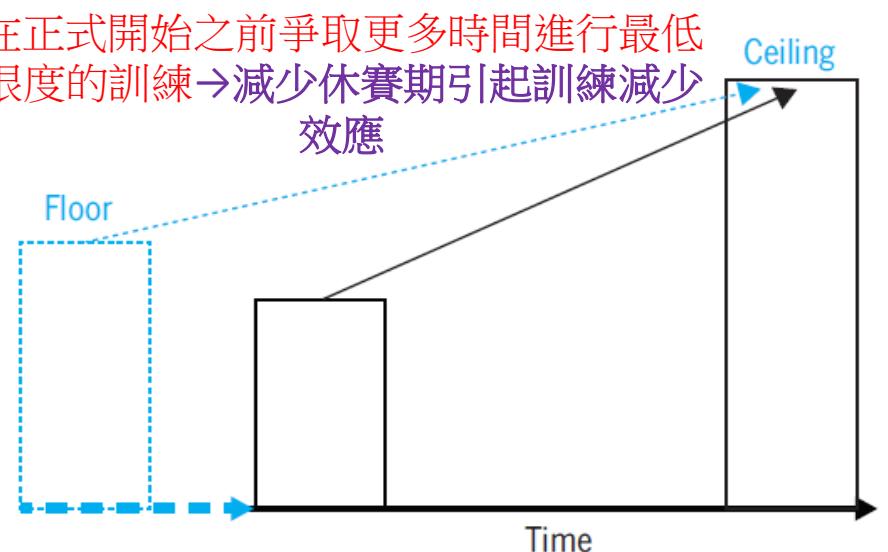


C



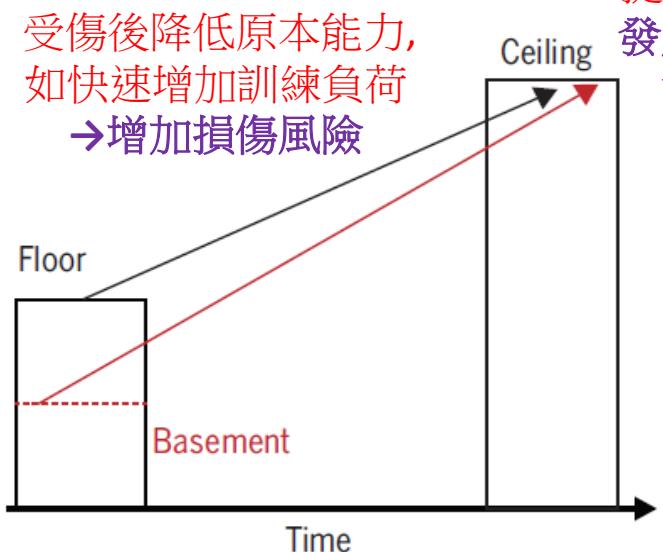
D

在正式開始之前爭取更多時間進行最低限度的訓練→減少休賽期引起訓練減少效應

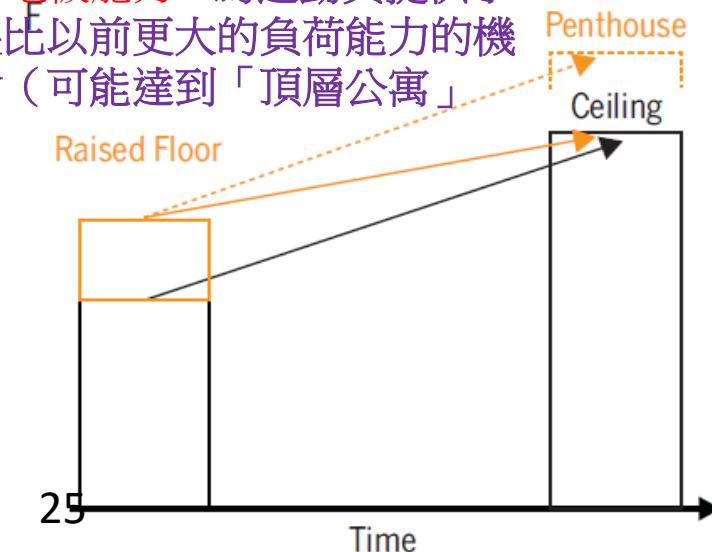


E

受傷後降低原本能力,
如快速增加訓練負荷
→增加損傷風險



提升地板能力→為運動員提供了
發展比以前更大的負荷能力的機會
(可能達到「頂層公寓」)



確保運動員做好充分準備應對比賽 要求的五種方法

1. 在休賽期和受傷期間保持足夠的訓練負荷。
2. 確定上限，確保訓練負荷與比賽需求成比例。

- ◆ 使用穿戴式裝置和視訊技術被用來評估特定運動項目在上限時的要求。(峰值跑步強度、最長跑動距離、投球數、重複衝刺距離以及重複努力活動)。
- ◆ 如果沒有昂貴技術，鼓勵[查閱運動專項文獻](#)。精英和非精英、成年人和青少年、男性和女性之間的個人負荷能力和絕對比賽要求會有所不同。

3.評估運動員訓練耐受力的個別差異

- ◆ 非常年輕和年長運動員，以及有長期受傷史、訓練史較差、肌肉骨骼發展不均衡以及力量和有氧體能較低者可能無法耐受訓練負荷的快速增加。以及最有可能在訓練中受傷。

4.確定比賽中最艱難的階段並做好準備。

◆為比賽的要求而進行的訓練可能意味著運動員對「最壞情況」的準備不足情景。」這可能引發至少 2 個後果：

- (1) 運動員無法完成通常決定比賽結果的高強度任務。
- (2) 運動員在嘗試這些活動時受傷的風險更大。

5.訓練計畫需要了解：

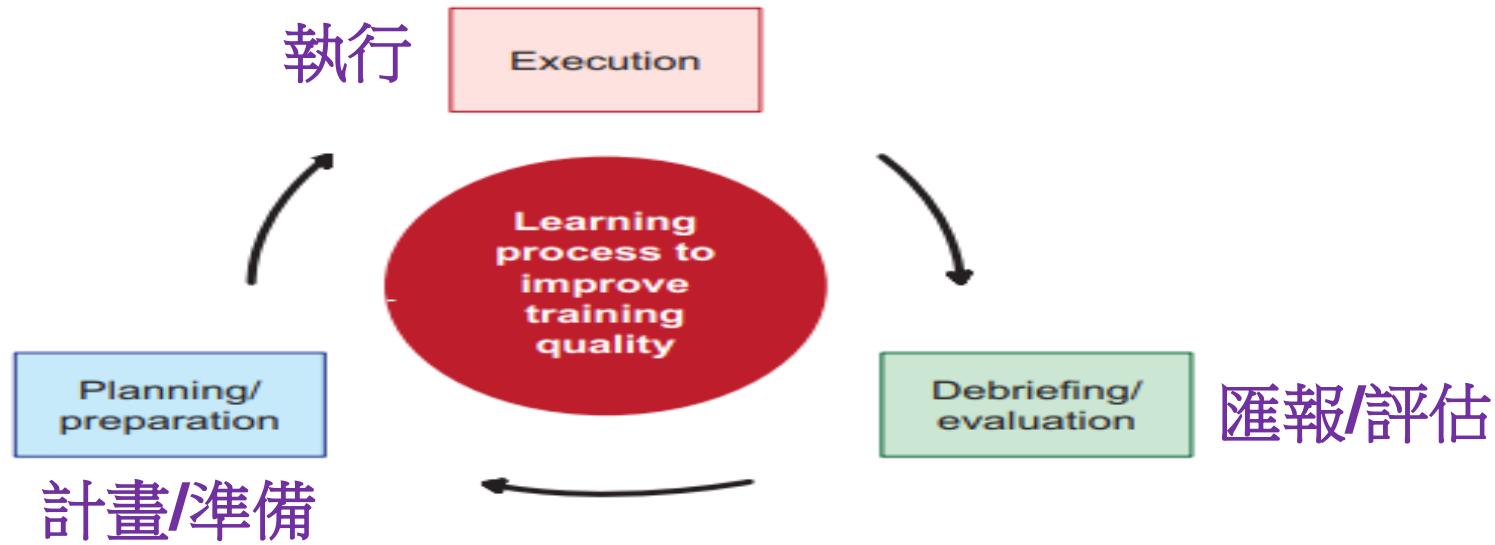
- (1) 這項運動的體能需求
- (2) 進行這些活動所需的體能能力
- (3) 限制個人表現的因素。

◆教練應該考慮並規劃從地板到天花板所需的適當時間。

◆訓練帶來的復原力和強健度需要時間，不同的身體能力會以不同的速度適應。

◆循序漸進、系統性地增加訓練負荷，使運動員能夠安全地達到極限，降低受傷風險，提高可用性，並提高運動表現。

如何提高訓練質量？



| Before the session | During the session | After the session |
|---|--|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. 明確目標及任務2. 選擇適當運動型態、強度、時間、地形、設施。3. 教練在場指導。4. 內在/外在負荷調控依據（例如：心跳率、速度、乳酸、RPE…等）。5. 營養及液體攝取規劃。6. 心智準備。 | <ol style="list-style-type: none">1. 運動強度持續控制及微調。2. 心理意識並專注預先計畫及任務。3. 根據計畫攝取營養及液體。4. 教練或同伴回饋。 | <ol style="list-style-type: none">1. 恢復計畫。2. 立即匯報：身體、技術及心力評估。3. 檢討計畫目標及執行之間是否一致性。4. 討論整體計畫及特殊訓練是否有適當調整。 |

運動時間及訓練目標原則

| 運動時間 | 運動強度 | 主要能量系統 | 專項肌力 |
|-----------|-------|------------------------|--------|
| <10 秒 | 最高 | ATP-PC | 爆發力 |
| 10-30 秒 | 最高至很高 | 無氧醣酵解（爆發力） | 持續爆發力 |
| 30 秒-2 分鐘 | 高 | 無氧醣酵解（潛能）/有氧醣酵解（爆發力） | 短暫肌耐力 |
| 2-8 分鐘 | 中高 | 有氧醣酵解（爆發力） | 中等肌耐力 |
| >8 分鐘 | 低至中高 | 有氧醣酵解（爆發力至潛能）/脂肪氧化（潛能） | 長時間肌耐力 |

◆ 兒童及青少年盡量避免進行無氧醣酵解訓練（無氧耐力）

◆ 不適宜發展原因：身體酸鹼度耐受度差，對乳酸系統訓練適應力差。

◆ 兒童心臟發育還不完善，心臟容積、重量都比成年人小，心臟收縮力較弱。

◆ 過早過多進行無氧耐力訓練，會使幼兒心臟心肌壁增厚，心肌增強，短時間內成績會提高很快，但心腔較小，會縮短運動壽命。

運動訓練方式與殘餘疲勞關係

表 9-4 訓練目標與疲勞狀態

| 運動員的殘餘疲勞 | 訓練目標* |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 無（輕鬆的） 原文=Absent (fresh) | 技術，戰術（學習），加速，最大速度，爆發力 |
| 低 | 技術，戰術，加速，速耐力，最大肌力，爆發力，爆發性耐力 |
| 中 | 特殊耐力，有氧爆發，短與中肌耐力 |
| 高（疲累的） | 在專項體能之下的有氧能力、技術與精細戰術，長肌耐力 |

*要求殘餘疲勞最小化的訓練目標，應在輕鬆日之後訓練，且置於訓練課程的第一順序。

表 4-2 衰竭訓練後的恢復時間

| 恢復過程 | 恢復時間 |
|--------------|-----------|
| APT-CP 的回補 | 2-8 分 |
| 肌肉肝糖的回補： | |
| • 長時間運動後 | 10-48 小時 |
| • 間歇性運動後 | 5-24 小時 |
| 肌肉與血液中乳酸的消除： | |
| • 藉由主動的恢復 | 30 分-1 小時 |
| • 藉由被動的休息 | 1-2 小時 |

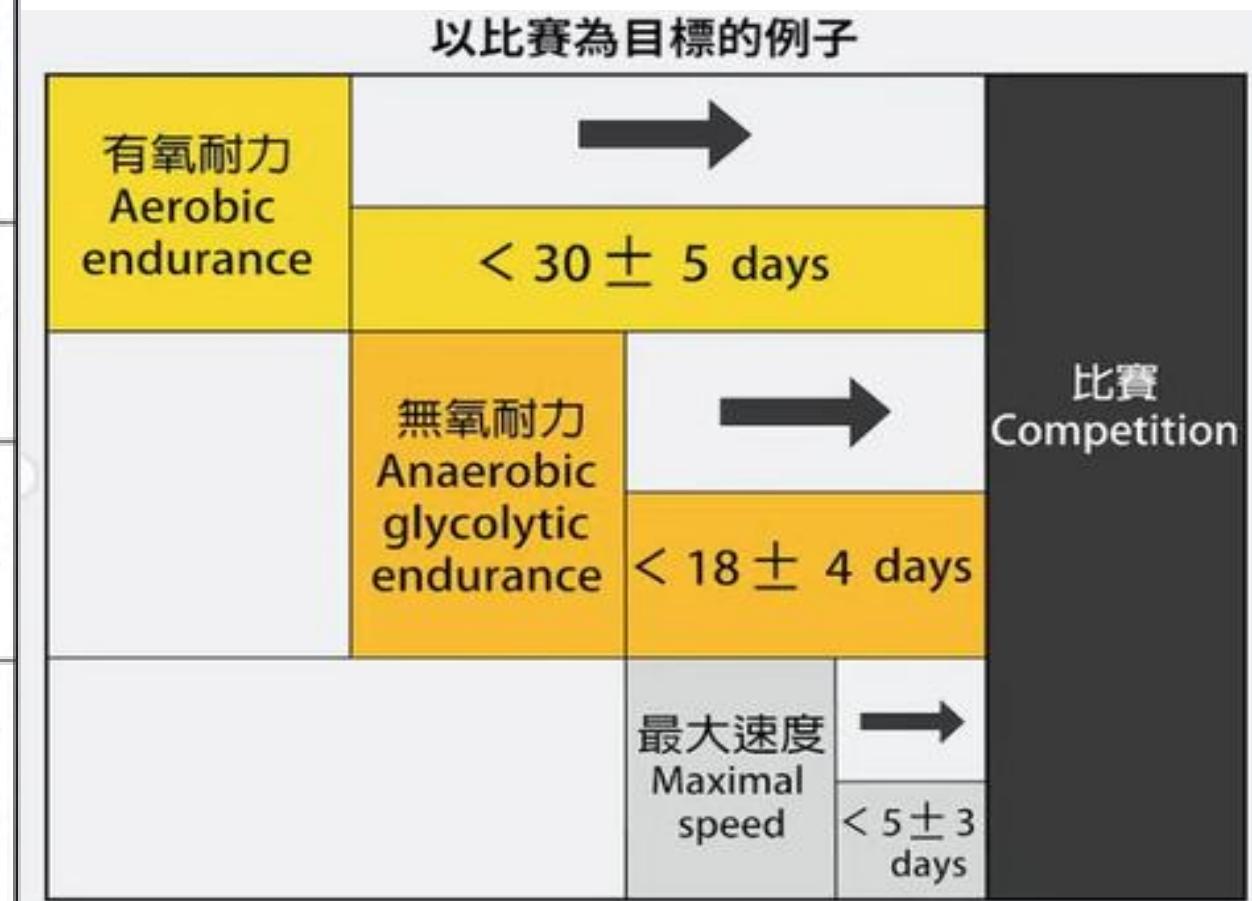
表 4-1 血液與肌肉中乳酸移除所需的时间

| 百分比 | 時間 (分鐘) |
|--------|---------|
| 25-30 | 10 |
| 50-60 | 25 |
| 90-100 | 75 |

資料來源：： from T.O. Bompa and F. Claro, 2009, *Periodization in rugby* (Aachen, Germany: Meyer & Meyer Sport), 33.

訓練殘餘效果

| 生理能力 | 殘留時間 (天) | 生理特點 |
|--|----------|---|
| 有氧耐力 Aerobic endurance | 30 ± 5 | 增加有氧酵素、粒線體、肌肉微血管、血紅素的數量、增加肝醣的儲存量，以及提高脂肪代謝率。 |
| 最大肌力 Maximal strength | 30 ± 5 | 改善神經機制、肌肥大主要是由於肌纖維變粗大。 |
| 無氧耐力 Anaerobic glycolytic endurance | 18 ± 4 | 增加無氧酵素的數量、增加肝醣的儲存量，對乳酸的耐受性提高。 |
| 肌耐力 Strength endurance | 15 ± 5 | 肌肥大效果主要發生在慢縮肌，提高有氧/無氧酵素，更好的局部血液循環以及對乳酸的耐受性提高。 |
| 最大速度 Maximal speed | 5 ± 3 | 提高神經跟肌力的交互作用以及對動作的控制，控制磷酸肌酸的儲存量。 |



訓練相容性因子(Compatibility)

- 相容: 同時做不同訓練時，兩種訓練同時產生進步效果程度
- 不相容: 很多訓練是不相容的。在同一時間或短時間以內做了效果非常不同的訓練，結果造成身體無法「消化」運動的刺激，導致一部分甚至全部的訓練變成無效。
- 由於這現象背後的原因來自於兩種不同訓練的相互干擾，也稱為干擾效應 (Interference) 。
- 例如: 把肌肉生長為目的的重量訓練，和促進心肺功能的耐力訓練，同時或短時間內做完。
- 例如: 耐力訓練與爆發力或敏捷訓練一起訓練。

耐力訓練及肌力訓練 一起練，效果加倍？

- Hickson (1980)研究: 耐力訓練和力量訓練同時進行10週: → **力量增長減緩**。
- ◆ Ratamess等人 (2016)研究: 阻力訓練前先進行15-45分鐘耐力訓練: → **阻力訓練表現降低9-19%**。
- 兩種訓練目標間隔2-9小時 (最好隔24小時) 休息時間
- 先心肺訓練(上午)→肌力訓練(下午)
- 技術訓練，不建議在訓練階段最後進行 (降低訓練品質及增加損傷風險)



| 主要培訓重點 | 相容訓練因子 |
|--------|--|
| 有氧耐力 | 1. 肌耐力訓練 2. 最大肌力訓練 3. 無氧耐力訓練 4. 技術和戰術訓練(先執行此培訓重點) |
| 無氧耐力 | 1. 肌耐力訓練 2. 有氧-無氧綜合耐力訓練 3. 爆發耐力訓練 4. 衝刺和敏捷訓練 5. 爆發性肌力/爆發力訓練 6. 肌力訓練 7. 技術和戰術訓練(先執行此培訓重點) |
| 衝刺能力 | 1. 最大肌力訓練 2. 增強式訓練 3. 爆發性肌力/爆發力訓練 4. 敏捷訓練 5. 技術和戰術訓練(先執行此培訓重點) |

| 主要培訓重點 | 相容訓練因子 |
|-----------|---|
| 最大肌力 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 短跑訓練 2. 敏捷訓練 3. 爆發性肌力/爆發力訓練 4. 無氧耐力訓練 5. 技術和戰術訓練(先執行此培訓重點) |
| 爆發性肌力/爆發力 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 短跑訓練 2. 敏捷訓練 3. 最大肌力訓練 4. 增強式訓練 5. 技術和戰術訓練(先執行此培訓重點) |
| 技術訓練 | 在技術工作之後執行的訓練 |
| 戰術訓練 | 在戰術行動之後執行的訓練 |

運動前熱身R.A.M.P四大元素

| 原理 | 例子 |
|--|--|
|  Raise (提升) 利用低強度運動使身體進入預備狀態，提升各項指標包括體溫、心率、呼吸頻率、血液流動、關節潤滑性和警覺性等 | 作慢跑和單車機等傳統帶氧運動，也可加入運動專項所需活動模式，如左右橫移拼步、交叉步和變向跑等 |
|  Activate (激活) 激活主要肌群如臀部和肩膀，包括深層穩定肌群，可作為傷患預防 (Prehab)練習 | 使用迷你橡筋套 (mini-band)、阻力帶 (resistance band)或過頭蹲 (overhead squat) 動作 |
|  Mobilize (可動) 透過動態活動，開啟運動所需的關節活動幅度 (range of motion) | 模仿專項所需動作 (如弓步、轉體和揮動作動態伸展，注意動作幅度和穩定性，亦可輔以工具如泡沫滾軸 (foam roller)、按摩球和伸展棒等 |
|  Potentiate (增益) 激活中樞神經，進一步提升身體亢奮度，有助進入狀態和促進表現效率 | 利用活化後增益 (PAP)技巧，作爆發性跳躍動作、衝刺跑和快速來回變向移動等。可加入專項元素如持球衝刺和跳躍奪球等 |

文獻參考: Jeffreys, I. (2007), Professional Strength and Conditioning

全面的熱身能讓身體在生理和心理層面得到更充足的準備，對提升肌肉力量、爆發力、速度、反應和預防傷患至為重要

PAPE 實戰策略指南： 從科學理論到賽場致勝

解構「活化後表現增強」，
為頂尖運動員打造致勝關鍵



我們的共同目標：在關鍵時刻，激發暫時性的巔峰表現

在競技運動中，
分秒之差即是勝負之別。



科學化訓練不斷尋求能合
法、有效地短暫提升運動表
現的方法。



策略性地運用「預負荷體能活
動 (Conditioning Activity,
CA)」，在短暫休息後，能夠
顯著改善爆發力與運動表現。



短暫休息後



PAPE 調控儀表板：掌握四個關鍵變因，客製化你的致勝策略

要有效誘發 PAPE，我們必須像策略師一樣，精準調控四個核心因子。這四個因子共同決定了 PAPE 效果的成敗與幅度。





調控鈕 #1：CA 型態 — 選擇你的活化工具

過去研究主要以阻力運動及增強式運動作為誘發 PAPE 的 CA。兩者各有優勢，選擇取決於目標與選手特性。



阻力運動 (Resistance Exercise)

- 範例：深蹲 (Squat)，硬舉 (Deadlift)，半蹲 (Half-Squat)
- 特性：高負荷、強調力量產生。
- 研究發現：中高強度的深蹲能有效提升跳躍、衝刺等表現。**等長收縮模式因較低的代謝成本**，可能產生更佳效果。



增強式運動 (Plyometric Exercise)

- 範例：落下跳 (Drop Jumps)，跨欄跳 (Hurdle Hops)，連續跳躍 (Consecutive Jumps)
- 特性：高速度、強調反應能力與彈性。
- 研究發現：被許多學者認為實施效率高、效果果好。應注意**方向性 (垂直 vs. 水平)**需配合運動專項需求。



調控鈕 #2：強度與量 — 精準設定刺激的「劑量」

不同的 CA 型態，其最佳的強度與運動量組合也不同。目標是在不過度疲勞的前提下，給予足夠的刺激。

阻力運動 (Resistance Exercise) 建議劑量



結論：需要較高的負荷與足夠的量來啟動 PAPE 效果。

增強式運動 (Plyometric Exercise) 建議劑量

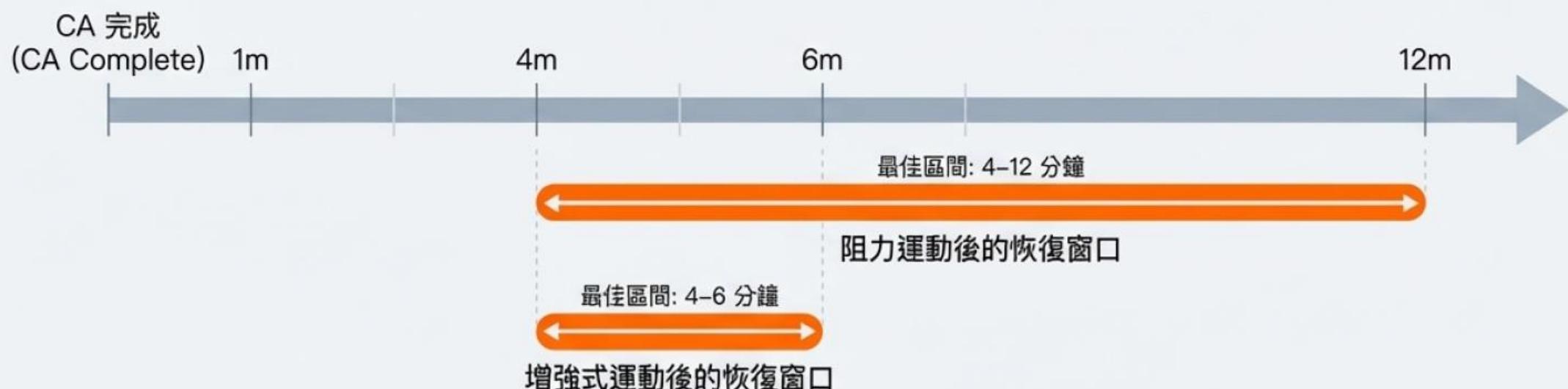


結論：強調動作品質與速度，避免因過量而累積疲勞。



調控鈕 #3：恢復時間 — 捕獲效益峰值的黃金窗口

恢復時間是 PAPE 策略中最關鍵也最需要個人化的變因。過短，疲勞會掩蓋效益；過長，增強效果則會消失。





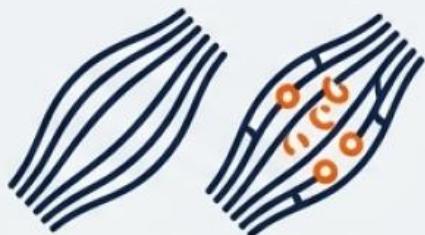
調控鈕 #4：個體差異 — 為何 PAPE 效果因人而異？

相同的 PAPE 策略在不同運動員身上可能產生截然不同的效果。了解個體差異是將理論轉化為實踐的最後一哩路。



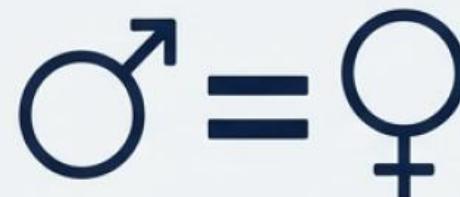
訓練經驗 (Training Experience)

擁有較多訓練經驗 (>2 年) 的運動員，PAPE 反應程度更強烈，因神經系統能更快速、同步地招募運動單位。



肌纖維分佈 (Muscle Fiber Type)

具有更高比例「快縮肌纖維」的運動員能表現出更大的 PAPE，因其肌球蛋白調節輕鏈能進行更大程度的磷酸化。



性別 (Gender)

重要發現：過去研究並未發現性別對 PAPE 效果有顯著差異。PAPE 策略對男性和女性運動員同樣有效。

實戰應用指南：兩種主要 PAPE 策略的起始參數

綜合目前研究，我們可歸納出兩種基礎的 PAPE 實施方案。

請將此視為「起點」，並根據運動員的反應進行微調。

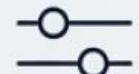
策略一：以阻力運動誘發



CA 範例：深蹲 (Squats)



強度：75% – 95% 1RM



運動量：1 – 3 組



恢復時間：4 – 12 分鐘

適用目標：衝刺、跳躍能力、專項運動能力測驗

策略二：以增強式運動誘發



CA 範例：單足或雙足的快速連續跳躍、
水平/垂直跳、落下跳



總跳躍次數：2 – 60 次



恢復時間：4 – 6 分鐘

適用目標：增強隨後的爆發性運動表現

終極提醒：不存在唯一的「最佳策略」

儘管已有建議指引，但在實際應用層面上，PAPE 仍然沒有放諸四海皆準的最佳策略。

關鍵考量：

- ✖ **並非總是有效**：多篇研究曾未觀察到 PAPE 現象發生，凸顯了情境與個體的重要性。
- 👤 **個體化是王道**：同個團隊中，不一定所有人都適用同樣的預負荷 CA。
- ⌚ **動態調整**：同一位運動員在不同訓練日或身心狀態下，反應也可能不同。



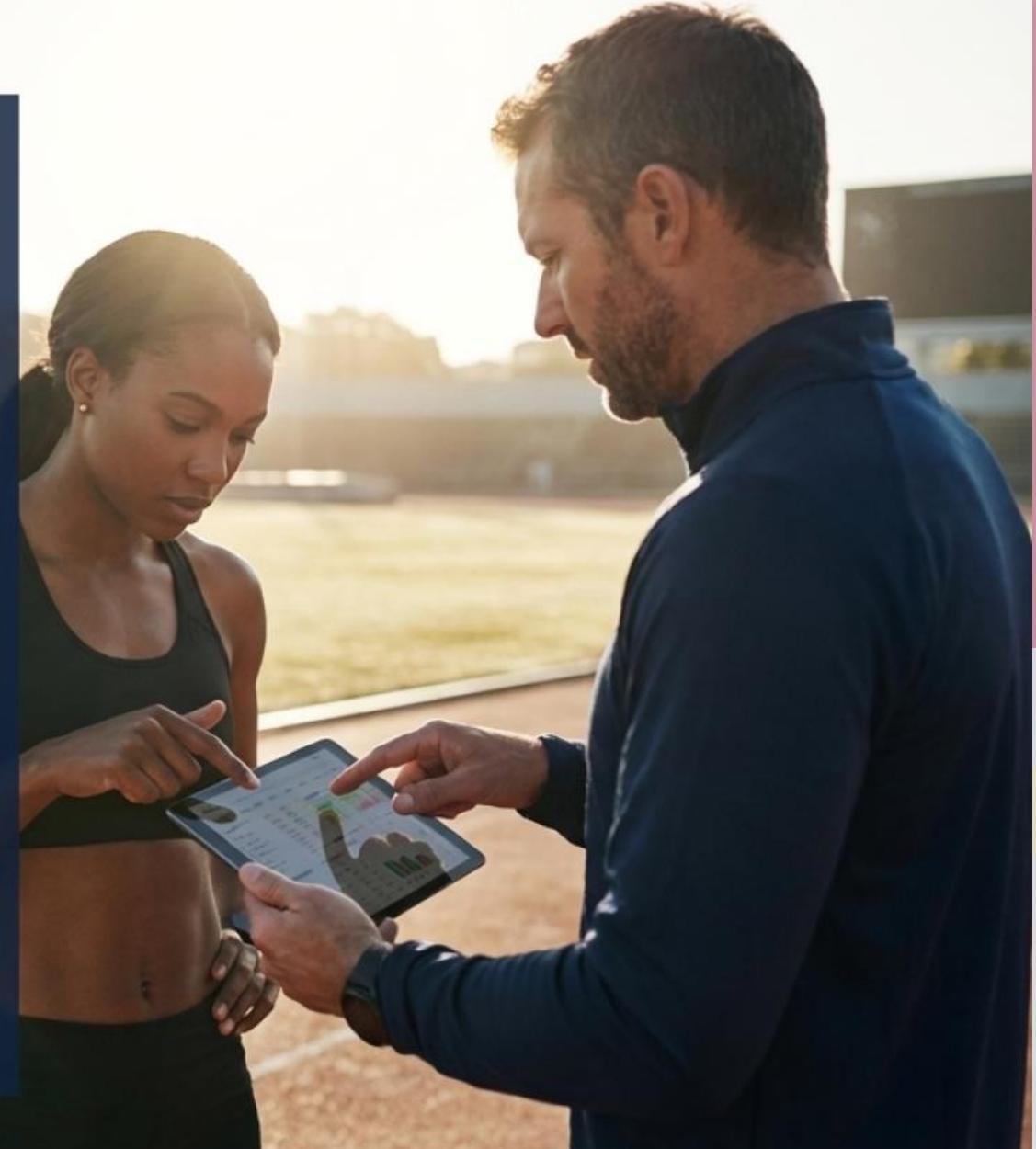
核心思想：體能教練及運動科人員的角色，是將本文的指引作為「羅盤」，而非「地圖」，針對不同背景的運動員制定並不斷優化個人化的 PAPE 策略。

將科學轉化為勝利：PAPE 是教練工具箱中的一把利器

- 理解 PAPE 不僅是學術知識，更是能在賽場上創造微小但關鍵優勢的實戰智慧。
- 透過精準掌握「CA 型態」、「強度與量」、「恢復時間」與「個體差異」這四個調控鈕，您可以以為選手量身打造賽前策略，降低應用限制，使其在運動場上取得更佳成績。

智慧的應用，始於不斷的測試、觀察與調整。

#科學化訓練 #疲勞恢復 #賽前策略



超越體重：解鎖青少年運動員潛能的科學化監控

FFM 與 FFMI 應用實戰指南

體重管理的迷思：我們是否只看到了冰山一角？



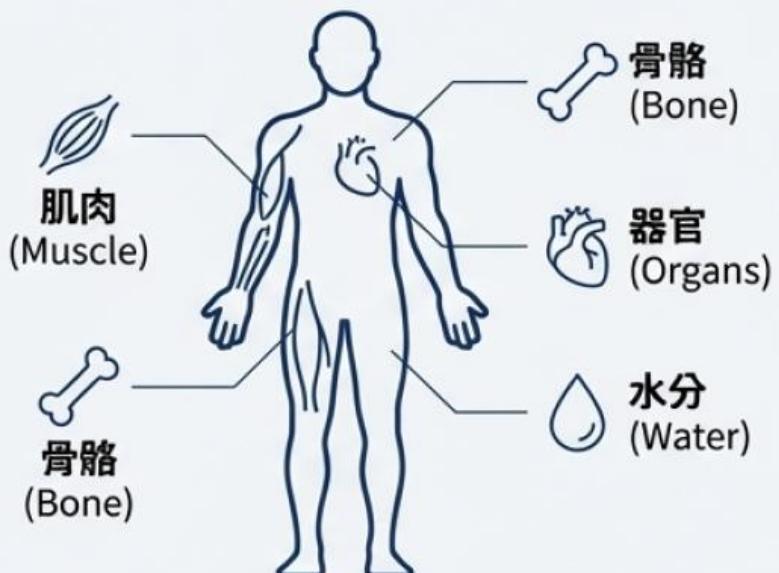
單純的體重 (Body Weight) 或 BMI 無法區分運動員增加的是有助於表現的肌肉，還是成為負擔的脂肪。這對於快速發育的青少年尤其危險。

「看不見的，才決定了運動表現的上限。」

換上科學的鏡頭：讀懂身體組成的真實語言

FFM (去脂體重, Fat-Free Mass)

定義：身體中所有非脂肪組織的總和，包含肌肉、骨骼、器官與水分。



意義：這是運動表現的「引擎」，直接關聯力量與爆發力。

FFMI (去脂體重指數, Fat-Free Mass Index)

定義： $FFM (\text{kg}) / \text{身高} (\text{m}^2)$

[FFM (kg)]

[身高 (m²)]

意義：排除身高增長的干擾，讓我們能客觀評估「肌肉密度」的真實變化，是比 BMI 更精準的指標。

將體重管理科學化：FFM 監控的四大核心價值



鑑別成長與成效

區分體重增加是來自有效的肌肉增長，還是無效的脂肪堆積。



預測爆發力潛能

FFMI 是比 BMI 更強的表現預測指標，直接關聯力量與速度上限。



預防健康風險

早期預警相對能量不足 (RED-S) 與過度訓練，保護骨骼健康。



優化選材與發展

建立運動員長期生理檔案 (LTAD)，科學化進行位置分配與潛力評估。

數據的證言：競技表現的黃金公式

高 FFM / 肌肉量 + 低體脂率 = 卓越的運動表現

「橫跨多項運動研究，數據一致指向相同的結論：
身體組成是決定力量、速度與耐力的關鍵基礎。」

力量與速度的共通點：FFM 是主宰表現的引擎



足球 (Football)

發現: 去脂體重 (FFM) 越高, 球員的垂直跳、短跑速度、射門速度表現越顯著。

出處: Martínez et al., 2025; Correlation Between Muscle Mass and Muscle Power in Soccer Players, 2023.



籃球 (Basketball)

發現: 較高的 FFM 與較低的體脂, 和更佳的垂直跳 (CMJ)、投擲力量、短跑表現、甚至柔軟度都呈現正相關。

出處: Hernandez-Martinez et al., 2024; Şahin, 2025.



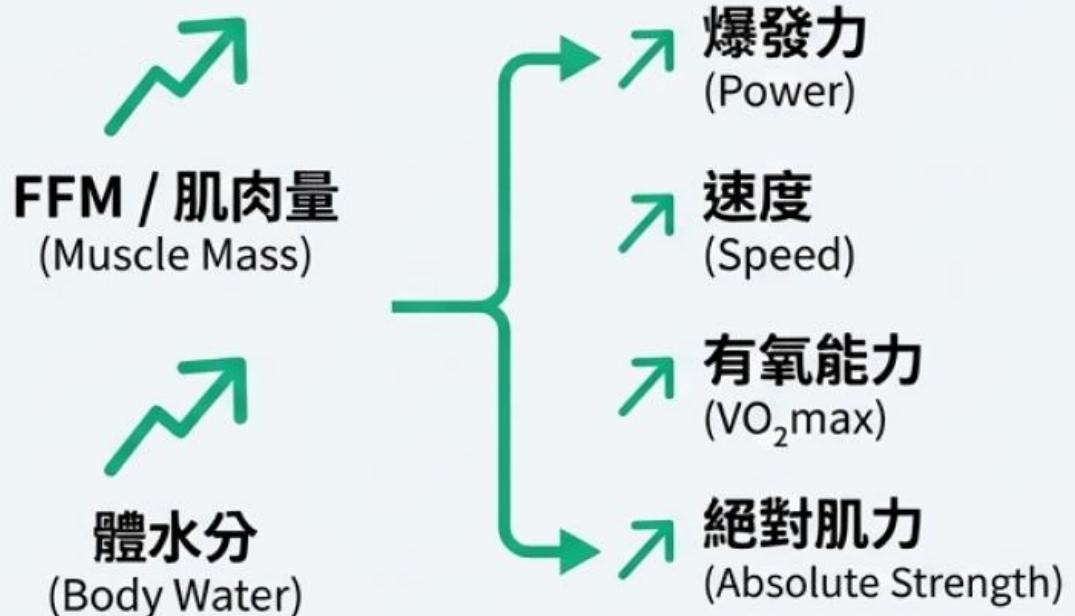
田徑 (Track & Field)

發現: FFM、肌肉量、體水分與 10m/20m 短跑速度呈顯著正相關。無氧爆發力項目 (短跑、跳躍、投擲) 與肌肉量高度相關。

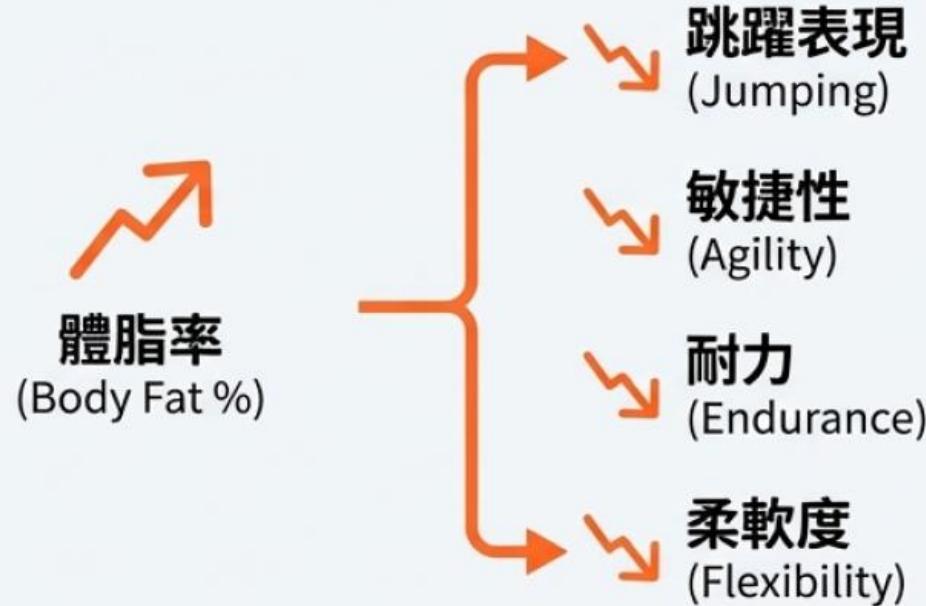
出處: Aikawa et al., 2020; The role of body composition in determining athletic performance, 2025.

跨運動項目的數據洞察：身體組成的正負相關性

正向驅動因子



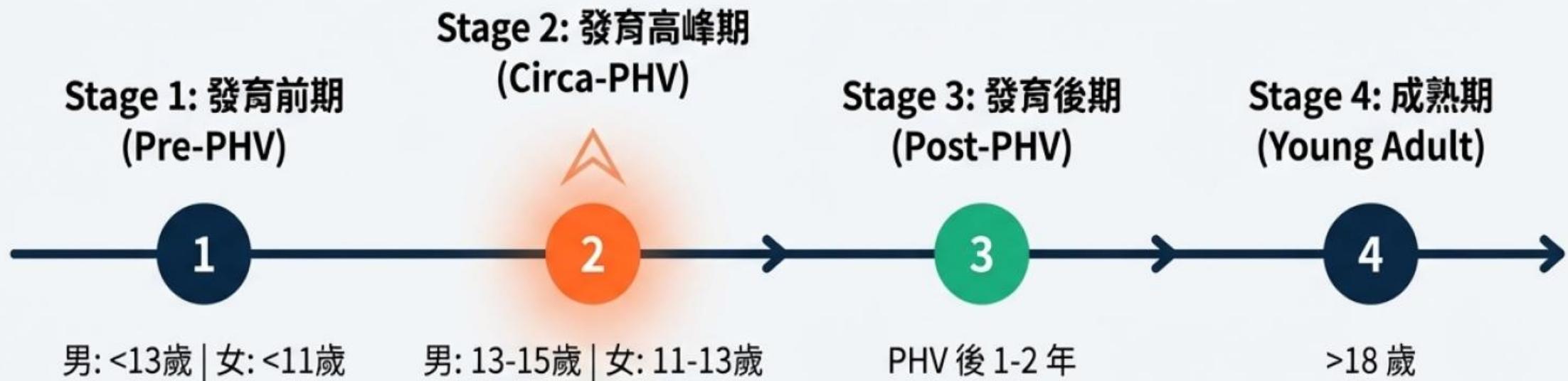
負向影響因子



「結論清晰：最大化 FFM 並優化體脂率，是提升綜合運動能力的基礎策略。」

教練的實戰手冊：將理論化為行動

核心框架: 介紹長期運動員發展 (LTAD) 與身高增長速度高峰 (PHV) 的概念。



「了解運動員身處哪個發育階段，是做出正確訓練決策的第一步。」

青少年運動員 FFM 監控與評估指南

| 發育階段 (Stage) | FFM/FFMI 監控重點 (Monitoring Focus) | 訓練與營養建議 (Training & Nutrition Recs) |
|----------------------|---|---|
| 發育前期 (Pre-PHV) | 建立基準線： FFM 隨身高穩定增長，FFMI 波動應極小。 | 重點： 神經肌肉控制與多樣化運動。 不建議過度追求肌肥大。 |
| 發育高峰期 (Circa-PHV) | ⚠ 警惕「生長稀釋」： 身高快速增加，FFMI 可能暫時下降。若 FFM 停滯，受傷風險增加 2-3 倍。 | 關鍵期： 增加熱量與鈣質攝取。 進行體重支撐與抗阻訓練，強化骨質量與核心。 |
| 發育後期 (Post-PHV) | 💪 肥大黃金期： 激素水平最高，FFM 與 FFMI 應出現顯著且持續的上升。 | 機會之窗： 進入結構化力量訓練。此時增加的 FFM 能直接轉化為絕對肌力。 |
| 成熟期 (Young Adult) | 表現優化： FFM 增長放緩，轉向監控 FFMI 與體脂率的比例（功率:體重比）。 | 專項化： 針對專項需求優化身體組成。持續監控疲勞與 RED-S 風險。 |

读懂身體的信號：FFM 變化的實務解讀



綠燈：FFM / FFMI 持續上升

解讀：最佳進展。訓練負荷適當，營養與恢復處於正向合成狀態。

行動：維持計畫，持續監控。



黃燈：FFM 停滯、體重上升

解讀：警告信號。可能體脂增加過快。

行動：立即檢視飲食結構與訓練內容，評估是否為無效增重。



紅燈：FFMI 異常下降 (>5%) 或 FFM 停滯超過 6 個月

解讀：需要介入。高度懷疑過度訓練、熱量攝取不足 (RED-S) 或睡眠品質不佳。

行動：啟動教練團與醫療小組評估，保護運動員健康。

監控的工具箱：測量頻率、工具與參考目標

如何測量？(How to Measure?)

測量頻率 (Frequency):

- 常規: 每 12 週 (一季) 測量一次。
- PHV 高峰期: 縮短至每 8 週 監控一次。

推薦工具 (Tools):



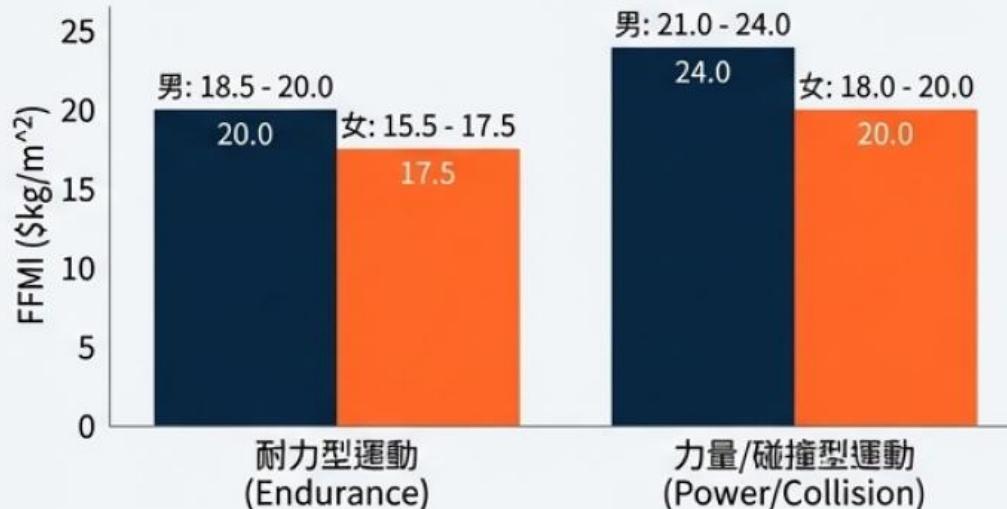
黃金標準: DXA (雙能量 X 光吸收儀) - 數據最精確。



實務首選: 多頻 BIA (如 InBody 專業型) - 方便快速，具備分段肌肉分析。

目標在哪？(What to Aim For?)

精英青少年運動員 FFMI 常模參考 (來源: *J Sports Sci, Strength Cond J*)



警示值 (Warning Thresholds):

- ⚠ 男性 FFMI < 17 kg/m² (力量表現通常較差)
- ⚠ 女性體脂 < 14% 且 FFM 停滯 (高度警覺月經失調風險)

教練的黃金三法則

1



個體化發展，而非比較

拿運動員與他自己的「發育階段」比較，而不是拿 14 歲的他與另一個 14 歲的隊友比較。每個人的 PHV 時間點都不同。

2



安全第一，保護生長板

在 PHV 高峰期，骨骼生長常快於肌肉。此時應避免最大重量訓練，將重點放在動作模式與 FFM 的穩定維護上。

3



營養介入是 FFM 成長的燃料

監控數據的最終目的是行動。一旦發現 FFM 成長落後，應立即諮詢營養師，確保蛋白質與總熱量攝取充足。

總結與展望

- **WHY**：我們挑戰傳統體重迷思，因為 FFM 才是表現的關鍵。
- **WHAT**：數據證實，「高 FFM + 低體脂」是跨運動的致勝公式。
- **HOW**：透過 PHV 發展框架與科學化監控，我們可以做出更聰明的決策。



「科學化監控，不僅是為了贏得比賽，
更是為了守護運動員的長遠未來。」



青少年運動員損傷原因

POOR PHYSICAL
COMPETENCY
身體運動
能力較差

INADEQUATE REST
缺乏休息

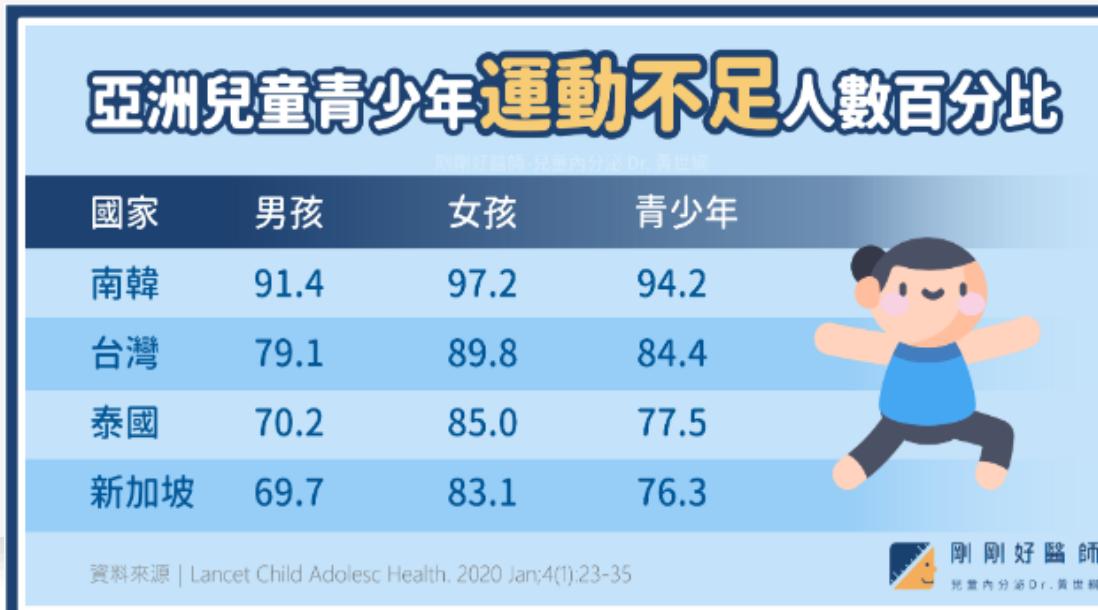
OVERTRAINING
過度訓練

OVEREXPOSURE TO
SPORT-SPECIFIC
TRAINING
過多的
專項訓練

OVEREMPHASIS ON
COMPETITION
VOLUMES
過度強調
訓練量

兒童及青少年趨勢與問題

- ◆ 青少年有氧耐力每年快速下降幅度約0.43%。
- ◆ 9-12歲兒童: 握力、仰臥起坐、等局部肌耐力明顯下降，肌肉健康適能下降間接引起心血管疾病與肥胖問題。
(Tomkinson et al., 2003)
- ◆ 肌肉力量與爆發力降低→限制功能活動與增加受傷風險。
(Fragala 等人., 2019)
- ◆ 如果不進行肌肉適能相關訓練，青少年缺乏身體活動趨勢可能會持續在整個發育過程中擴大。
(Myer 等人, 2011； Robinson等人, 2015)



訓練計畫需考量年齡

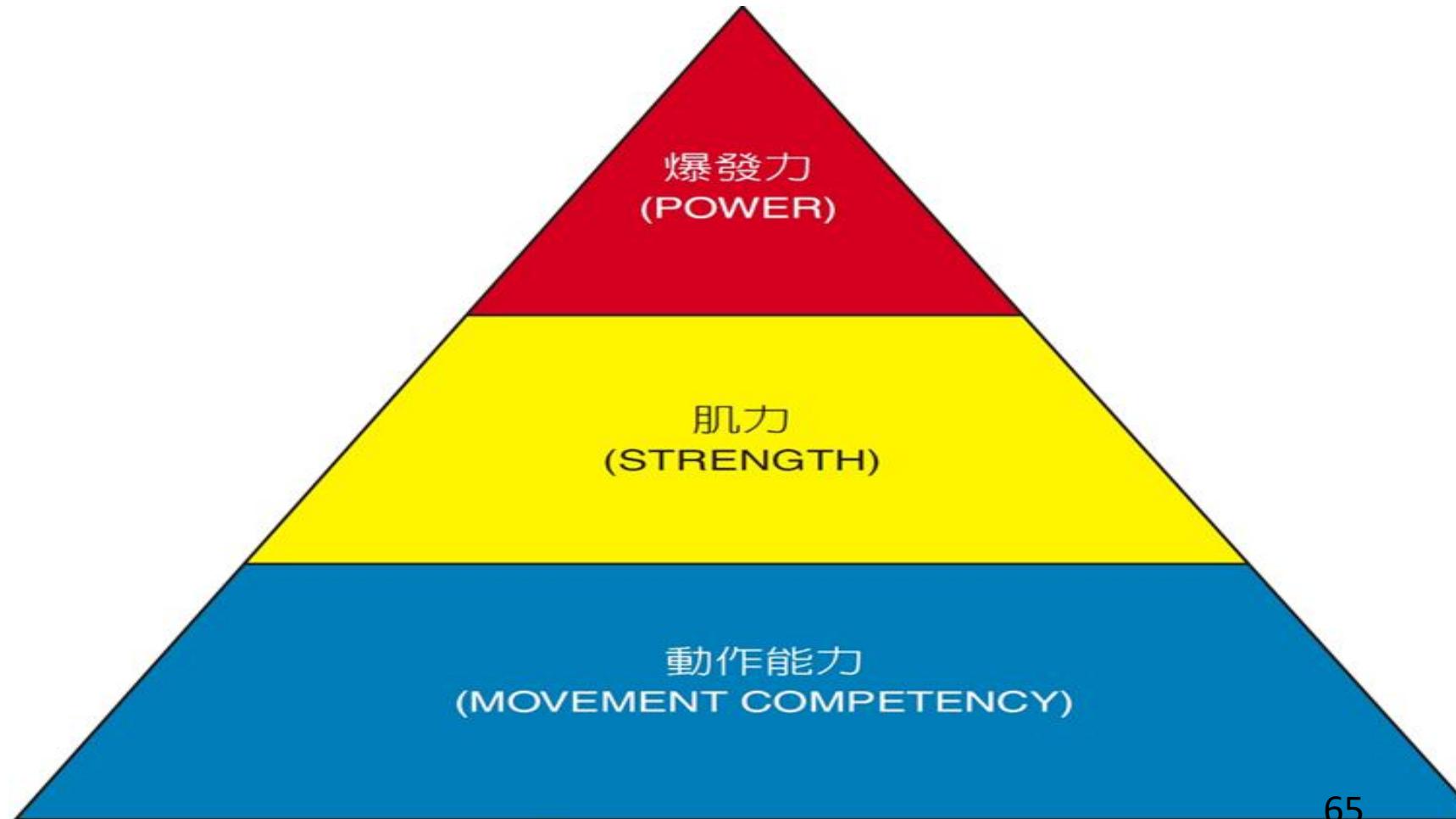
- **日曆年齡**:是指人出生後按日歷逐年累計的年齡。所以日歷年齡相同的兒童，實際生長發育程度可能不同
- **生物年齡**:是人體各器官、系統生長發育的程度來計算年齡。因此生物年齡與運動能力的關係最為密切，受到遺傳、地理、氣候、營養、鍛鍊等因素的影響。
- **訓練年齡**:該專長項目累積訓練年資或年齡。

運動員長期發展模型

| Early childhood | Late childhood | Adolescents | Adulthood |
|---|---|---|--|
| CHRONOLOGICAL AGE | | | |
| Female: 6–8 years | Female: 9–11 years | Female: 12–18 years | Female: >18 years |
| Male: 6–9 years | Male: 10–13 years | Male: 14–18 years | Male: >18 years |
| BIOLOGICAL AGE | | | |
| Tanner stage I | Tanner stage I-II | Tanner stage III-IV | Tanner stage V |
| MATURITY | | | |
| Pre-pubertal (pre PHV) | Pre-pubertal (pre PHV) | Pubertal (mid PHV) | Post-pubertal (post PHV) |
| STAGE OF LONG-TERM ATHLETE DEVELOPMENT | | | |
| FUNDamentals | 基礎階段 | Learning to train 學習訓練 | Training to train 為練而練 |
| Training to compete 為賽而練 | | | |
| LONG-TERM DEVELOPMENT OF MUSCULAR FITNESS (STRENGTH, POWER, ENDURANCE) | | | |
| low | resistance training skill competency 阻力訓練技能能力 | | high |
| <p>1. 協調訓練</p> <p>2. 敏捷訓練</p> <p>3. 平衡訓練</p> <p>4. 肌肉耐力/以自身體重或器材(藥球)</p> <p>*注重技巧學習</p> | <p>1. 平衡訓練</p> <p>2. 增強式訓練(不同天進行，低強度動作，例如: 跳繩)</p> <p>*注意正確跳躍及落地技巧</p> <p>3. 核心肌力訓練</p> <p>4. 肌肉耐力/以自身體重或器材(藥球)</p> <p>5. 自由重量訓練</p> <p>*注重技巧學習</p> | <p>1. 平衡訓練</p> <p>2. 增強式訓練 (深跳，從低高度落地跳開始)</p> <p>3. 核心肌力訓練</p> <p>4. 自由重量訓練 (輕到中強度)</p> <p>5. 高阻力訓練 (肌肥大)</p> <p>6. 離心訓練</p> <p>7. 運動專項阻力訓練</p> | <p>1. 平衡訓練</p> <p>2. 增強式訓練 (深跳，從中高度落地跳開始)</p> <p>3. 核心肌力訓練</p> <p>4. 自由重量訓練 (中到高強度)</p> <p>5. 高阻力訓練 (神經肌肉活化+肌肥大)</p> <p>6. 離心訓練</p> <p>7. 運動專項阻力訓練</p> |

青少年功能性或神經肌肉訓練

- 建立**動作能力、力量、核心肌力、平衡能力、動力鏈、多關節多面軸動作、敏捷系統、增強式動作、柔軟度。**



兒童及青少年不能重量訓練嗎？ 可以先進行爆發力訓練？



- 力量訓練會「阻礙長高」，需要強調這指控無科學根據。
- **通過較低負荷強化韌帶、肌腱、肌肉及關節，從而幫助身體復原、生長，並為舉起更大負荷所需神經協調建立基礎。**
- 制定長期力量訓練計畫對於提升最佳運動能力、提高對自身運動能力的自信心及預防損傷至關重要。

Table 1: Number of injuries during 100 participation hours in school sports per sport.

| | |
|-----------------|----------------|
| Soccer | 6.20 |
| Track and Field | 0.57 |
| Football | 0.10 |
| Gymnastics | 0.044 |
| Basketball | 0.03 |
| Weightlifting | 重訓受傷率最低 0.0035 |



青春期之前或青春期期間力量的提升： 因協調性、動作技能、運動單元招募與突觸修剪

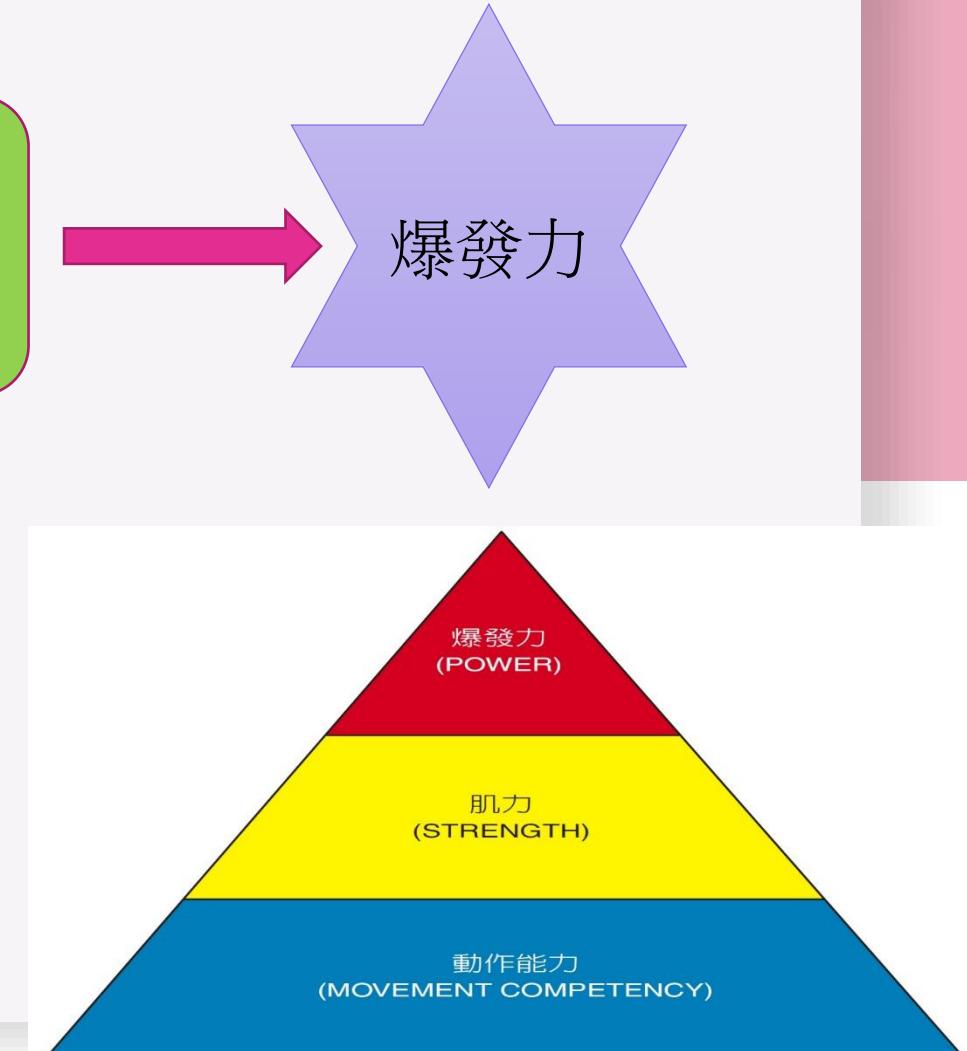
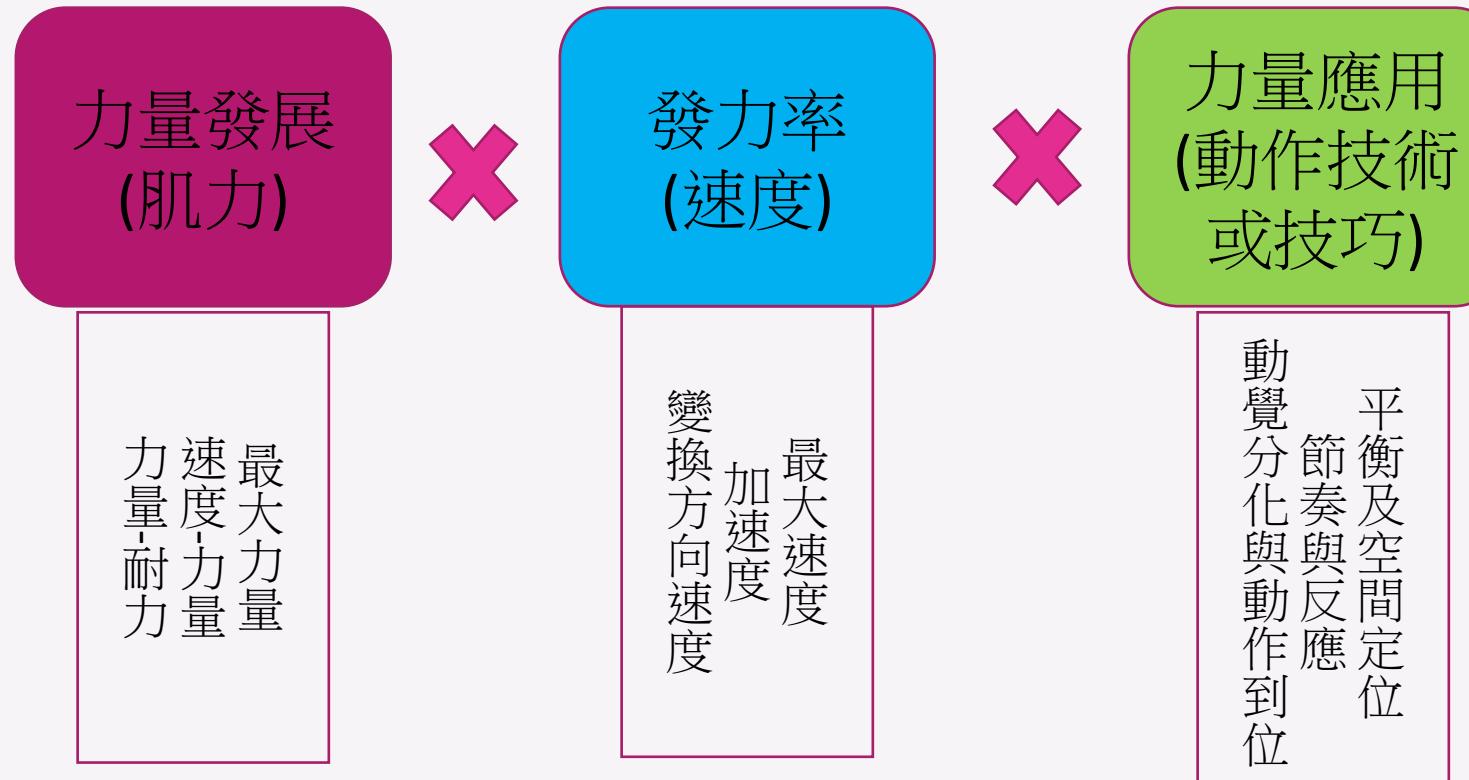
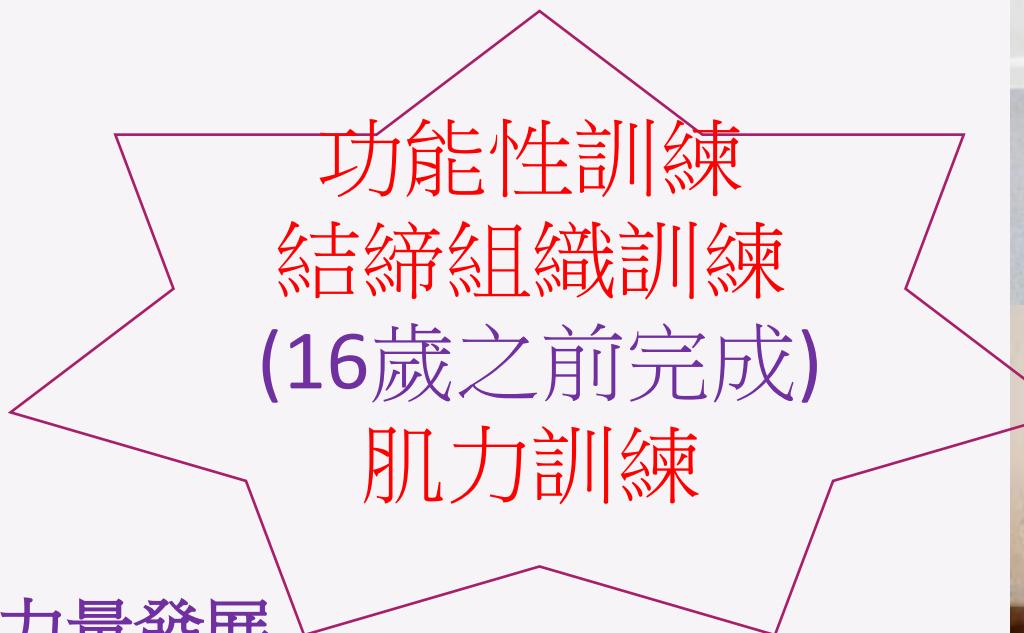


圖 34.5 基本訓練的進程。

青少運動肌力訓練問題及原則

- 過度與重覆訓練造成肌肉軟組織、肌腱及韌帶等傷害。
- 肌力訓練傷害有50%發生在腰部及下背部。
- 造成原因：
 - 1. 錯誤操作技巧
 - 2. 不適當訓練負荷
 - 3. 未全面性訓練



原則一：提升關節的靈活性

原則二：肌腱力量先於肌肉力量發展

原則三：核心力量先於四肢肌力發展



針對青少年或身體素質較弱者要先進行肌力訓練？還是爆發力訓練？

Adaptations in Athletic Performance after Ballistic Power versus Strength Training

PRUE CORMIE¹, MICHAEL R. MCGUIGAN^{2,3}, and ROBERT U. NEWTON¹

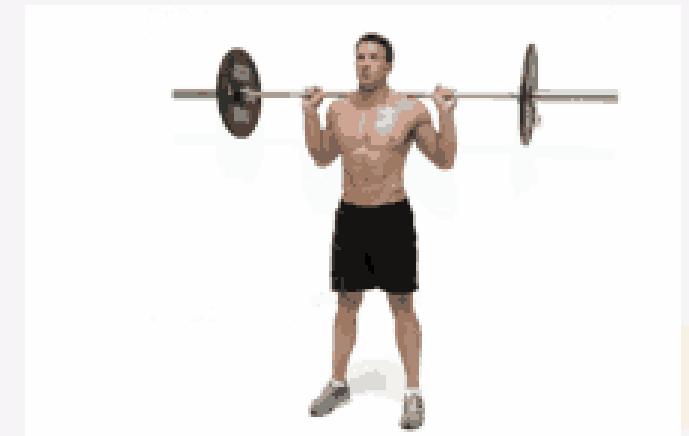
¹*School of Exercise, Biomedical and Health Sciences, Edith Cowan University, Perth, AUSTRALIA;* ²*New Zealand Academy of Sport North Island, Auckland, NEW ZEALAND;* and ³*Institute of Sport and Recreation Research New Zealand, Auckland University of Technology, Auckland, NEW ZEALAND*

- 針對**背蹲舉較弱選手**進行三種訓練: 10週 (每週3大)

1. 肌力訓練: 75-90% 1RM 背蹲舉
2. 爆發力訓練: 0-30% 1RM 蹲踞跳
3. 一般常規訓練

結果:

1. 兩種肌力訓練組**皆提升跳躍及衝刺跑能力**
2. **兩種訓練效益無差異**
3. **以長遠及安全性建議: 針對肌力較弱者以肌力訓練優先→爆發力訓練**

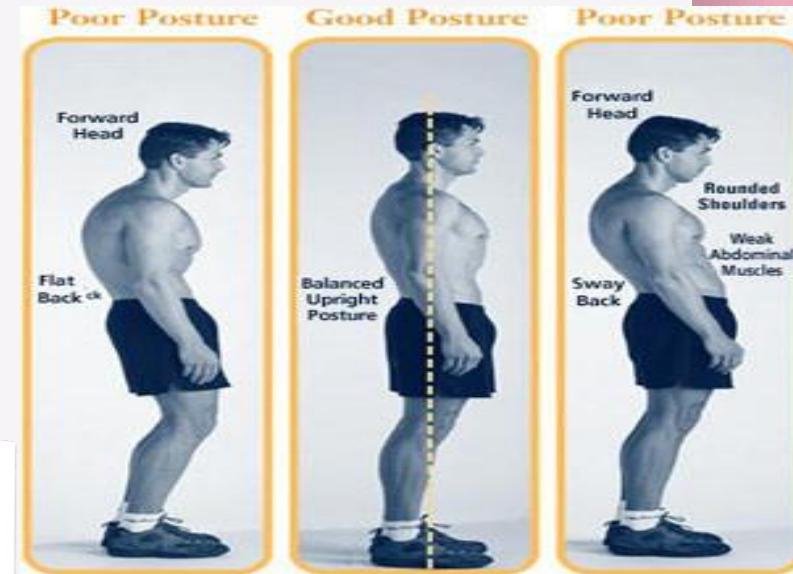
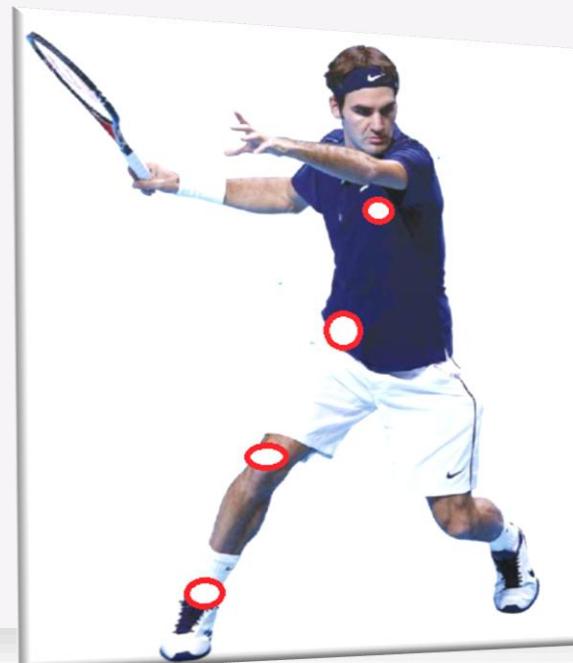


青少年肌力訓練指引

- 提供**合格監督和指導**。
- 確保**安全訓練環境與器材**。
- 每次訓練前至少**5-10分鐘熱身**。
- 各個訓練動作之前先以較**輕重量**作**10-15次反覆熱身**。
- 依照個人需求與訓練目標，**逐漸增加訓練量**到**2-3組及6-15次反覆次數**。
- 針對上半身、下半身及軀幹進行**8-12種動作**肌力訓練。
- 逐漸提高**阻力負荷強度**(例如每次增加**5-10%** 約**0.9-2.3公斤**)。
- 著重**正確訓練動作**而不是強調舉起重**量**。
- 每週進行**2-3天次**肌力訓練，每天間隔**休息1天以上**。
- 記錄**訓練日誌**。
- 在無法舉起**負荷重量**時應適當給予**協助及鼓勵**。
- 系統性**改變訓練內容**，保持訓練計畫**新鮮感及挑戰性**。

訓練核心肌肉好處

- 改善身體姿態
- 增加保護性和支撐身體背部 (降低損傷)
- 提供較好身體平衡及協調性
- 提供更佳力量和速度



(林貴福與朱貞儀譯, 2014; 許育達、陳壹豪、應充明與鄭明昇譯, 2014)

核心肌群是什麼？

- 解剖學的核心定義: 軀幹部位
- 軀幹部位: 胸廓、脊柱、骨盆帶、肩帶
- 脊柱、骨盆帶(或稱腰椎、骨盆及髖關節): 是將下肢力量有效傳遞至上肢之橋梁
- 包含: 深層與淺層肌肉
- 淺層核心肌群: 腹直肌、腹外斜肌等使身體產生動作，共同保護穩定脊椎。
- 深層核心群群: 腹橫肌、多裂肌、腹內斜肌、腰方肌、骨盆底肌穩定動作、維持姿勢與平衡，穩固脊椎。

完整功能性核心肌肉訓練順序

- 1.核心肌肉穩定訓練與準備動作結合
- 2.核心力量動作訓練及糾正動作
- 3.核心穩定性與快速牽張-縮短動作結合
- 4.上肢與下肢力量動作結合



活動度動作準備(例如: 挣棒)

深層核心穩定性準備

核心力量準備

核心爆發力準備

上肢與下肢爆發力動作結合準備

核心肌肉功能訓練順序

■第一階段(4週): 核心穩定性及動作平衡

(主要訓練深層慢縮肌纖維)

■第二階段(6週以上):

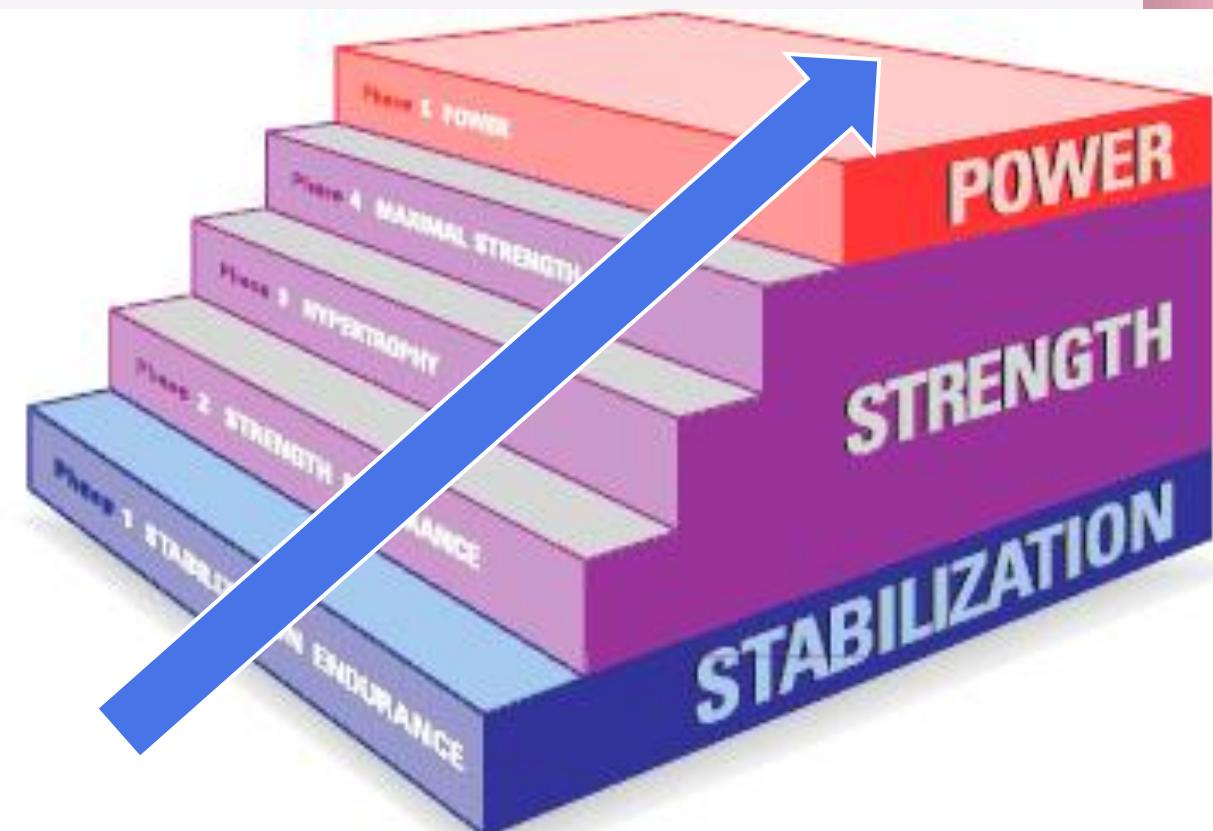
核心肌耐力及核心肌肉肥大

(主要訓練深層及淺層快慢肌纖維)

■第三階段(6週以上):

最大肌力及核心爆發力

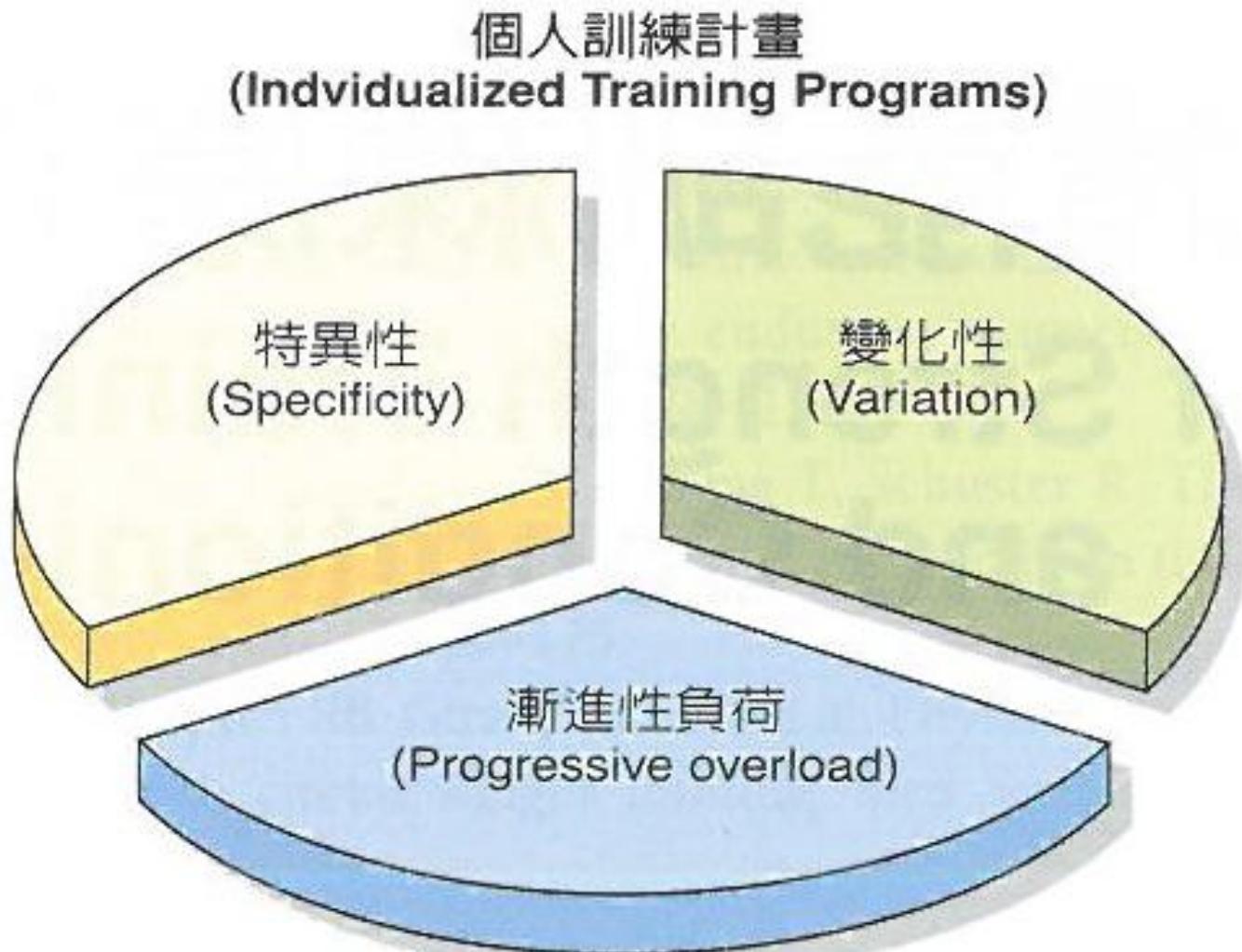
(主要訓練淺層快縮肌纖維)



如何設計一個核心訓練的菜單？

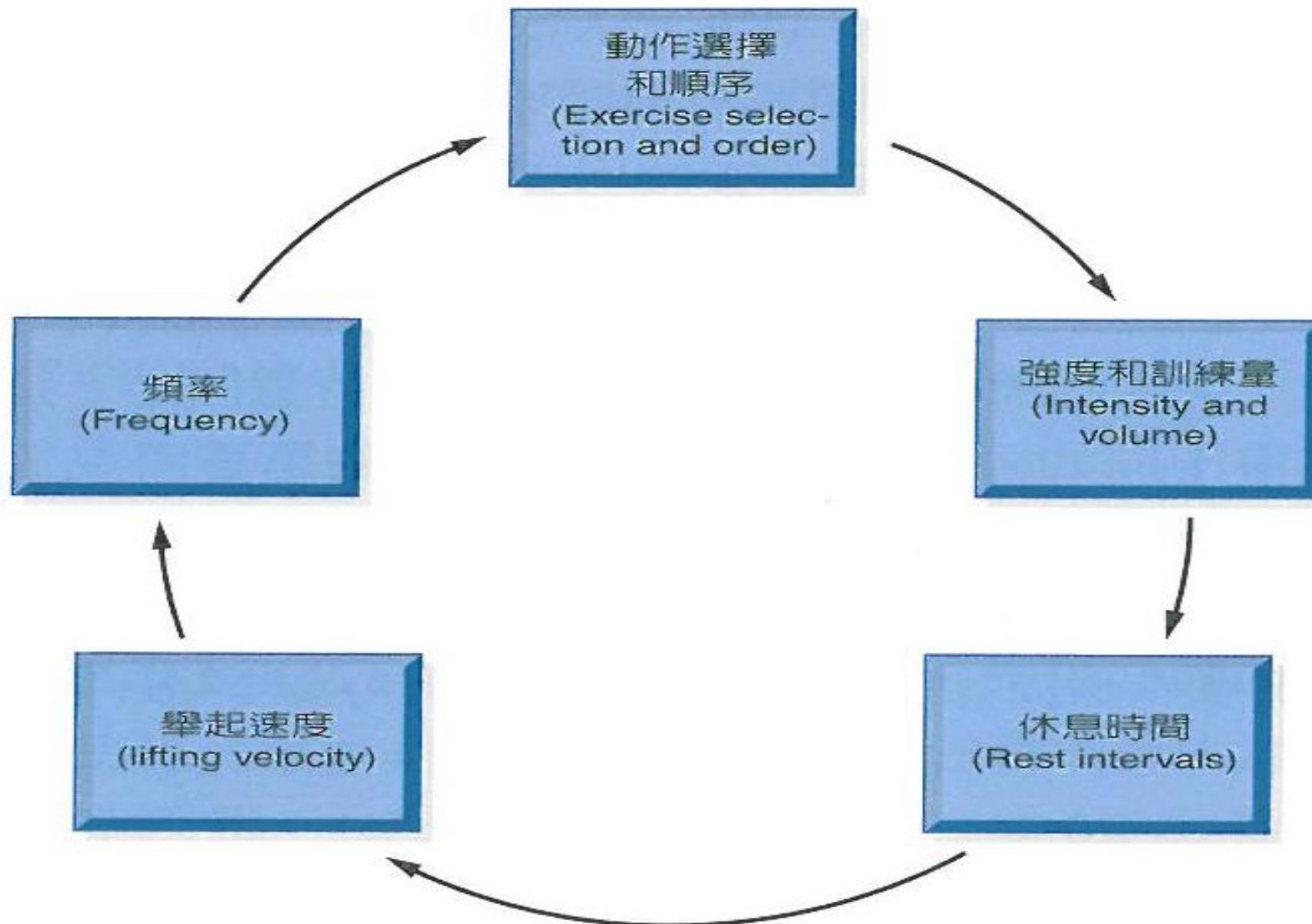
- 理想核心訓練順序: 核心耐力→核心肌力→核心爆發力
- 核心肌耐力: 1組反覆15-20下，須進行3-5組，組間休息1分鐘。
靜態核心: 以1:1運動時間比進行(例如: 持續20秒，休息20秒，持續至60秒)
- 核心力量: 當核心耐力可完成3-5組，每組20下或持續支撐至60秒，可增加負荷或阻力(抗力球、彈力帶或槓片)，先從完成10下，當進步至10-15下可再增加強度。
- 核心爆發力:
最大強度: 進行1-5組，每組1-5下，組間休息2-5分鐘
次最大強度: 須進行3組，每組反覆10-20下，組間休息60-90秒。

阻力訓練計畫構成要素及原則



適當改變一個或多個訓練計畫變項，例如：量、強度或動作。

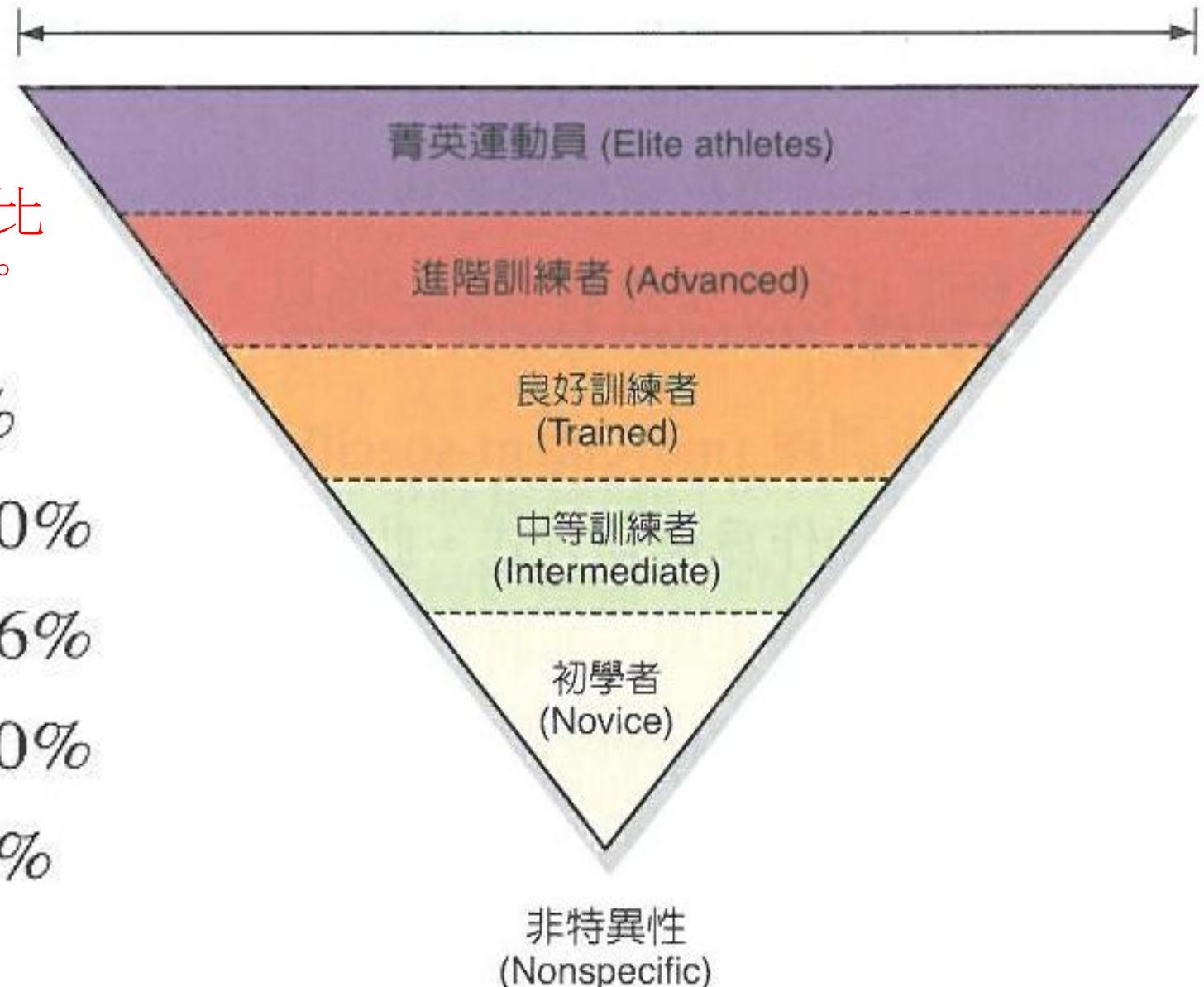
肌力體能訓練計畫變項



訓練特異性

特異性 (Specificity)

- 受過阻力訓練與未受過阻力訓練比較: 未受過訓練者進步幅度較大。
 - 未訓練者可達 ~ 40%
 - 中等訓練者可達 ~ 20%
 - 良好訓練者可達 ~ 16%
 - 進階訓練者可達 ~ 10%
 - 菁英運動員可達 ~ 2%



負荷類型與專項運動肌力之間關係

表 8-5 負荷與不同類型及組合肌力之間的關係表

第一期: 解剖學適應期-功能性肌力訓練原則

- **先學習基礎模式:**

例如: 踵舉動作是否正確

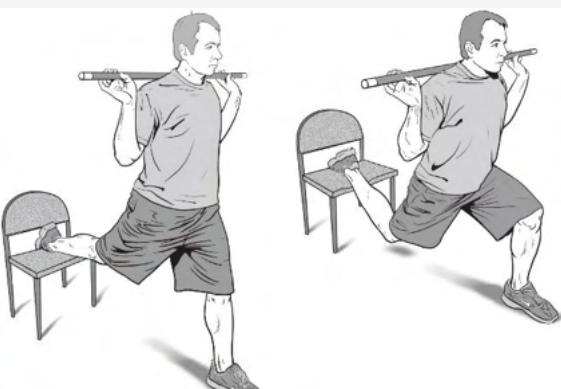
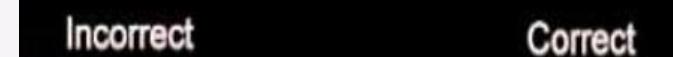
- **先從簡單徒手鍛鍊開始:**

分腿蹲→後腳抬高蹲

- **從簡單到複雜的漸進訓練**

- **運用「漸進阻力」:**

基線→進階→倒階



■ 7.26 後腳抬高分腿蹲。(A) 錯誤, (B) 正確。



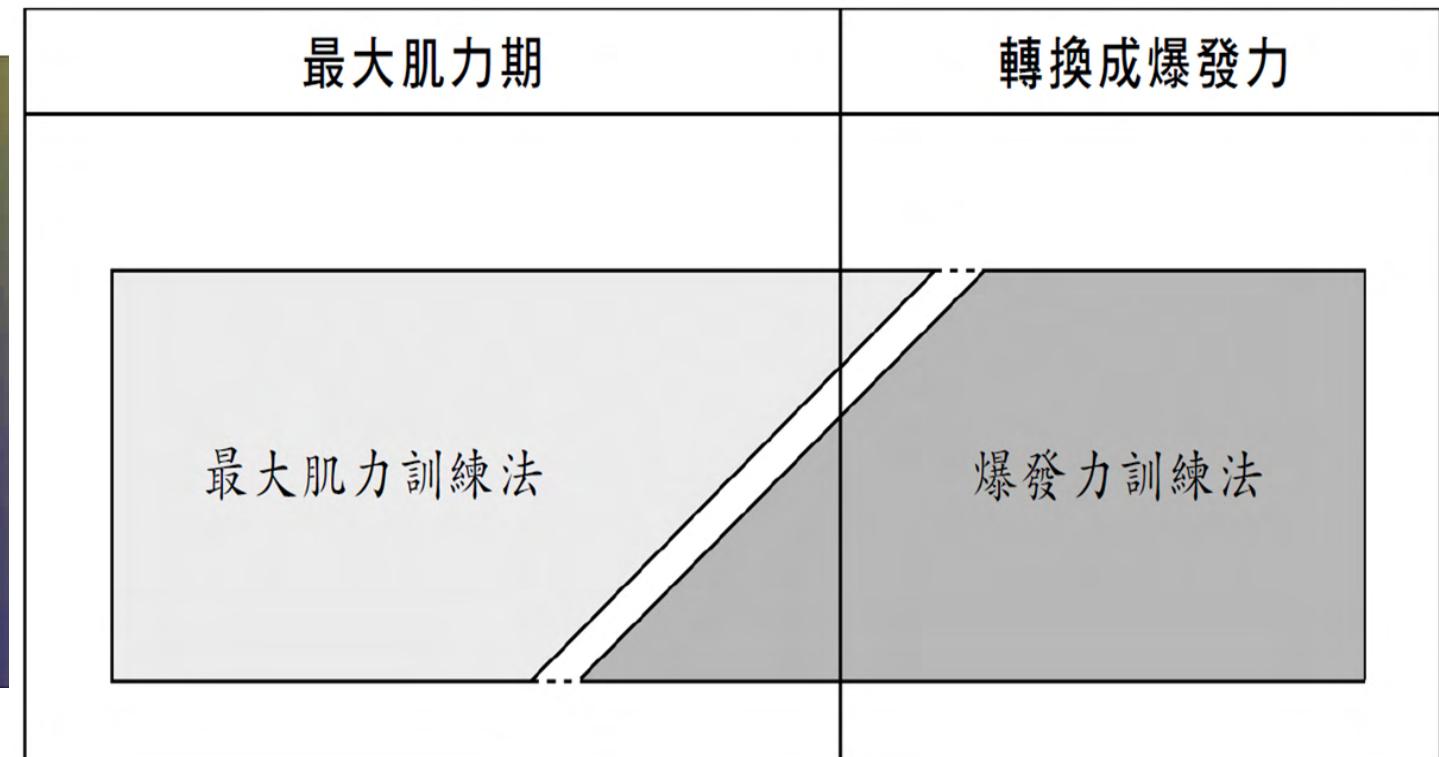
功能性訓練計畫連續階段

- 課表及動作安排原則: 從功能性最少→最多功能性動作。
- 功能性**最少**: 運動器械式訓練(坐或躺著進行→站著進行，雙腳)
- 功能性**中等**: 非機械式訓練(槓啞鈴)
- 功能性**高等**: 非機械式單腳訓練



最大肌力轉換爆發力訓練

- 活化運動單位增加越多 → 徵召更多快縮肌纖維
- 最大肌力 ↑ → 爆發力 ↑
- 最大肌力 ↑ → 肌耐力(短間歇與中間歇時間運動) ↑
- 最大肌力 ↑ → 相對肌力 ↑



提升運動表現及預防傷害應用策略

01

PART ONE

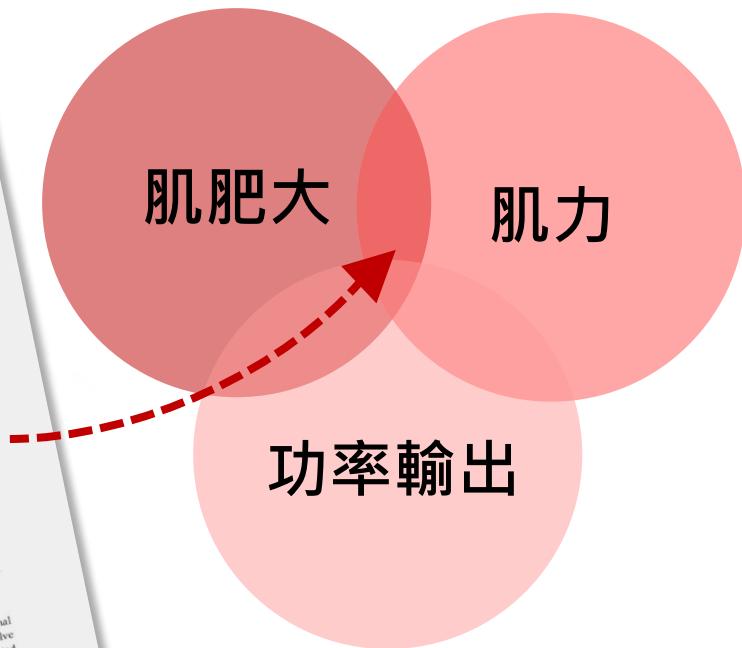
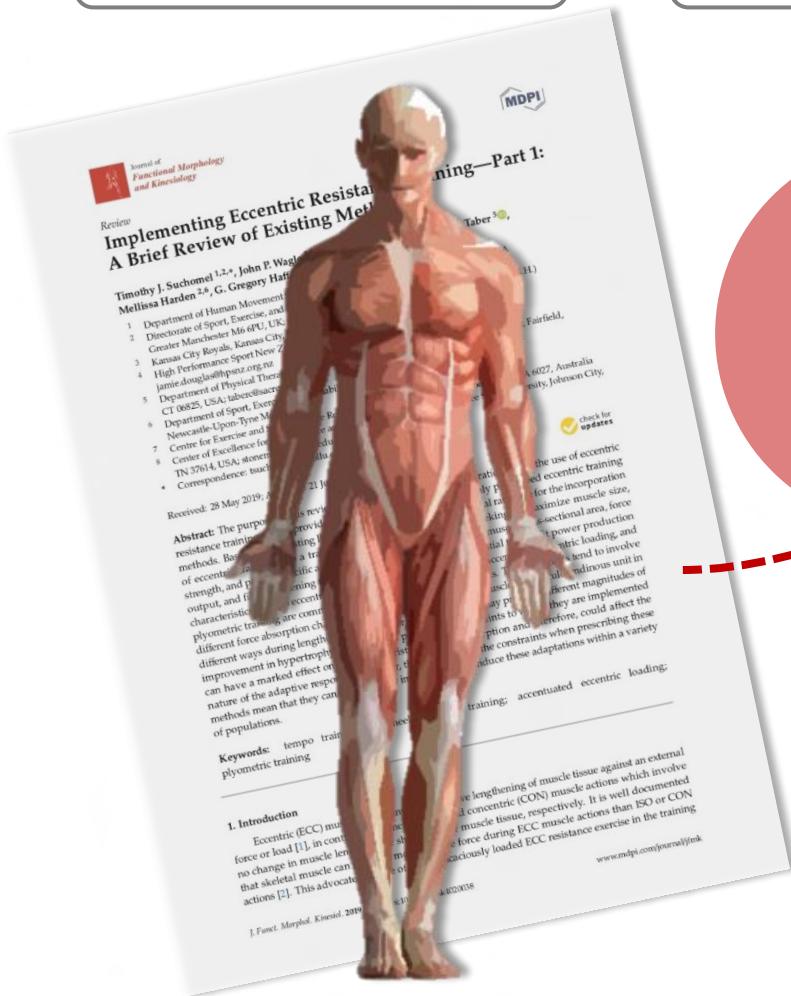
「慣性阻力離心訓練系統」
如何克服傳統肌力訓練的限制

離心肌力訓練如何達到效益？

儀器原理

實際成效

適應機轉



神經適應

- ↑ 運動皮質活化、衛星細胞活化
- ↑ 快縮肌運動單位徵召、同步、放電率
- ↑ 運動單位 ↑ 興奮-收縮耦合 (excitation-contraction coupling) 速率的可能
- ↑ 肌肉生長訊號

肌肉適應

- ↑ IIx 型肌纖維組成表行轉變的可能
- ↑ 肌筋膜長度
- ↑ 肌肉-肌腱單位 (MTU) 劲度
- ↑ 肌肉纖維縮短速度

(Suchomel et al., 2019)

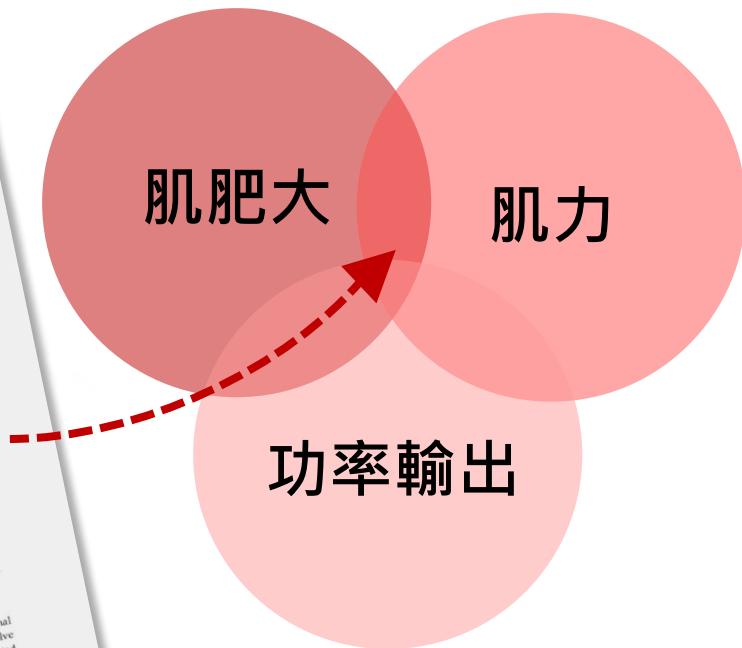
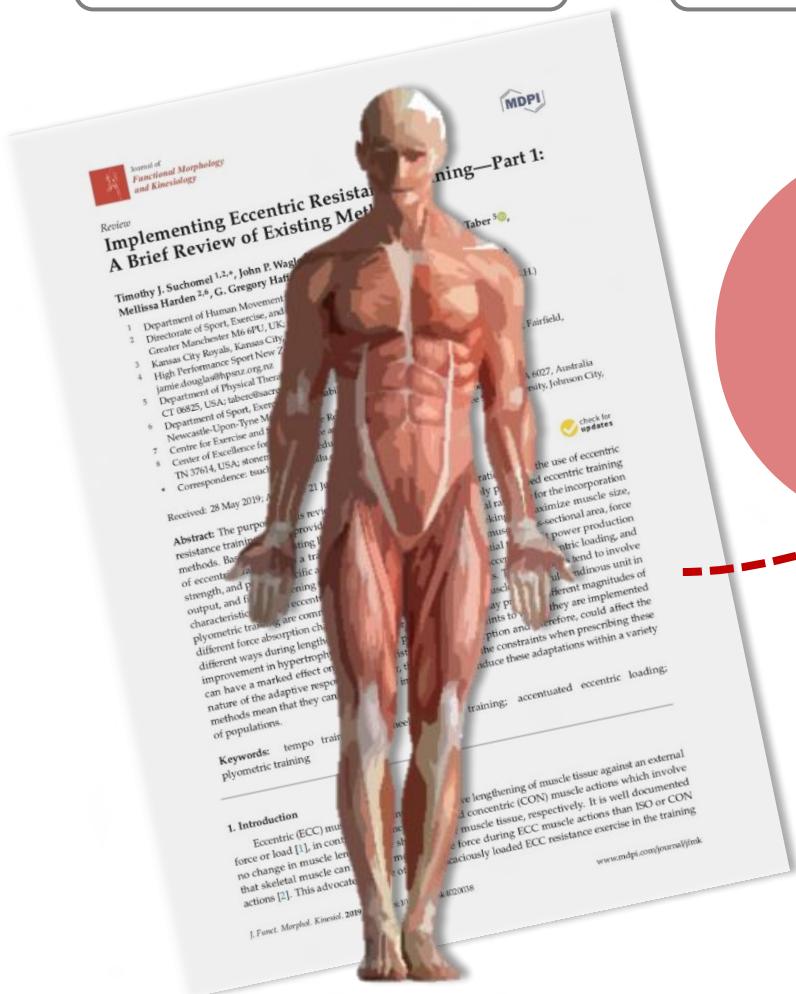
離心肌力訓練如何達到效益？

儀器原理

實際成效

適應機轉

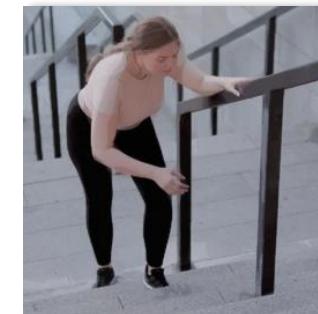
限制 & 解決方法



相較只做傳統阻力訓練，額外加強離心訓練，離心肌力↑的結果：

提升肌力、爆發力、SSC 能力效果更好

日常活動能力 ↑



競技運動表現 ↑



預防傷害效果 ↑

(Suchomel et al., 2019)

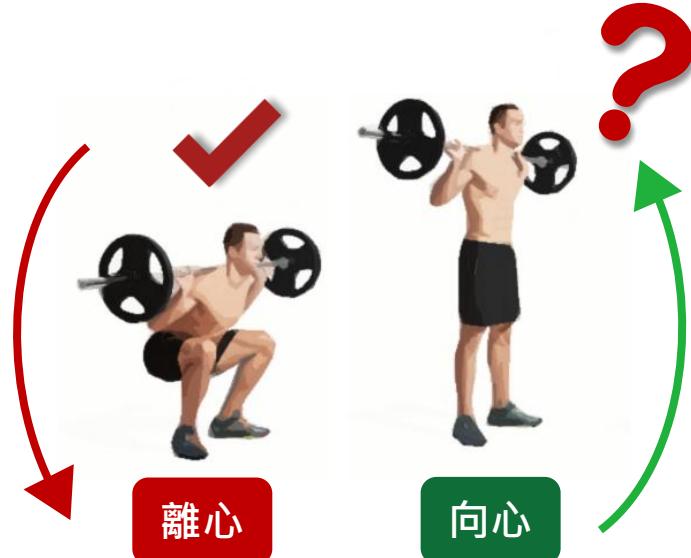
傳統阻力訓練重量做再重，都有地方練不到？

一般阻力訓練讓動作離心階段的強度少承受 40-50% 的負荷

有人發現問題

動作中的肌肉力量輸出：
離心 > 向心階段

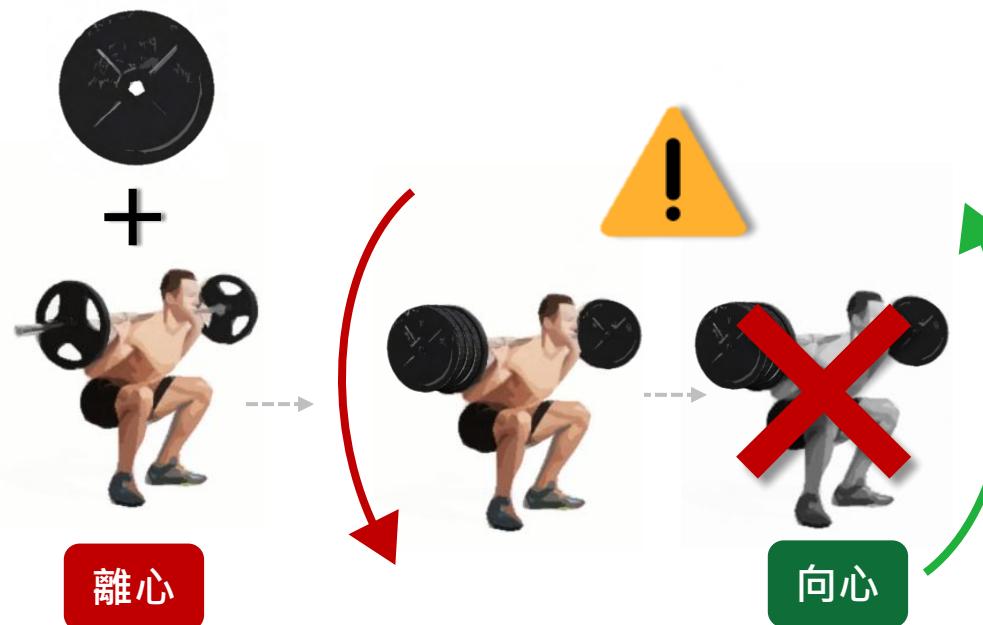
例：做背蹲舉的重量，
下去比起來還輕鬆？



提出概念 (理論)

「離心過負荷 (Eccentric overload)」
→ 足夠刺激來提升離心肌力

問題：離心加重後，向心會起不來



解決方案 (實務)

非傳統的訓練器材輔助
例：人工、離心勾
比較有效率的方法...？



傳統阻力訓練重量做再重，都有地方練不到？

離心肌力不足的話，會有什麼下場？

這些必要的身體能力，是幫助運動員在場上發揮技術的基石！

無法最佳化訓練及表現

離心肌力能承受較大的負荷，也在許多包含 SSC 機制的動作 (跑、跳、改變方向) 扮演增益的效果

(Dudley et al., 1991)



運動員肌力表現遇瓶頸

傳統阻力訓練對具多年訓練經驗的運動員較難給予更多新的刺激，進步幅度小；初階者則需要打好基礎

(Maroto Izquierdo et al., 2017)

易暴露於更高傷害風險

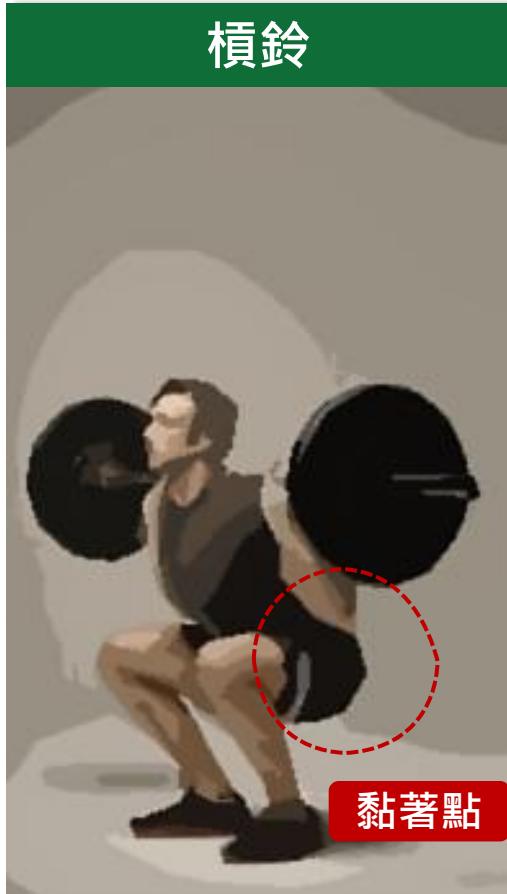
離心肌力若不足以承受落地或是改變方向造成的衝擊，易造成膝蓋或腿後肌肉受傷

(Beato & Dello-Iacono, 2020)



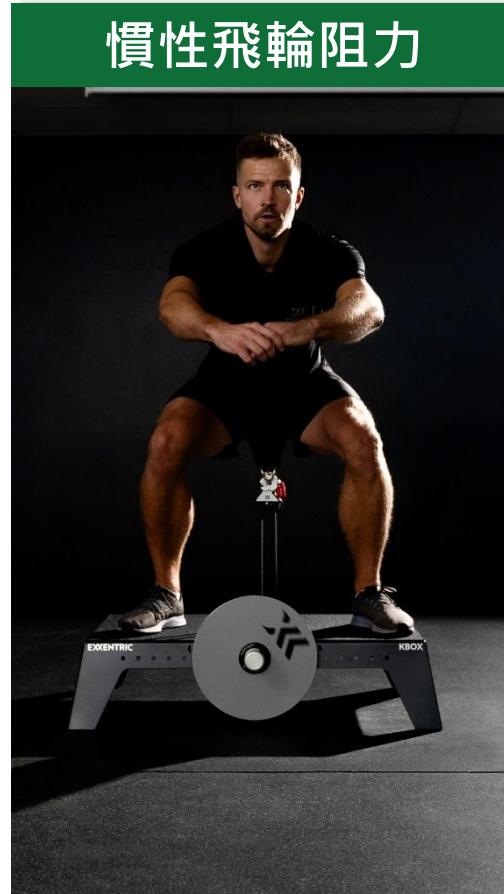
傳統阻力訓練的限制 V.S 慣性飛輪阻力訓練

儀器原理



槓鈴

實際成效



慣性飛輪阻力

適應機轉

① 離心階段更多的刺激

在全程中，向心階段盡全力 (正確技巧)
→ 提高離心階段刺激

② 符合伸張-收縮循環 (SSC) 機制

比起只做離心階段加重負荷
→ 效率高、人體運動多含 SSC (走、跑、跳)

③ 變動式阻力能確保最大努力

自由重量限制：黏著點 (sticking point):
→ 變動式負荷：每1下都依據自己能力進行

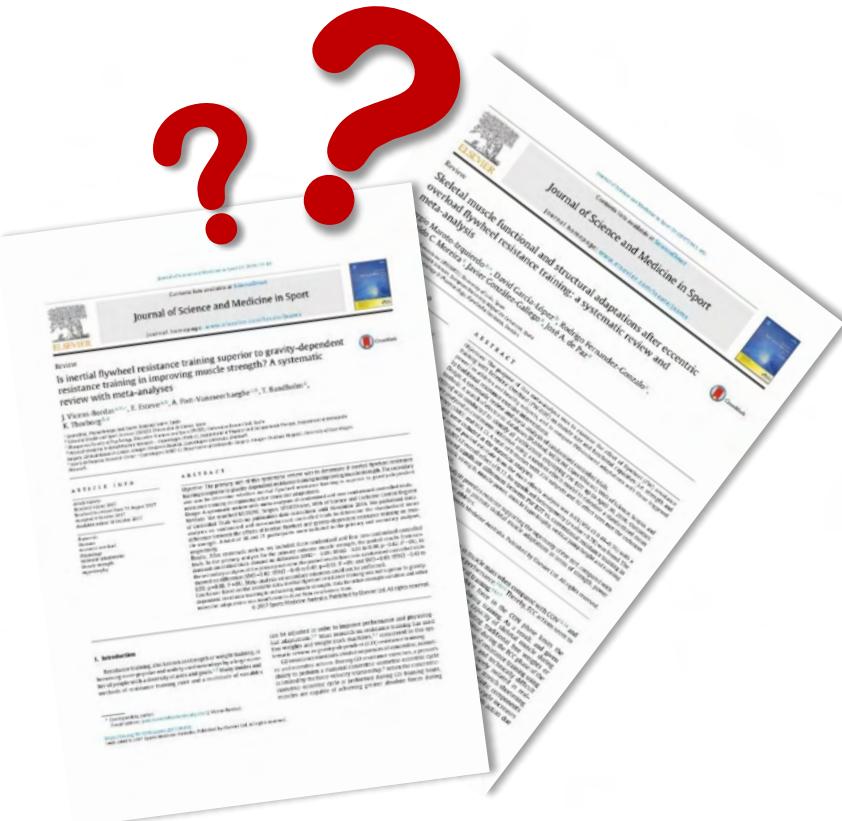
(Vicens-Bordas et al., 2017)

傳統阻力訓練的限制 V.S 慣性飛輪阻力訓練

儀器原理

實際成效

適應機轉



哪個比較好？統合分析「得出不一致的結果，顯示一致的結論」

不一致的結果：兩者訓練效果的差異

- 增進肌力、爆發力、衝刺、垂直跳 → 兩者均有效

一致的結論：慣性飛輪阻力離心訓練的優勢

離心 & 向心肌力都會進步！

- 高特殊性 → 離心訓練加強單雙側吸收衝擊、加速、減速的能力
- 高多樣性 → 在多個平面執行多種動作，皆提供向心及離心刺激
- 高安全性 → 調整強度彈性大，提升表現訓練與傷後復健皆適用
- 高便利性 → 方便攜帶，較不受場地限制

(Maroto-Izquierdo et al., 2017; Vicens-Bordas et al., 2017; Suchomel et al., 2019; Kowalchuk & Butcher, 2019)



與傳統重訓相比，不只**腰椎壓力更小**，還有提升**髖膝踝穩定優勢**

●研究上來看

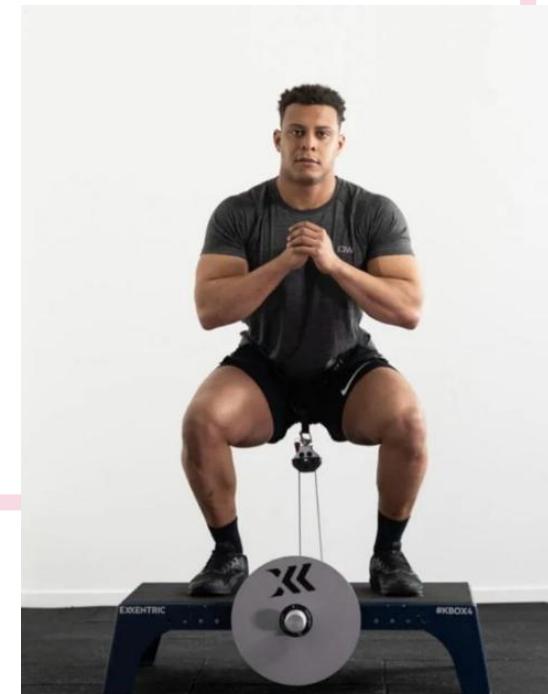
- ✓ 從0.050加到0.100 kg*m²，軀幹頃斜角度無顯著差異。
- ✓ 因此**髖、膝、踝三關節的角速度**，能更具協調性加速。



(Tesch, 2017; Suchomel , 2019)

飛輪訓練 vs 一般健身器材

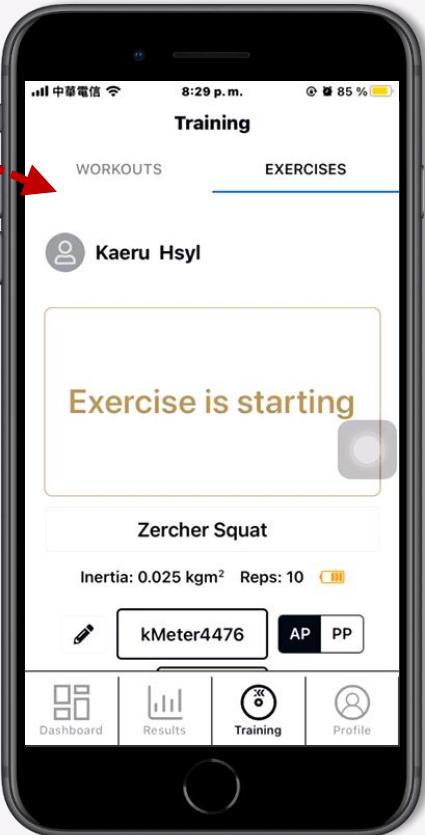
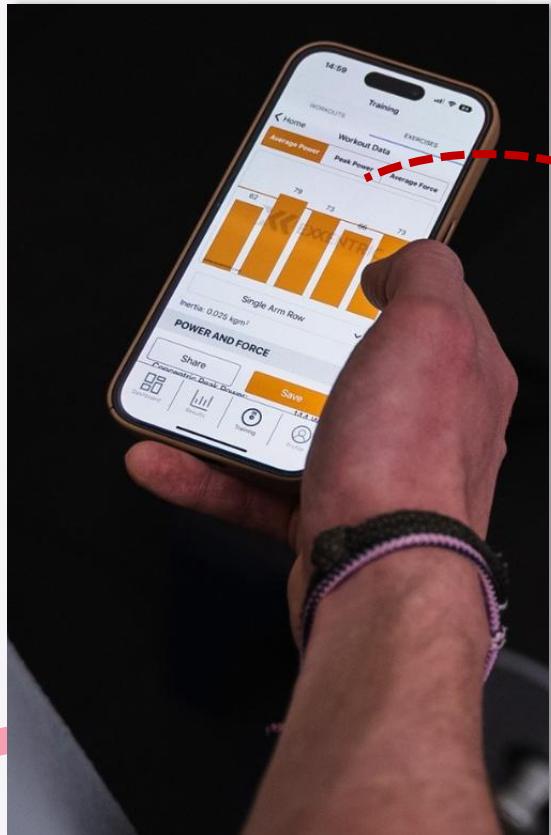
| | | 飛輪慣性阻力訓練 | 槓鈴 |
|-------|--------|-----------------------|---------------|
| 負載來源 | | 飛輪的質量 迴轉半徑 角加速度 | 槓鈴 槓片重量 |
| 訓練效果 | 向心 | ✓ | ✓ |
| | 離心 | 勝 | |
| | 方向性 | 多樣化、易調整 | 固定式、較單一 |
| 訓練安全性 | 專業人員監督 | ✓ | ✓ |
| | 重量背負 | 背心、腰帶 | 槓鈴直接背負於 身上 |
| 訓練成本 | | ↓ | ↑ |



「EXXENTRIC 慣性阻力離心訓練系統」系列特色

④ kMeter App

根據產品系列選擇動作，提供立即性的回饋，可檢視向心及離心爆發力！



kBox



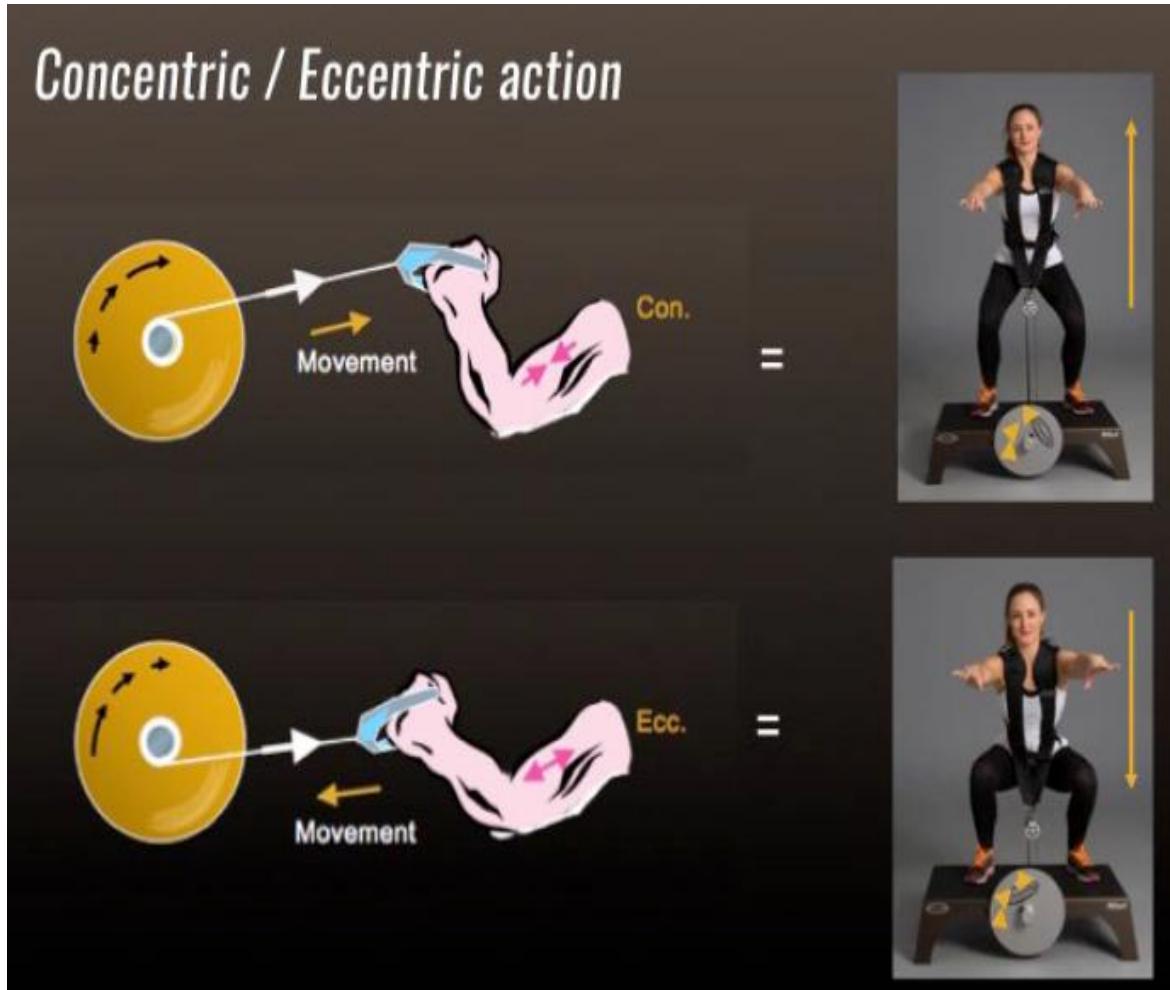
kPulley



SingleExx

等慣性向心-離心超負荷訓練模式 (Exxentric KBOX4 與 KPULLEY2)

- 輕負荷: 0.025-0.05 kg/m²: 訓練速度
- 中負荷: 0.05-0.075 kg/m²: 訓練爆發力
- 高負荷: 0.75-0.10 kg/m²: 訓練肌力



Kbox4 flywheel離心訓練



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Science and Medicine in Sport

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

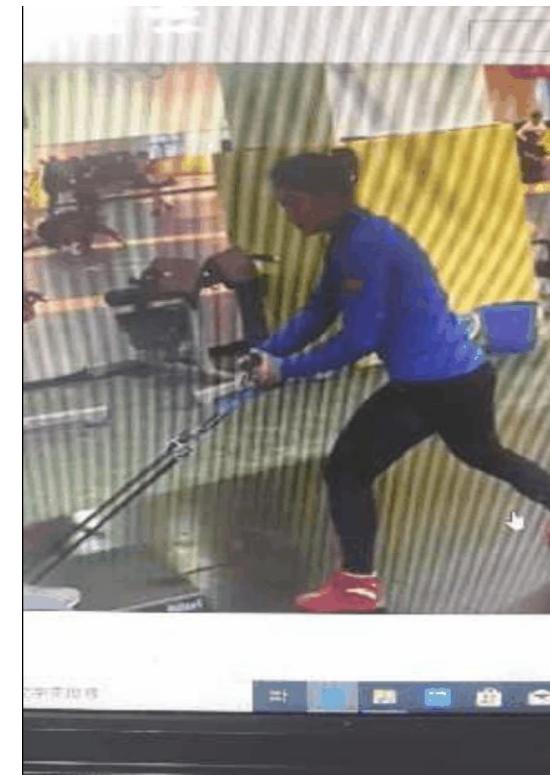


Review

Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis

Sergio Maroto-Izquierdo ^{a,*}, David García-López ^b, Rodrigo Fernandez-Gonzalo ^c, Osvaldo C. Moreira ^a, Javier González-Gallego ^a, José A. de Paz ^a

- Flywheel 離心超載訓練使肌肉產生更大、更多訓練適應
- 向心及離心肌肉力量 ↑
- 肌肉爆發力 ↑
- 肌肉量(肌肉肥大) ↑
- 垂直跳躍能力 ↑
- 衝刺跑速度 ↑





飛輪訓練相當適合**比賽密集**及 **周期較短**的運動

- 對訓練有素的運動員執行4-8週的飛輪訓練

- ✓ 肌肥大
- ✓ 肌力與最大肌力
- ✓ 垂直位移
- ✓ 水平位移



(Petré, 2018)

速度依循訓練好處 (Velocity Based Training , VBT)

- 1.監控(肌力與疲勞狀態)
- 2.週期化訓練應用
- 3.因應賽季，挑選適合的重量
- 4.因應個人狀況(疲勞)，挑選適合的重量
- 5.利用速度預測1RM
- 6.設定理想訓練量
- 7.提供即時回饋，增加訓練動機

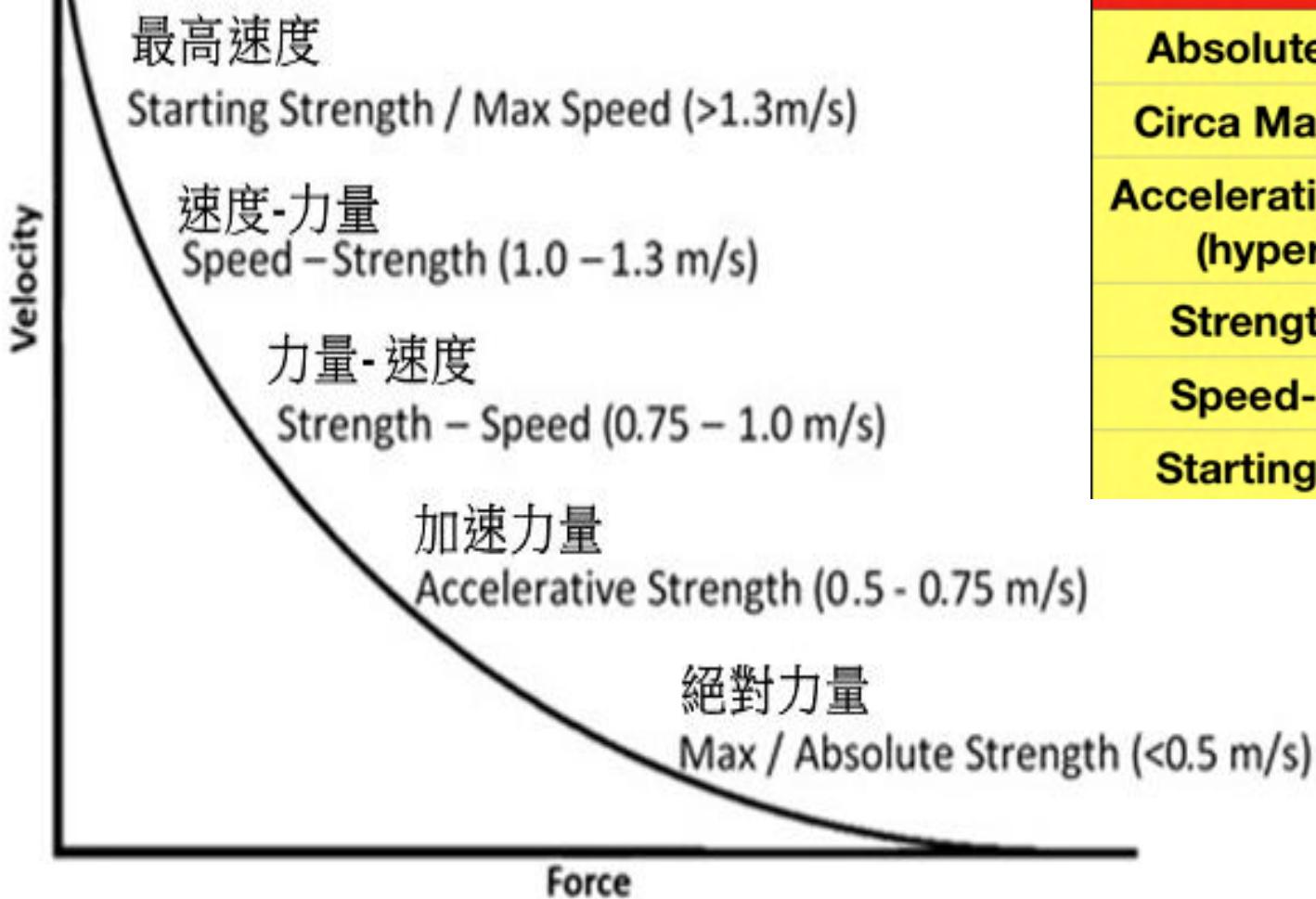


傳統訓練處方(未考慮速度)

表 18.9
根據訓練目標設定負荷與反覆次數

| 訓練目標 | 負荷 (% 1 RM) | 目標反覆 次數 |
|--------|----------------|------------|
| *肌力 | ≥85 | ≤6 |
| #爆發力： | | |
| 單次努力項目 | 85~90 | 1~2 |
| 多次努力項目 | 75~85 | 3~5 |
| 肌肥大 | 67~85 | 6~12 |
| 肌耐力 | ≤67 | ≥12 |

速度與力量關係



| Trait | Mean Velocity | Approx % 1RM | Approx Rep Range |
|--|----------------|--------------|------------------|
| Absolute Strength | <0.35 m/s | 90-100% | 1-2 |
| Circa Max Strength | 0.35 - 0.5 m/s | 65-80% | 2-4 |
| Accelerative Strength (hypertrophy) | 0.5 - 0.75 m/s | 65-80% | 5-15 |
| Strength-Speed | 0.75 - 1 m/s | 45-65% | 3-8 |
| Speed-Strength | 1 - 1.3 m/s | 25-45% | 3-8 |
| Starting Strength | >1.3 m/s | <25% | 3-8 |

速度下降率訓練效益

Sports Medicine (2023) 53:177–214
<https://doi.org/10.1007/s40279-022-01754-4>

The Acute and Chronic Effects of Implementing Velocity Loss Thresholds During Resistance Training: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Critical Evaluation of the Literature

Ivan Jukic^{1,2}  · Alejandro Pérez Castilla³  · Amador García Ramos^{3,4}  · Bas Van Hooren⁵  · Michael R. McGuigan¹  · Eric R. Helms¹

- 低速度下降閾值 (0-15%):
→ 衝刺跑、負重時速度、跳躍等爆發力效益較好
- 高速度下降閾值 (20%以上):
→ 肌力及肌肥大效益較好，但20%與40%效果類似，所以不用選40%以上(會太累)
- 中負荷搭配高速度下降率 (例如: 60%RM搭配40%下降率) 疲勞程度較高 (相較於，80%RM搭配20%下降率)

Randomized Controlled Trial  Med Sci Sports Exerc. 2020 Aug;52(8):1752-1762.
doi: 10.1249/MSS.0000000000002295.

Velocity Loss as a Critical Variable Determining the Adaptations to Strength Training

速度下降率 (或閾值)熱身效益

Optimal velocity loss threshold for inducing post activation potentiation in track and field athletes

Zihang Yuan ^{1 2}, Kaifang Liao ¹, Yumei Zhang ¹, Mengyuan Han ¹, Chris Bishop ³, Zhili Chen ¹, Xiaohua Zhang ¹, Guochao Zhang ¹, Yongming Li ^{1 4}

- 成人運動員 (肌力程度: 踩舉1.9倍體重) \rightarrow 85 %1 RM 進行背蹲舉熱身
- 進行4種速度 (5%, 10%, 15% 與 20%) 下降閾值
- 分別在: 热身前、热身後10秒、4、8、12、16分鐘進行下蹲跳爆發力測驗

結果:

- 以5%速度下降閾值 (2組, 85 %1 RM) 進行背蹲舉熱身 \uparrow 下蹲跳爆發力
- 热身次数最少 (较少疲劳)
- 热身後需休息4-8分鐘

| VL(%) | Number of Repetitions | | |
|-------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | Set 1 | Set 2 | 2 sets in total |
| 5 | 3.2 \pm 1.3 ^a | 2.3 \pm 1.6 ^a | 5.6 \pm 1.9 ^a |
| 10 | 4.1 \pm 1.3 ^a | 3.6 \pm 1.5 ^{a1} | 7.6 \pm 2.2 ^{a1} |
| 15 | 4.7 \pm 1.7 ^a | 4.2 \pm 2.6 ^b | 8.9 \pm 2.9 ^b |
| 20 | 6.8 \pm 2.8 ^b | 5.6 \pm 3.0 ^{b1} | 12.4 \pm 4.6 ^c |

疲勞恢復: 持續進步的關鍵

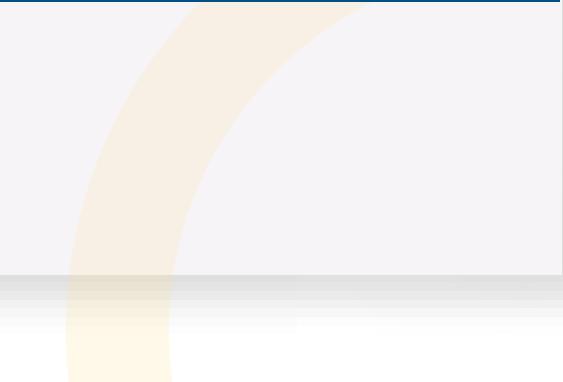
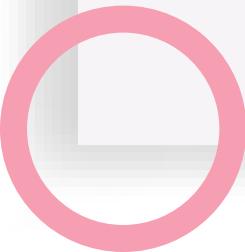


- 休息與訓練同樣重要

- 妥善監控疲勞狀況，讓身體有足夠恢復，運動表現才能持續進步

恢復的定義與重要性

從「事後才想」轉變為「訓練成功的驅動力」



什麼是「運動恢復」？

恢復是一個整合生理與心理的過程，使身心在經歷壓力後：

- ⌚ 恢復體內平衡：使各項生理指標回到穩定狀態。
- ⚡ 修復組織：修復受損的肌肉與結締組織。
- 🧠 重新平衡系統：調整神經、荷爾蒙與認知系統。
- ▣ 重建表現潛力：為下一次訓練或比賽做好最佳準備。



疲勞的來源與形式



代謝性疲勞

能源儲備（如肌醣原）的消耗，以及運動代謝副產物的堆積，直接影響短期的力量輸出。



結構性損傷

肌肉纖維微損傷（如離心收縮引起），需要時間進行蛋白質合成與組織修復。

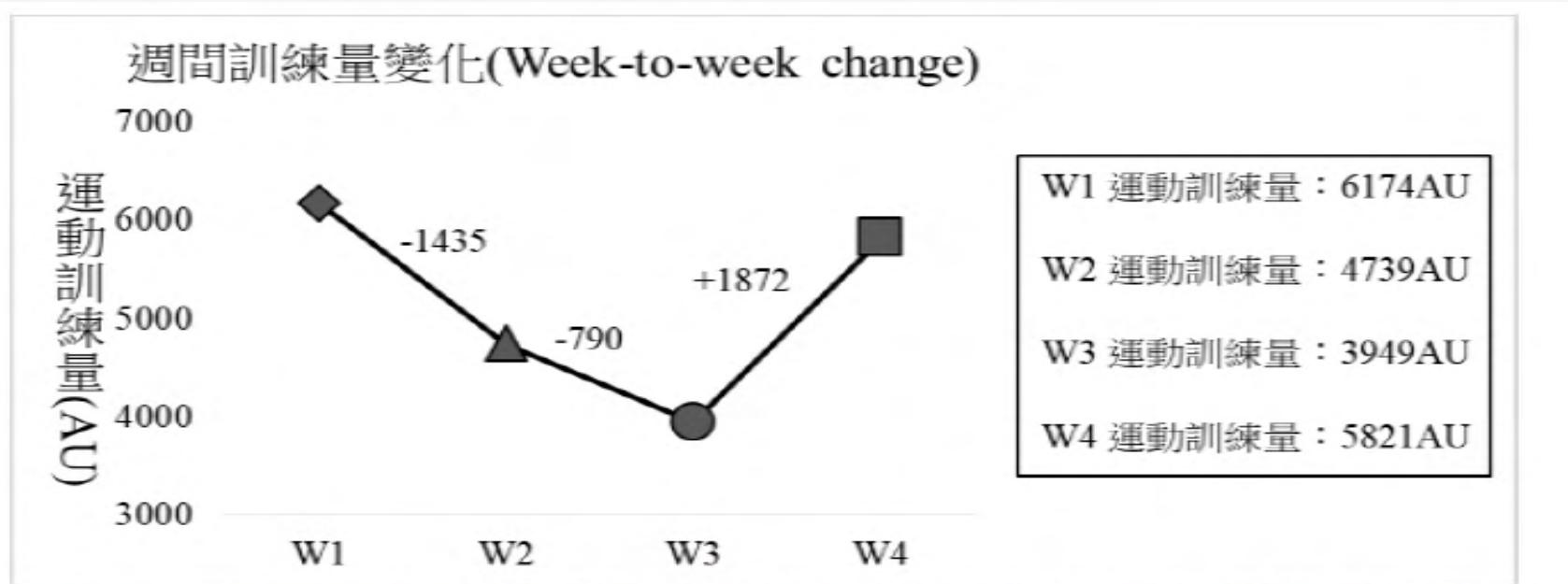


神經與心理疲勞

中樞神經系統疲勞與心理壓力，會降低神經驅動力與動作協調性，需透過休息與冥想緩解。

運動訓練量原則

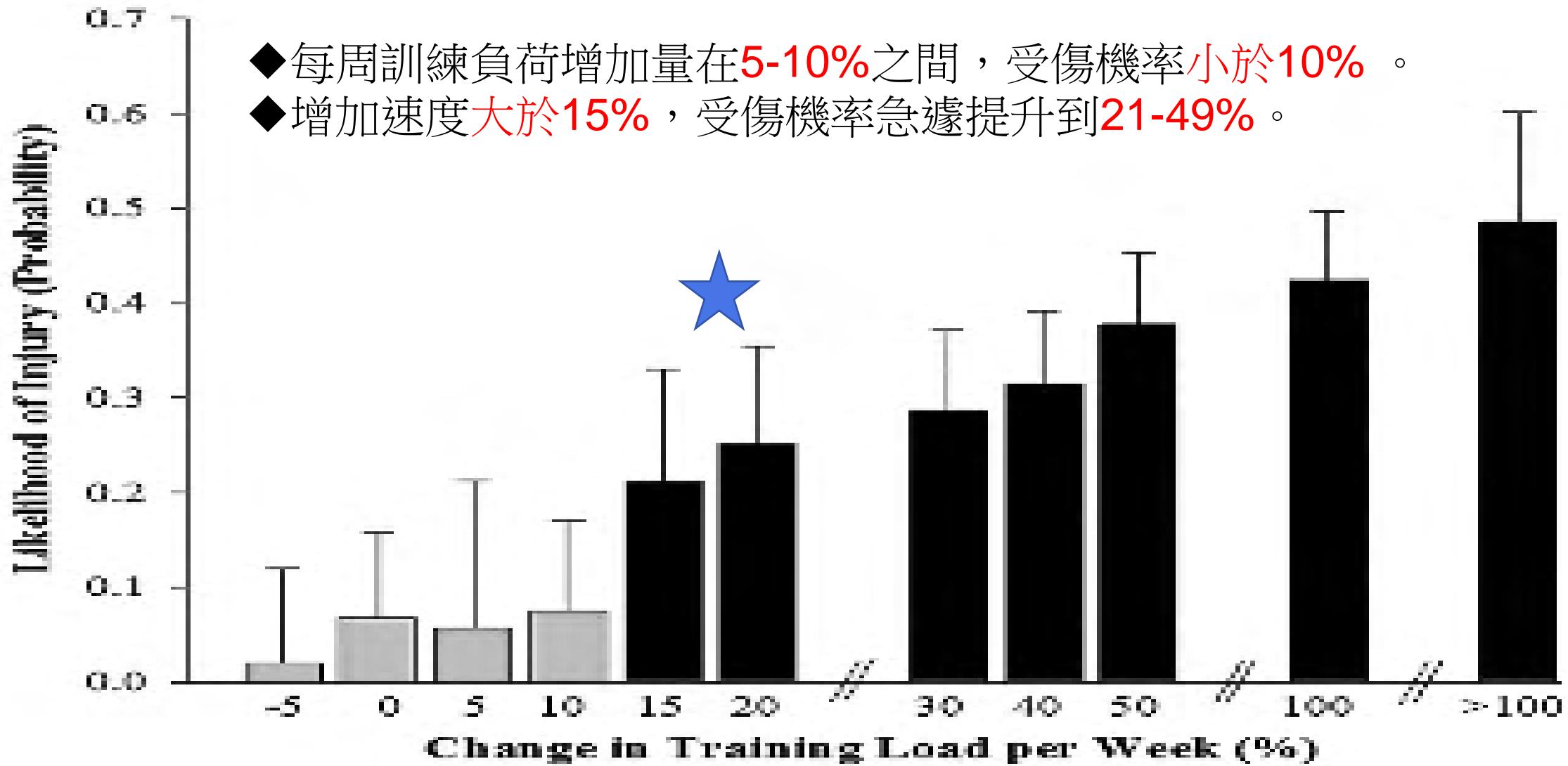
- 訓練量(TL)標準差高: 高訓練量變化性 (訓練量有高低變化)
- 訓練同質性(TM)高: 表示每日訓練變化越單調→選手疾病與過度訓練風險提高 → 運動表現也不好。
- 2016 年國際奧林匹克委員會發表立場申明建議，每週訓練量變化應小於10%變化量，以減少傷害、疾病發生率。



圖一、週間訓練量變化計算參考範例，圖中 AU 表示任意單位 (arbitrary units)。

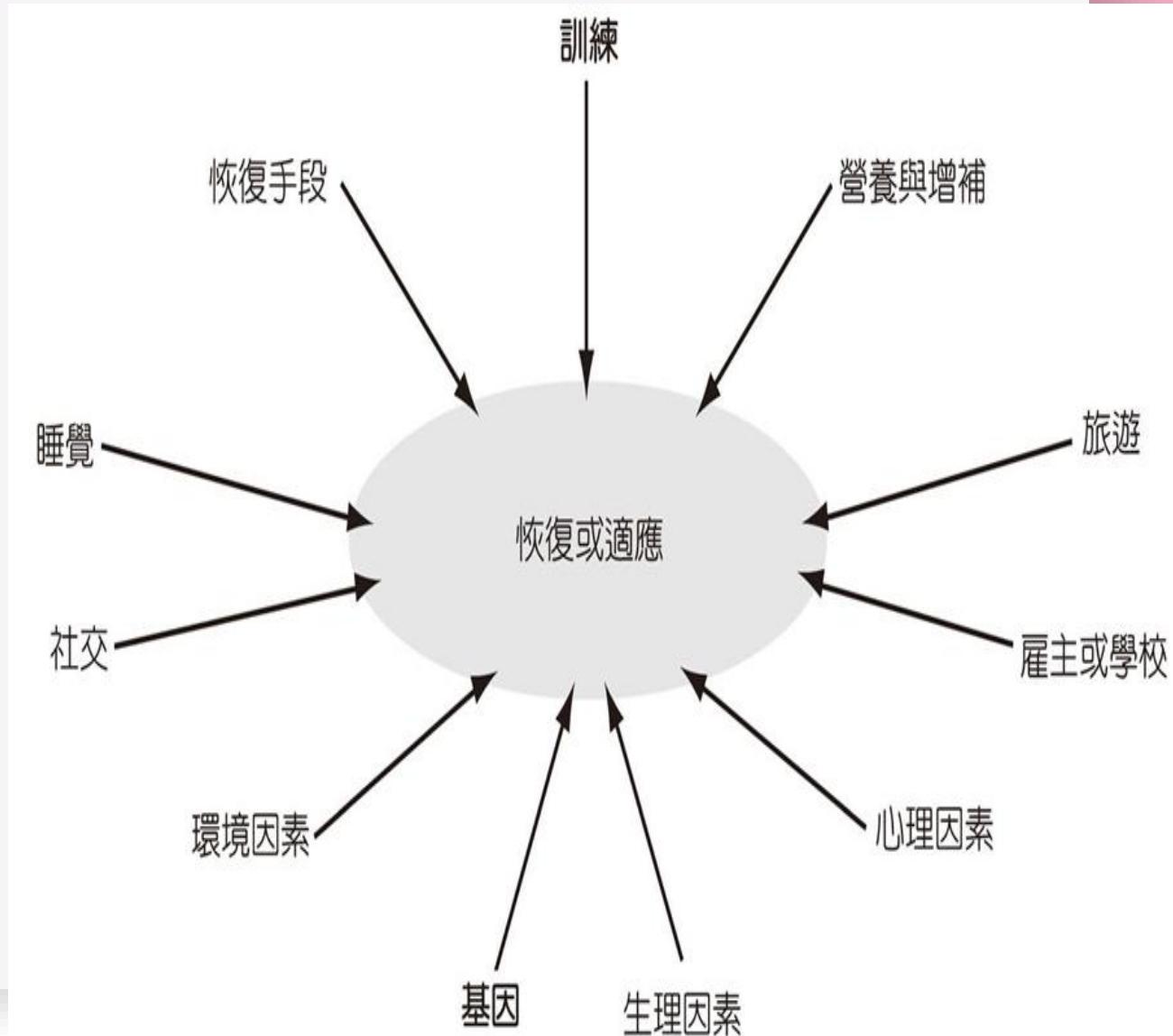
(Soligard et al., 2016)

控制訓練負荷增加速度與損傷率



影響疲勞因素及監控計畫

- 單次訓練或賽後立即監控
- 每天健康狀態之疲勞監控日誌
- 每周運動訓練及比賽負荷監控
- 每月競技體能及運動表現評估



疲勞與過度訓練

- 疲勞: 急性及慢性疲勞
- 專項運動訓練容易發生急性疲勞。
- 處於生理及心理壓力下，容易發生慢性疲勞。
- 每次訓練課程皆讓運動員產生疲勞，可以在短暫時間內恢復。
- 面對小週期高強度及高訓練量。容易產生過度努力(overreaching)或密集負荷的訓練階段，易形成慢性及過度訓練。

過度努力訓練光譜

- **功能性過度努力**: 會產生刺激及生理適應，並誘發超補償作用。
- **非功能性過度努力**: 持續一段時間高強度訓練，造成進步停滯及運動表現下滑，此一現象需較長時間進行恢復。
- 當非功能性過度努力持續一段時間，則逐漸形成過度訓練。

| | | | | |
|----|----------------|------|-------|------|
| 疲勞 | 疲勞增加的狀態 | | | |
| 訓練 | 持續激烈訓練及缺乏適當的恢復 | | | |
| 現象 | 逐漸惡化的現象 | | | |
| 結果 | 急性疲勞 | 過度努力 | | 過度訓練 |
| | | 功能性 | 非功能性 | |
| 恢復 | 天數 | 天→週 | 週→月 | 月→? |
| 表現 | 提升 | 暫時下降 | 下降或不變 | 下降 |

疲勞與過度訓練：運動刺激後疲勞症狀

| | 低強度刺激 | 最理想的刺激 | 達個人極限刺激 | 超個人極限刺激 |
|-------|-------------------|-----------------|---------------------|--------------------------|
| 疲勞水準 | 低 | 大 | 衰竭 | 衰竭 |
| 流汗 | 上身輕或中等 | 上身大量流汗 | 下半身大量流汗 | 流一些汗 |
| 技術的質 | 控制下的動作 | 準確性差、不穩、一些技術錯誤 | 協調差、技術不確定、多錯誤動作 | 動坐不穩、缺乏爆發力、精確度差 |
| 專注 | 正常、隊教練的反應快、最大的注意力 | 學習新技術能力差 | 專注差、緊張、不穩定 | 不用腦經、無法正確動作、無法專心於須致力的活動 |
| 訓練與健康 | 執行所有訓練 | 肌力弱、缺乏爆發力、低作業能力 | 肌肉關節痛、頭痛、反胃、噁心、心神不寧 | 失眠、肌肉痠痛、身體不適、24小時或以上高心跳率 |
| 訓練意識 | 希望訓練 | 希望更長休息人願意訓練 | 希望停止訓練、需要完全休息 | 討厭隔天再訓練隊訓練規定持負面態度 |

過度訓練症狀

| 心理方面 | 體能方面 | 功能方面 |
|------------|---------------|----------|
| 興奮性增加 | 協調 | 失眠 |
| 專注力變差 | 肌緊張度增加 | 胃口差 |
| 無理性 | 一再重現錯誤 | 消化不良 |
| 對批評敏感 | 節奏性的動作度一致 | 多汗 |
| 自我孤立於教練與隊友 | 降低分辨與修正錯誤動作能力 | 肺活量降低 |
| 缺乏主動 | 身體的能力降低 | 心跳率恢復變慢 |
| 沮喪 | 速度、肌力與耐力下降 | 皮膚與組織易感染 |
| 缺乏信心 | 恢復速率變慢 | |
| 意志力 | 反應時間變慢 | |
| 缺乏拼鬥意志 | 容易發生意外傷害 | |
| 擔心比賽 | | |
| 容易放棄計劃或比賽欲 | | |

造成過度訓練原因

| 訓練上的錯誤 | 運動員的生活型態 | 社會環境 | 健 康 |
|----------|------------|-----------------|-------|
| 疏忽恢復 | 睡眠不足 | 過多家庭責任 | 疾病、高燒 |
| 要求超過能力 | 沒有計劃 | 挫折(家庭、同儕) | 噁心 |
| 長期中斷後進度快 | 抽菸、喝酒、咖啡 | 職業上的不滿足 | 胃痛 |
| 高強度的刺激過多 | 設施(空間)差 | 壓力的職業活動 | |
| | 與隊友爭吵 | 過多情緒活動(電視與吵雜音樂) | |
| | 營養差 | 與家人因運動爭吵 | |
| | 過於興奮與不寧的生活 | | |

如何監控運動員訓練/狀態？

Training Monitoring

主觀



自我感覺

- 自覺竭力程度 (RPE)
- 保留下數 (RIR)



狀態評估問卷

- 自覺休息充足
- 肌肉酸痛
- 睡眠時間
- 睡眠質素
- 壓力
- 情緒



教練觀察

- 動作姿勢/流暢性
- 運動員信心



心率測量

- 心率變異性 (HRV)
- 訓練區域 / 門檻



訓練負荷

- 總負荷量
- 短期:長期負荷比率

客觀



生物化學指標

- 血液乳酸
- 肌酸磷酸化酵素 (CK)



動作速率

- 速度為本訓練(VBT)監控
- 功率輸出



全球定位系統(GPS)

- 加速度/最快速度
- 跑動距離



跳躍測試

- 運動員準備度
- 反向動作跳 (CMJ)



握力

0-10分運動自覺量表

- 可評估外在與內在訓練負荷。
- 可精確量化訓練後適應效果與疲勞反應，或是預測運動表現。
- 運動訓練負荷量：

RPE*訓練時間

例如：訓練60分鐘* 8 (RPE)

=480 (任意單位)

表一、由 Foster 學者所提出 sRPE 量表

| 自我感覺分數 | 感覺描述 |
|--------|------|
| 0 | 休息 |
| 1 | 非常輕鬆 |
| 2 | 輕鬆 |
| 3 | 中等 |
| 4 | 有點吃力 |
| 5 | 吃力 |
| 6 | |
| 7 | 非常吃力 |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | 極限 |

註：1~10 分為選手對訓練課(Training session)評量自我整體努力程度的具體分數。

急性：慢性負荷比 (Acute : Chronic Workload Ratio , ACWR)

- 廣泛應用於評估運動員受傷風險的指標。
- 比較運動員短期訓練負荷（通常是過去 7 天）與其長期訓練負荷（通常是過去 4 週平均值），來判斷訓練負荷的變化是否過快或過大，預測潛在受傷風險。

ACWR 過低 (< 0.8): 訓練負荷不足。

ACWR 在 0.8 - 1.3 : 安全範圍 或 最佳範圍。

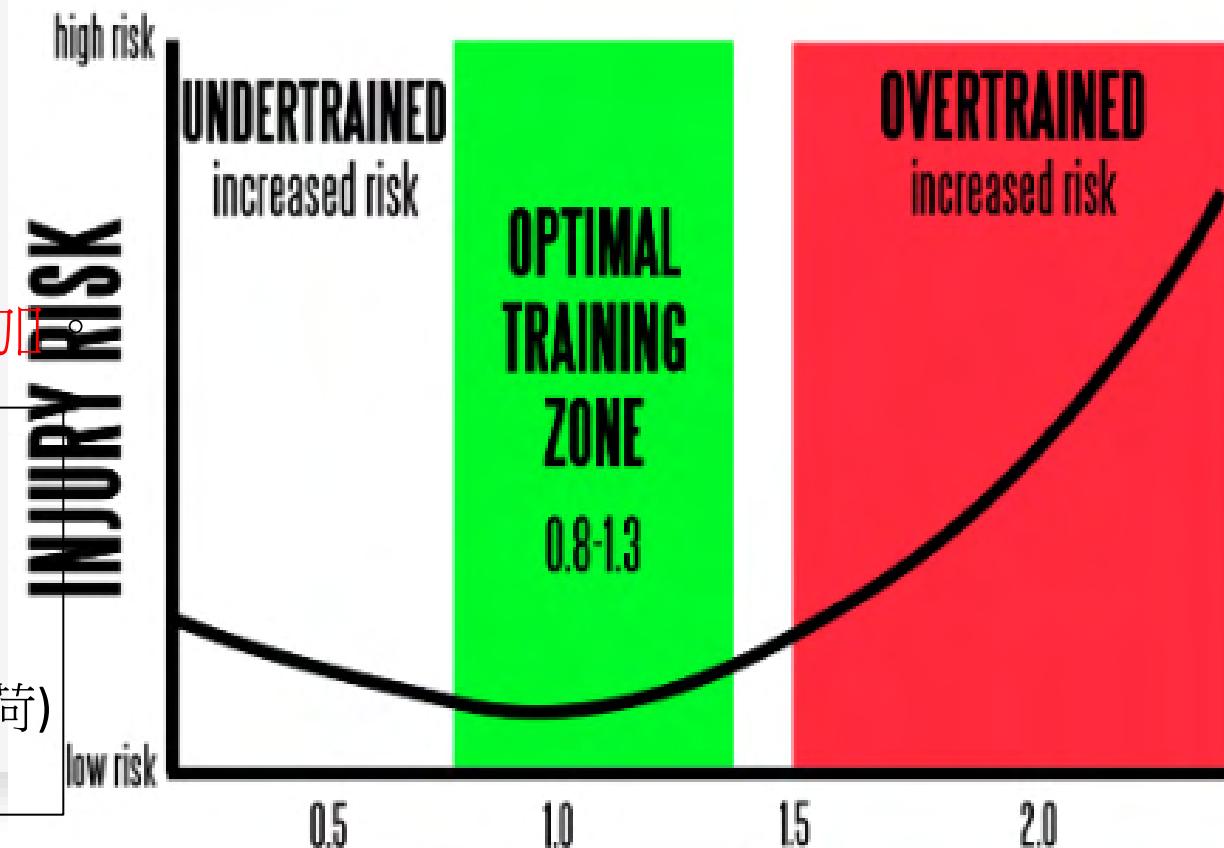
ACWR 過高 (> 1.5): 短期內訓練負荷急劇增加。

• 範例 (投球數): $ACWR = 250 \text{ 球 (本週總負荷)} / 225 \text{ 球/週 (過去 4 週平均負荷)}$

≈ 1.11

• 範例 (Session-RPE): $ACWR = 1600 \text{ AU (本週總負荷)} / 1550 \text{ AU/週 (過去 4 週平均負荷)}$

≈ 1.03



訓練科學: 恢復金字塔 (Recovery Pyramid)



恢復金字塔的基礎由優質睡眠構成，接着是足夠的營養和水份補充
良好的恢復計劃，對提升表現和長遠訓練進步至為重要

100分恢復策略及評估清單

■主動恢復四大領域及策略

Neural recovery: 神經恢復 Massage and compression therapy

Muscular recovery: 肌肉恢復 Hydrotherapy and contrast water therapy

Substrate recovery: 基質恢復 Nutrition and hydration

Psychological recovery: 心理恢復 Athlete self-monitoring and lifestyle quality

恢復策略項目及分數

1. 每天需進行2-3項恢復策略項目、2. 一般疲勞情況: 24-48小時內至少需累計80分、
 3. 非常疲勞情況: 需累計150分以上

| Recovery strategies | Description | Recovery points |
|---|---|------------------------|
| Compression garments 壓縮裝備 | Worn during travel Worn during sleep | 10 points 15 points |
| Contrast water therapy <i>Hot/cold shower</i> 冷熱交替 | Alternate 1 minute hot / 30 sec cold Repeat 10 times | 5 points |
| Hydrotherapy <i>Pool recovery session</i> 水療 | Alternate swim strokes, running drills, stretching. 20-30 minutes. | 10 points |
| Hydration monitoring <i>Change in bodyweight</i> 監控水合狀態= $1.5 \times \text{kg lost}$ | Pre- and post-training bodyweight. Fluid ingestion | 5 points |
| Athlete self-monitoring <i>Training/Recovery diary</i> 自我監控 | Sleep, bodyweight, energy, muscle soreness, RHR, RPE | 5 points |
| Massage and manipulation <i>Myofascial release</i> 按摩及徒手放鬆 | Deep tissue massage (30 minutes) Self-Massage (tennis ball, foam roller) (15 minutes) | 15 points 10 points |
| Nutritional supplementation <i>Nutrient timing strategies</i> 營養增補 | Pre, during, post-training nutrient ingestion | 5 points |

Abbreviations: RHR = Resting heart rate; RPE = Rate of perceived exertion



【感謝聆聽】

專業分工、溝通協調

教練、選手、醫學、運科合作

創造多贏

