

# 兒童與青少年體能發展：運動員長期發展模式之探討

林育瑋、吳柏翰\*

## 摘 要

**目的：**制定訓練計畫時，若沒有考量兒童與青少年運動員的生理特性，可能會造成倦怠和運動傷害，進而影響競賽表現。因此，確立運動員長期體能訓練計畫的目標，就顯得格外重要。**方法：**本研究從Google Scholar和PubMed等資料庫檢索文獻，根據兒童與青少年運動員的生理特性，探討不同時期的訓練方式。**結果：**隨著兒童與青少年的成長，生理特性有所差異。在身高增長高峰期之前的兒童，由於肌肉功能尚未成熟，同時運動表現和體能的成長速度較差，需要學習如何控制動作。隨著肌肉功能與賀爾蒙分泌逐漸成熟，在身高增長高峰期之後的青少年，運動表現和體能的成長速度最佳，適合參與強度更高且更多元的訓練。因此，我們將運動員的體能發展區分為兒童期、兒童後期和青春期的三個時期。兒童期主要訓練基本動作技術，例如移動技術、維持身體穩定和控制物品的能力。兒童後期則持續精進基本動作技術並開始練習專項運動技術，學習改變方向、跑步技術和肌力訓練動作技巧，以促進身體能力。青春期的專項運動技術訓練為主要目標，持續發展專項運動所需的體能，避免運動傷害。**結論：**青少年運動員長期的體能訓練策略，應考量運動員的生理年齡、訓練經驗以及專項體能，在對應的時期規劃合適的訓練內容，以追求身體能力的長期發展，最終達成個人最佳之競技運動表現。

**關鍵詞：**早期運動專項化、身高增長高峰期、基本動作技術

---

Submitted for publication: March 24, 2023; Accepted for publication: September 23, 2023

DOI: 10.53106/1815638X2023060036002

國立屏東科技大學休閒運動健康系。

\* Corresponding author: 吳柏翰 Email: licar@mail.npust.edu.tw

# Physical Conditioning Development in Youth: An Exploration of Long-Term Athlete Development Models

Yu-Wei Lin, Bo-Han Wu

## Abstract

**Purpose:** If training programs are not developed based on the physiological characteristics of youth athletes, fatigue and sports injuries may be caused, which can negatively affect their competition performance. Therefore, the establishment of a long-term physical training program for athletes is particularly important. **Methods:** This article searches the literature from the databases Google Scholar and Pubmed. An investigation is conducted into the training methods for different stages based on the physiological characteristics of youth athletes. **Results:** As children and adolescents grow, there are differences in their physiological characteristics. Due to their immature muscle function, poorer exercise performance and physical fitness growth are experienced by children before the peak height velocity. Control of their movements needs to be learned. An increase in performance and rate of physical fitness growth is experienced by adolescents after the peak height velocity, as their muscle function and hormone secretion gradually mature. Participation in more training is allowed for them. Therefore, into three periods: childhood, late childhood, and adolescence, the development of athletes' physical fitness is divided. In childhood, fundamental movement skills such as locomotion skills, postural skills, and object-interaction skills are primarily trained. In later childhood, fundamental movement skills are further refined, and preliminary training in sport specific skills is introduced, including learning how to change directions, running techniques, and strength training techniques, to enhance physical abilities. In adolescents, the main goal is sport specific skills training, continuously developing the specific physical abilities, and avoiding sports injuries. **Conclusions:** The long-term physical training strategy for adolescent athletes should take into account their biological age, training experience, and specific physical abilities, and plan appropriate training content during the corresponding period to pursue the long-term development of their physical abilities, ultimately achieving their best personal athletic performance.

**Keywords:** early sport specialization; peak height velocity; fundamental movement skills

## 1. 前言

是否讓兒童提早專精專項運動技術（sport specific skills），各有不同的觀點。早期運動專項化（early sport specialization）的優點是熟練專項技術，在未來的比賽擁有更多的訓練經驗與優勢 (1)。但研究指出，運動成就優秀的運動員，在兒童時期大多參與多元運動，而在此時期只專精於單一專項的運動員，運動成就相對較低 (2)，所以早期運動專項化可能不是成為優秀運動員的必要條件，甚至會減少運動員對於訓練及比賽的意願，增加倦怠（burnout）與退出訓練（dropout）的風險 (3)。同時，專項化程度較高的青少年，發生運動傷害的風險也較高 (4)。無論是否早期運動專項化，所有優秀運動員都必須在兒童時期就參與多元的運動訓練，適當發展各種身體能力 (5)。因此，在訓練中必須謹慎規劃兒童與青少年時期的身體能力發展。

運動員的長期發展模型（long-term athlete development, LTAD）是以實際年齡區分三個階段、六個時期組成，包含兒童時期、青少年至成年期，各階段皆有其訓練目標 (6)。但除了運動員的實際年齡，生理年齡與訓練經驗也會影響訓練計畫和目標。因此，Lloyd等人以LTAD的概念，發展青少年體能發展模型（the youth physical development model, YPD），加強LTAD的訓練策略 (7)。YPD是以兒童與青少年生長發育之速度作為分界點，分為兒童期（childhood）、兒童後期（late childhood）與青春前期（adolescence）。青春前期之前的訓練效益主要來自於神經肌肉的適應，在訓練的適應上與肌力（strength）、基本動作技術（fundamental movement skills, FMS）、速度與敏捷（speed and agility）相似。因此，YPD認為在各個生長時期皆可以發展所有身體的能力。但是必須注意訓練

組成的比例與訓練強度的規劃，方可使訓練效益最大化，並且降低運動傷害發生的風險。本文將從兒童與青少年的視角，進行早期專項化的介紹。敘述提早專精運動專項技術，對於運動員生涯發展的各種影響，進而探討兒童與青少年運動員長期發展模式，以及在不同生長發育階段的訓練組成。

## 2. 兒童與青少年早期運動專項化的風險

支持早期運動專項化的專家認為運動員越早接受訓練，將來在運動場上的成就越高 (1)。研究發現世界級的頂尖運動員的累積總練習時間較多 (5)，所以部分專家認為練習時間與表現成正比，希望早期累積訓練時間，提前達到最佳表現所需要的時間門檻 (1)。卻因此忽略運動員生心理負荷與受傷的風險，在運動員未達到最高表現即退出訓練而結束運動生涯。另一方面，支持青少年應參與多元化訓練，強調多元化的動作模式與運動參與，建立全方面的身體能力 (8)。人們對提前專項化感到擔憂和疑慮，主要是因為可能會導致運動傷害和心理倦怠的風險。許多調查也發現，早期專項化並不是達到最高運動成就的必要條件。此外，先學習基本動作技術再開始學習專項運動技術，則有助於發展綜合多元的身體能力 (9)。可以減少過度使用損傷（overuse injury）和倦怠的風險，延長運動員的職業生涯。

美國運動醫學骨科協會（american orthopaedic society for sports medicine, AOSSM）提出早期運動專項化的定義 (10)，將早期運動專項化定義為：（一）每年持續8個月或全年參加訓練或有組織的比賽；（二）只參加一項運動，排除其他運動；（三）運動員小於12歲，如表1 (4)。

表1. 運動專項化程度

題 目	回答是即得1分	總 分	專項化程度
問題1	是否在1年之中參與這項運動八個月	0-1	低水準
問題2	是否只參與這1項運動	2	中水準
問題3	主要運動是否比其他運動重要	3	高水準

註：表格內容引用自 (4)。

多元發展並非完全排除專項訓練，而是隨著運動員的成長逐漸增加專項訓練的比重。東德針對9-12歲兒童做14年的縱向調查，發現早期運動專項化的運動員，能快速改善運動表現，並且在15-16歲達到巔峰，但在競賽中的運動表現不穩定。因為生理發展不佳，又被迫適應訓練強度，進而增加傷害風險，導致運動員在18歲前容易感到倦怠，並退出訓練 (11)。另一方面，運動員進行多元訓練，儘管起初表現進步速度較緩慢，必須在18歲以後運動表現才能達巔峰。但在競賽中的運動表現穩定，並且因為漸進負荷 (progressive overload) 與全面性的生理發展，因此受傷的風險較低，運動職業生涯也能夠長久。

## 2.1 青少年專項化水準與運動傷害

健康兒童與青少年運動員經歷長時間的訓練與比賽，可能增加運動損傷的風險，並與專項化水準呈現劑量反應關係 (dose response relationship)。若專項化水準越高，損傷風險則越大。先前的研究在2家運動醫學門診招募7至18歲受傷的運動員 ( $n = 822$ ) 與健康對照組 ( $n = 368$ ) 進行分析，結果發現受傷的運動員年齡 ( $12.9 \pm 2.6$  vs.  $14.1 \pm 2.1$  歲) 比未受傷的健康人大，每週訓練的時間也較多 (每週  $17.6 \pm 8.9$  vs.  $19.6 \pm 9.2$  小時) (4)。此外，為了解13歲時的專項化水準與運動傷害的相關性，調查大學棒球運動員 ( $19.8 \pm 1.2$  歲) 的肩關節與肘關節的舊傷發生率。研究發現，高度專項化水準的運動員主觀認為手臂的投擲功能較差，並且曾經受傷的發生率是中等水準運動員的3倍 (12)。

另外，運動員的專項化水準越高，受傷風險也越大。研究指出，在377名過度使用損傷的運動員中，主要專項運動項目的訓練時間若超過8個月，發生過度使用損傷風險顯著較高 (小於8個月為74人：19.6%，大於8個月為303人：80.4%)。每週參與專項運動的訓練時數若超過運動員的自身年齡者，受傷風險也較高 (小於自身年齡為167人：44.3%，大於自身年齡為210人：55.7%) (13)。由於身體疲勞是運動傷害的主因，所以每週專項訓練與比賽的進行時間 (時數) 應該低於運動員的年齡數字，有助於降低過度使用傷害。建

議每週專項訓練與比賽的進行時間 (時數) 應低於運動員的年齡數字，減少因疲勞而導致的運動傷害。

## 2.2 早期運動專項化的倦怠與退出訓練

部分家長與教練相信早期運動專項化有助於在未來的比賽獲得勝利，但沒有為考慮運動員考量心理與生理因素 (14)。兒童與青少年運動員持續參與訓練的動機，通常是享受運動的樂趣。然而，運動員的訓練目標是提升運動表現，期望透過大量的訓練與比賽累積經驗，取得競賽成就。但過多的訓練和練習，也會使兒童與青少年運動員感到疲倦。減少運動與訓練的樂趣，降低的訓練意願。最終導致倦怠，甚至退出訓練 (15)。青少年運動員無法達成個人預設的目標，以及滿足父母的期望，也是造成運動倦怠的原因 (16)。此外，針對美國大學運動員 (National Collegiate Athletic Association, NCAA I、II、III) 以早期運動專項化與結束運動生涯的原因進行問卷調查 ( $N = 1,550$ )，研究指出運動員因倦怠而退出訓練的比例，早期運動專項化者 (10.5%) 比非早期運動專項化者 (7%) 高 (3)。早期運動專項化會增加退出訓練的機率，應格外重視此問題。因此，如上一節的建議，應減少兒童或青少年運動員的專項訓練時間，避免運動員倦怠與退出訓練。建議給予運動員積極的目標，提高訓練動機。設定可完成的近期目標，增加運動員成就感；避免無法達成的目標，導致焦慮。

## 2.3 早期運動專項化與未來競賽水準之相關性

關於早期運動專項化是否影響運動員未來的競技水準，針對德國世界級 ( $n = 722$ ) 與國家級 ( $n = 5,324$ ) 運動員的調查發現，世界級運動員專項化的時間比國家級運動員晚，並且參與更多專項以外的運動 (17)。雖然世界級運動員達到生涯最佳成績的時間較國家級運動員晚，但是後續的運動成就更高。另一項對於德國世界級運動員 ( $n = 244$ ) 參與多元運動的縱向研究指出，世界級運動員 (14.4歲) 開始專項訓練的年

齡較國家級運動員晚（12.1歲），而世界級運動員從兒童期直至成年，普遍參與多項運動（5）。一項英國的調查指出，相較與專精一項運動者，在7歲、11歲、13歲和15歲參與3種運動的運動員，於16歲至18歲時參加全國性競賽的機會顯著較大，分別高出4.18倍、2.20倍、2.10倍及2.09倍（18）。另外，在調查日本運動員的專項化與競賽水準後，也發現早期參與多項運動，可能影響未來的競賽水準。在曾經參與國家級或更高水準的20-29年齡層運動員之中，有45%的人僅參與單一專項運動，而有55%的運動員參與2種以上的運動項目。同時，參與多項運動的運動員中，開始練習專項運動的年齡，也比練習單一專項運動的人早（男性早1.9年，女性早1.7年）（19）。運動員若無早期運動專項化，並不會影響參與高水準競賽的機率。但運動員在運動生涯早期參與多項運動，可能有助於運動能力的發展。

綜合以上研究，目前的研究證據並不建議運動員早期運動專項化。運動員在青春之前參與多種運動項目，並且持續訓練主要項目，可能會有更好的運動成就。然而，一般認為必須早期運動專項化的項目，可能具有更高的受傷比例，例如：游泳、跳水、體操與韻律體操（20）。研究指出，107名挪威女性韻律體操運動員（平均14.5歲）每人每年平均4.2次的過度使用損傷和1次的急性傷害。同時，未經月經的女性青少年運動員，受傷風險可能更大（21）。因此，為了避免訓練造成的負面影響，這些需要早期運動專項化的項目仍建議依循以下原則：（一）每週專項訓練與比賽的進行時間（時數）應低於運動員的年齡，並且強化神經肌肉的控制能力，預防運動傷害；（二）依據美

國運動醫學會提出的五點建議，預防年輕運動員的倦怠和退出訓練，如表2（22）；（三）兒童與青少年訓練的專精程度，依據運動項目的需要而決定。對於不需要早期運動專項化的運動項目，若過早強調專項訓練則可能不利於整體的發展（20）。但無論運動員的競賽水準、參與其他運動項目的參與數量與專項化的時間早晚，都必須經歷長時間的訓練。因此，運動員早期的體能訓練與專項技術的學習，需要有長期發展的訓練策略。符合生長發育的生理適應，才能促進競賽時的運動表現，降低運動傷害與延長運動生涯，達成更高的生涯成就。建議依循LTAD的建議，進行長期運動員生涯的訓練規劃（6）。

### 3. 運動員長期發展模式

在兒童與青少年的訓練中，過早專項化可能會增加運動傷害與心理倦怠的風險，因神經肌肉骨骼的發展尚未成熟。此外，過早累積大量的專項訓練時數，也並非是成為世界級優秀運動員之必備條件。上一章節的文獻探討即指出，兒童應該盡早開始參與身體活動、學習FMS，並藉由多元訓練來發展身體能力（6）。其中，FMS包含三種技能。第一種是移動性技能（locomotor movement skill），是指身體從一點移動至另一點的能力，例如：步行、跑步、爬行、翻滾及跳躍。第二種是穩定性技能（stability movement skill），是指維持身體動作與姿勢的能力，例如：旋轉與維持平衡（balance）。第三種是操作性技能（manipulative skill），是指使用手或腳移動或使用物品的能力，例如：投擲、接取、踢球、揮棒、抓握及運球（23）。進

表2. 美國運動醫學會預防年輕運動員倦怠之策略

策 略	預防年輕運動員倦怠的方法
策略1	適合年齡的遊戲和保持訓練的趣味性，在練習中保持樂趣。
策略2	每週休息1至2天，讓身體休息或參與其他活動。
策略3	在單一專項運動的結構化訓練和比賽後休息2到3個月，同時專注於其他活動和交叉訓練，以防止運動技能或體能下降。
策略4	專注於教導運動員控制自己的身體，避免改變訓練方法時受傷。
策略5	比起贏得比賽，更重視動作技術的發展。

註：此表修改自（22）。

表3. LTAD各階段訓練目標

訓練 階段	第一階段： 兒童建立基礎	第二階段： 成為一名運動員		第三階段： 贏得競賽		
訓練 時期	基礎樂趣 (FUNDamentals)	訓練適應 (Learning to Train)	專項化訓練 (Training to Train)	為競賽而訓練 (Training to Compete)	為勝利而訓練 (Training to WIN)	終生活躍 (Retirement/ Retain- ment)
訓練 年齡	男性6-9歲 女性6-8歲	男性9-12歲 女性8-11歲	男性12-16歲 女性11-15歲	男性16-18歲 女性15-17歲	男性19歲以上 女性18歲以上	所有年齡
訓練 目標	發展FMS	初步學習專項 運動技術	專精專項運動技 術，追求運動表現	整合所有技術， 強化個人競爭力	維持體能，贏得競賽	從事體育相關職業或 獲得終生運動的益處

註：本表內容引用自 (6)。

而銜接專項運動技術的發展，最終達到優秀的運動表現。而LTAD是根據青少年運動員之年齡，對應適合的訓練與動作學習時期，所規劃的運動訓練長期發展指南 (6)。以實際年齡區分訓練時期，共分為三大階段並細分成六大時期，如表3。

### 3.1 運動員長期發展之介紹

LTAD的第一階段為兒童建立基礎階段，目標是發展複雜的專項運動能力，藉由適當的運動參與，開始學習基礎運動知識和FMS。相較於FMS不佳的兒童，發展良好的兒童更有可能從事高水準的身體活動 (24)。其中，基礎樂趣期的目標是發展FMS，同時訓練平衡、協調 (coordination)、速度與敏捷等身體能力的發展。

第二階段共分為二個時期，是逐漸成為一名運動員階段，此階段必須建立青少年運動員的自信心，不必過度在意比賽結果。在訓練適應期，應初步學習各種專項運動技術，但避免過度專項化。利用藥球、瑜珈球和自身體重進行肌力訓練，強化柔軟度與協調性。建議在1至2週的小週期中，訓練與比賽時間比設定為7比3，每週進行3次專項運動與3次其他運動。在專項化訓練期，目標是專精專項運動技術並追求運動表現。由於此時期的青少年處於身高增長高峰期 (peak height velocity, PHV)，身體重心與肌肉功能持續改變。因此，需要漸進提升有氧耐力與肌肉耐力，再逐

漸提升訓練強度，學習使用自由重量的正確技術。每週進行6至9次運動專項訓練，其中包含輔助訓練，訓練與比賽時間比為6比4，讓運動員在比賽中使用練習過的專項運動技術 (6)。

第三階段共分為三個時期，是贏得競賽階段，目標為整合所有技術，並根據個人優勢，強化個人競爭力。在為競賽而訓練期，目標是最大限度的優化專項運動技術、戰術和體能，每週訓練9至12次，訓練與比賽時間比為4比6，利用比賽檢視專項運動技術與戰術的訓練成果，並依此調整訓練計畫。在為勝利而訓練期，目標是維持運動員身體能力，贏得競賽。配合個人訓練風格，進一步發展專項運動技術、戰術和運動表現。建議在1至2週的小週期中，訓練與比賽時間比設定為3比7，每週訓練9至15次 (6)。最後是終生活躍期，運動員直到退休後或是成為教練，以休閒與健康的目標持續運動。在LTAD的所有時期特別強調促進肌肉健康，輔助練習運動技能、增進運動表現，並且減少運動傷害 (25)。

LTAD的最終目標是讓運動員贏得運動競賽，並在最適合學習的時間點掌握專項運動技術，對於運動員的發展是很好的策略。根據LTAD的理論核心，運動員必須在最佳的時機訓練相對應的身體能力，才能完整開發運動潛能，被稱為機會之窗。例如：10歲以前是協調性的最佳訓練時機，運動員若在此之前開始訓練協調性，就能獲得最佳訓練效益。若超過此時期才開始訓練，協調性的發展可能受限，影響未來的競賽表

現 (6)。但是有些優秀運動員潛力被發現時間較晚，直到青春期的時候才開始系統性的訓練。在尚未發展FMS的情況下，就必須學習專項運動技術。可能造成不良的動作模式，增加運動損傷的風險。或是因為每個運動員生長發育的速度不同，可能早熟或晚熟而改變體能的最佳發展時機 (7)。

因此，Lloyd和Oliver為了解決生理成熟上的個體差異，以LTAD訓練的概念為基礎，建立青少年身體發育模型 (YPD)。強調所有身體能力在任何時候皆可訓練，只要訓練年齡 (訓練經驗) 相似，不同年齡的運動員可以進行相似的訓練。例如：7歲的兒童與13歲的青少年如果都沒有訓練經驗，最初的訓練都應該先學習FMS。若11歲的兒童掌握著地技術和肌力訓練技巧後，也可以進行適合自身強度的複合式訓練 (complex training) (7)。此外，青少年在PHV時身高會快速生長的時期，發生在男性14歲和女性12歲左右，可能提早或延後1年，稱為早熟或晚熟 (26)。同時，因為肌肉橫斷面積增加導致體重快速成長，體重增長速率最大的時間點，被稱為體重增長高峰期 (peak weight velocity, PWV)。肌肉適應和解剖適應趨於成熟，使肌力和爆發力的表現急遽提升。研究發現，男性足球員在PHV的平衡能力、核心肌力、上肢肌耐力、爆發力、速度、有氧耐力和無氧耐力等身體能力表現的增長速率最快，與PHV和PWV的速率變化相似

(27)。考慮生理年齡的不同，也需要調整訓練目標。例如：運動員在PHV前，肌肉功能尚未成熟，肌腱強度也較弱。在改變方向 (change of direction) 等離心減速動作時，無法有效應用伸展收縮循環 (stretch-shortening cycle)，使肌肉快速收縮。因此需減少改變方向，或是離心減速的訓練 (28)。運動員在PHV後，肌肉功能逐漸成熟，可以進行更高強度的訓練，例如：中高強度肌力訓練 (肌肥大訓練)、複合式訓練、加速和減速訓練。LTAD與YPD的比較表列於如表4，後續將介紹YPD及訓練策略。

### 3.2 兒童與青少年身高增長高峰期之運動傷害風險

由於青春期的身體組織生長速度不成比例，骨骼生長速度比肌肉和肌腱快，導致關節活動度、身體重心與動作模式改變，容易引起關節的不適，肌肉力量亦無法跟上身高增長的速度，也容易造成運動傷害 (29)。因此，此時期訓練負荷與訓練方法都必須配合PHV和PWV的變化來規劃。對於在PHV的荷蘭優秀足球青少年運動員 ( $n = 26$ 、年齡 =  $11.9 \pm 0.84$  歲)，進行3年的縱向研究。結果指出球員在這3年中都至少受傷過1次 ( $6.85 \pm 5.46$  次/3年)，主要受傷部位為下肢 (82%)。發生受傷的次數在PHV ( $4.19 \pm 4.13$  次)

表4. LTAD與YPD的核心理論

模 型	對 象	訓練時期	核心理論	弱 點
LTAD	兒童與青少年運動員	6個	1.所有身體能力都具有最適合的發展時間點，在最佳訓練時機內訓練相關，能最佳化運動潛能。 2.運動員若錯過身體能力最佳的發展時期，運動表現的潛能可能受限。 3.提出各時期可訓練的身體能力，以及訓練與比賽時間的比例。	1.若無分析運動員的訓練經驗，可能增加訓練時執行錯誤動作，導致運動傷害的風險。 2.需考慮運動員的生理差異，依據早熟與晚熟調整訓練規劃。
YPD	兒童與青少年運動員	4個	1.所有身體能力在任何時期皆須訓練，包含基本動作技術與專項運動技術。 2.依據兒童與青少年生理年齡與訓練經驗，調整訓練重點。 3.分析各種身體能力在不同時期的訓練方式。	1.需要分析個人成熟度與訓練經驗，建立個人資料庫。 2.專項運動若為團體運動，訓練課表須要依個別考量，增加訓練規劃的複雜性。

註：本表為此研究自行整理。



表5. 運動員長期發展體能訓練時期

訓練時期	兒童期	兒童後期	青春期中
實際年齡	男性：6-9歲 女性：6-8歲	男性：10-13歲 女性：9-11歲	男性：14-18歲 女性：12-18歲
成熟時期	PHV前	PHV前	PHV-PHV之後
運動員長期發展時期	基礎樂趣	訓練適應	專項化訓練 為競賽而訓練
訓練適應性	神經適應	神經適應、解剖適應	神經適應、解剖適應、肌肉適應、 內分泌適應

註：PHV = 身高增長高峰期。本表內容引用自 (37)。

顯著高於PHV前 ( $2.57 \pm 3.22$ 次) 與PHV後 ( $3.84 \pm 3.48$ 次) (30)。因此，處於PHV的青少年，受傷的發生率比其他時期高。因此，運動員處於PHV的肌力與身高增長的速度的確存在不平衡的現象。

男性PWV與PHV的時間點相似（大約14歲），為經歷PHV的時候，體重年平均增加9公斤 (31)。同時肌肉量逐漸增加，肌力與動作控制能力的改變隨年齡增加 (32)。PHV後的男性在跳躍後著地的地面反作用力，也隨年齡而降低，減少地面對下肢關節的衝擊 (33)。但女性的PWV比PHV晚約6個月（大約12.5歲），達到PHV後半年，體重每年平均增加8.3公斤 (31)。同時女性的脂肪量逐漸增加，而女性的肌力及動作控制能力的成長較小 (32)。PHV後女性在跳躍後著地的地面反作用力，並沒有隨著年齡顯著改變，無法降低地面對下肢的衝擊 (33)。此外，調查青春期中（年齡 = 11-14歲）女性足球員（ $n = 39$ ）一年的下肢力量變化後發現，除了膝關節的伸直力量顯著增加外，髌關節外展、腓繩肌、大腿後側與前側肌力的比值皆顯著下降 (34)。直到14歲之後，男性與女性的下肢肌肉質量出現顯著差異 (35)。另外，女性運動員若經歷初經、年齡大於14歲、身體質量指數（body mass index, BMI）較大（ $19.9\text{kg/m}^2$ ）、曾有膝關節損傷或是具有遺傳性前十字韌帶（anterior cruciate ligament, ACL）損傷，都可能增加運動傷害風險 (36)。因此，建議對青少年運動員規劃傷害預防的訓練策略，進行包含增強式訓練（plyometric training）、核心肌力訓練、肌力訓練和平衡訓練，降低下肢損傷風險 (7)。

### 3.3 兒童與青少年體能訓練組成

我們參考並整合YPD及LTAD的六個時期，區分為兒童期、兒童後期和青春期中三個時期 (37)，如表5。透過兒童與青少年PHV前後的生理特性，介紹身體能力及FMS的訓練策略。

#### 3.3.1 兒童期的訓練策略

將LTAD之基礎樂趣期對應到兒童期（男性6-9歲，女性6-8歲）。此時期的兒童生長發育尚未成熟（PHV前），訓練的生理適應為神經適應。主要目標著重在學習FMS，包含跑步與行走姿勢的移動技術、維持身體靜態和動態平衡的穩定性技術、投擲和接球等控制物品的能力 (23)。研究指出，年齡6-7歲的兒童，若每週進行1次30-40分鐘的FMS訓練，包括深蹲的姿勢，爬行、跳躍和敏捷繩梯上行走的移動技術，以及投擲、接取沙包或藥球等物品的控制訓練，訓練10週後，粗大動作檢測（例如跑步、跳躍、接球和投擲）、10公尺衝刺和藥球投擲表現皆顯著增加，除了改善FMS外、受試者的協調性、平衡、速度和爆發力亦顯著提升 (38)。此外，有訓練經驗的兒童亦可進行強度稍高的增強式訓練。對年齡為7-8歲、具有 $2.5 \pm 0.6$ 年訓練經驗的女性，每週2次包含翻滾跳、跳繩、靠牆弓步跳、落下跳、跳箱等動作的增強式訓練（每次訓練總計180次跳躍），在8週訓練後，顯著減少10公尺衝刺（-9%）、20公尺衝刺（-10.3%）和改變方向測驗（4%）的時間，但無法改善反向跳、落下跳、深蹲跳



和立定跳遠等爆發力測驗的表現 (39)。雖然增強式訓練可以增加兒童期運動員的速度與敏捷性表現，但對於提升爆發力的效果有限，同時身體的肌肉與骨骼還未發育成熟。因此，不建議在此時期以提升爆發力為主要訓練目標，而應該是著重練習FMS，初步學習跑步姿勢和跳躍動作，促進兒童身體能力的整體發展。

### 3.3.2 兒童後期的訓練策略

將LTAD之訓練適應期對應到兒童後期（男性10-13歲，女性9-11歲）。此時期的兒童生長發育逐漸增加（PHV前），訓練的生理適主要為結合神經適應與解剖適應兩者。此時適合進行低強度肌力訓練（30-60%1RM, One-repetition maximum），增加肌鍵與韌帶的強度，並且持續熟練FMS，包含練習改變方向的技術，以及人體基本動作髖絞鏈、下蹲、旋轉、抗旋轉、推、拉與跑步技術 (23)。無論是利用自身體重的核心肌力訓練，還是低強度自由重量的肌力訓練，都是有有效的訓練方式。研究指出，對於年齡為12歲的兒童，每週進行3次、每次60分鐘包含棒式、橋式和仰臥起坐等的核心肌力訓練（3-4組），或是肩上推舉、仰臥推舉和弓步蹲等自由重量的肌力訓練（2-3組，8-12 RM），都能改善有氧耐力、核心肌力和柔軟度的表現 (40)。另一項研究發現，13歲男性足球員若每週進行2次20分鐘的敏捷訓練，包含10公尺跳繩、505敏捷訓練、T字敏捷訓練和10公尺折返跑。在訓練6週後，顯著改善Z字型敏捷測驗（4%）和反覆衝刺表現（0.9%），而進行增強式訓練或速度訓練的組別，同樣顯著改善Z字型敏捷測驗（增強式訓練2%、反覆衝刺訓練3.8%）和反覆衝刺折返表現（增強式訓練0.7%、速度訓練1.7%）。因此，不論是敏捷訓練、增強式訓練或速度訓練都有助於敏捷能力的發展 (41)。此外，多元的訓練方法也可能有助於提升運動表現。研究指出，對12-13歲、具有2-4年訓練經驗的青少年網球運動員，每週進行2次、每次30分鐘的訓練，包含增強式訓練、改變方向訓練、加速與減速技術訓練，經過5週訓練後，顯著改善5公尺衝刺（2%）、10公尺衝刺（1.5%）、20公尺衝刺（5%）、505敏捷測試（1.5%）、反向跳（4%）和藥球投擲（6%）表現，同

時改善速度、敏捷和爆發力，證實多元訓練的可行性 (42)。在此時期隨著兒童運動員生長發育加速，應逐漸精進FMS，同時加入增強式訓練、敏捷訓練與速度訓練來提升各種身體能力，為後續強調專項運動技術訓練的需求作準備。

### 3.3.3 青春期的訓練策略

將LTAD之專項化訓練和為競賽而訓練時期則對應到青春期（男性14-18歲，女性12-18歲）。此時期的兒童生長發育開始成熟（PHV-PHV後），因為內分泌適應、肌肉適應、解剖適應和神經適應共同影響生長發育，導致身高、骨骼、體重和身體能力等表現快速增加。此時建議進行低中強度的自由重量訓練（肌肥大訓練），且應配合專項運動的需求，進行更多元的訓練。研究指出，同時結合肌力訓練和增強式訓練的複合式訓練（在一次訓練中同時進行增強式與肌力訓練），能改善最大肌力和爆發力。年齡為14-17歲的擊劍運動員，進行2週的肌肥大及6週的複合式訓練後，顯著增加背蹲舉最大肌力（41%）與反向跳（12%）的表現 (43)。此外，年齡為15-19歲、具有5-11年訓練經驗的劍擊運動員，每週進行2次60分鐘的慣性飛輪離心肌力訓練（eccentric strength training），增加反向跳（9.9%）、7次反覆跳躍（24.4%）等爆發力表現和下肢活動度的表現 (44)。同樣性質的研究也發現，若對於年齡為17歲的男性足球員進行離心超負荷訓練後，會顯著增加下肢肌力與40公尺衝刺的表現 (45)。然而，多數的專項運動中皆會包含多次的反覆衝刺，但若額外進行速度訓練，可能有助於將訓練效益轉至專項能力上。研究指出，15-17歲挪威國家隊男子青年足球員，除了每週5-7天90分鐘的專項訓練之外，額外進行1次的40公尺速度訓練（2-5組、4-5次、每次休息90-120秒、組間休息10分鐘），訓練10週後，顯著改善連續10次40公尺反覆衝刺（2.2%）與20公尺最大速度（2.1%）表現 (46)。另外，在敏捷訓練加入感知與認知的元素，可以增加面對外來刺激時的反應。為了確認外來刺激對敏捷表現的影響，對於14歲男性足球員，以每週2次，訓練休息比為1比2的視覺刺激改變方向訓練，並以相同訓練量的折返衝刺速度訓練作為對

照。研究指出，兩種訓練方式皆改善固定路線的敏捷測驗表現（IllinoisAgilityTest），但是以視覺介入敏捷測驗的完成時間，改變方向訓練組（-9.9%）的改善效果顯著優於對照組（-2.2%）。因此，在敏捷訓練中增加外在刺激，可以促進青少年運動員在專項運動的敏捷表現（47）。

3.3.4 兒童與青少年的有氧耐力訓練策略

在有氧耐力訓練的策略方面，兒童與青少年在PHV前進行有氧耐力訓練，表現並無顯著差異。直到進入PHV才顯著增加有氧耐力表現（27），並且持續到成年以後（48）。3年的縱向研究指出（起始年齡為10歲），經過訓練兒童的有氧耐力表現比未受訓練兒童顯著進步。但是到第2年有氧耐力表現的進步即呈現高原期，直到PHV後才繼續顯著進步，這可能與兒童心肺功能發育不完全有關（49）。因此，建議在PHV之前保持多元的有氧性活動，於PHV後再逐漸提升有氧耐力訓練的強度。若是團體或球類運動的兒童與青少年運動員，建議以小場地比賽（small-side game, SSG）代替傳統耐力訓練，增加訓練趣味性與運動參與。因為能同時練習專項技術並促進青少年的有氧耐力，且兩者的訓練效果相似（50）。然而，相較於參加小場地比

賽，進行高強度間歇訓練（High -intensity interval training, HIIT）對於兒童後期後的青少年運動員的訓練效果更好（51）。研究指出，14歲網球運動員結合專項運動與HIIT的訓練，可同時提升有氧耐力和敏捷性測試表現（52）。因此，青春期的可將專項運動訓練結合HIIT模式一起訓練，對於促進專項表現更具優勢。

3.3.5 兒童與青少年的平衡訓練策略

最後，在平衡訓練的策略方面，6歲的兒童就可以進行平衡訓練，直到青春期的後。研究指出，對於兒童期（6-7歲）、兒童後期（10-12歲）和青春期的（14-15歲）三個不同時期的兒童與青少年，進行每週2次45分鐘的平衡訓練，包含平衡木、跨越障礙物或站在不穩定平台上，訓練5週後，改善兒童期（28.8%）、兒童後期（13.5%）及青春期的（8.4%）在平衡板（free-swingingplatform）的動態平衡，以及爆發力表現（8.6%）。因此，平衡訓練適合所有時期的兒童與青少年，促進姿勢控制（53）。兒童與青少年在PHV前中後的三個生長發育階段，針對不同的生理適應性，而有特定的訓練策略與組成，本文綜整相關文獻後整理出運動員長期發展的體能訓練策略與組成，如表6。

表6. 運動員長期發展的體能訓練目標與組成

訓練時期	兒童期	兒童後期	青春期的
訓練目標	著重基本動作技術練習 （移動、穩定性、控制物品）	持續基本動作技術練習 （髖、膝、踝、下蹲、旋轉、抗轉、推、拉、改變方向和跑步姿勢）	著重專項運動技術訓練
	肌耐力訓練 （以自身體重或輕負荷，例如，藥球、彈力球與壺鈴）	增強式訓練 （著重在跳躍與落地之正確技術）	增強式訓練 （著重每次跳躍的垂直高度與水平距離）
	有氧耐力訓練 （多元有氧活動或小場地比賽）	肌耐力訓練 （以自身體重或輕負荷，例如，藥球、彈力球與壺鈴）	自由重量訓練 （低-中強度）
	協調訓練	自由重量訓練 （低強度並強調肌力訓練基本技術之練習）	中高強度肌力訓練 （肌肥大）
	平衡訓練	有氧耐力訓練 （多元有氧活動或小場地比賽）	有氧耐力訓練 （專項運動訓練結合HIIT）
		核心肌力訓練	離心肌力訓練
		敏捷訓練	核心肌力訓練
		速度訓練	平衡訓練
		平衡訓練	速度訓練
			敏捷訓練

註：本表內容為本研究自行整理。

## 4. 結 論

本文從早期運動專項化的相關議題介紹兒童與青少年運動員，過早專項化之風險，並且提出專項訓練時數不應超過兒童與青少年歲數之限制、相關預防運動傷害與心理倦怠之具體建議。對於不需要早期運動專項化之運動員，則建議依循LTAD模式與YPD模型之概念。在考慮PHV的不同生理發展階段後，將兒童與青少年的訓練階段分為兒童期、兒童後期和青春期。在這三個階段中，兒童期應該著重在基本動作技術練習，並藉此發展各種身體能力（平衡、協調、速度與敏捷），避免專精於運動專項技術。在兒童後期則開始接觸專項運動技術之學習，但仍持續專精基本動作技術與發展各種身體能力，並且可在此時加入自由重量訓練，強化訓練技術與肌肉功能。在青春期，由於身高、骨骼、體重和身體能力等快速增加，可以開始著重專項運動技術訓練，並且進行中強度自由重量訓、肌肥大訓練與離心肌力訓練，進一步強化爆發力、敏捷與速度等與競技運動有關之能力，為LTAD最後階段之贏得競賽作好準備。

利益衝突聲明：本研究無任何利益衝突。

## 參考文獻

1. **Ericsson K, and Charness S.** Expert performance: Its structure and acquisition. *Am Psychol* 49: 725-747, 1994.
2. **Barth M, Güllich A, Macnamara BN, and Hambrick DZ.** Predictors of junior versus senior elite performance are opposite: A systematic review and meta-analysis of participation patterns. *Sports Med* 52: 1399-1416, 2022.
3. **Rugg CM, Coughlan MJ, Li JN, Hame SL, and Feeley BT.** Early sport specialization among former National Collegiate Athletic Association athletes: Trends, scholarship attainment, injury, and attrition. *Am J Sports Med* 49: 1049-1058, 2021.
4. **Jayanthi NA, LaBella CR, Fischer D, Pasulka J, and Dugas LR.** Sports-specialized intensive training and the risk of injury in young athletes: a clinical case-control study. *Am J Sports Med* 43: 794-801, 2015.
5. **Güllich A, and Emrich E.** Considering long-term sustainability in the development of world class success. *Eur J Sport Sci* 14: S383-S397, 2014.
6. **Balyi I, and Hamilton A.** Long-term athlete development: Trainability in childhood and adolescence. *Olympic Coach* 16: 4-9, 2004.
7. **Lloyd RS, and Oliver JL.** The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength Cond J* 34: 61-72, 2012.
8. **Bergeron MF, Mountjoy M, Armstrong N, Chia M, Côté J, Emery CA, Faigenbaum A, Hall G, Kriemler S, and Léglise M.** International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development. *Br J Sports Med* 49: 843-851, 2015.
9. **Hulteen RM, Morgan PJ, Barnett LM, Stodden DF, and Lubans DR.** Development of foundational movement skills: A conceptual model for physical activity across the lifespan. *Sports Med* 48: 1533-1540, 2018.
10. **Popkin CA, Bayomy AF, and Ahmad CS.** Early sport specialization. *J Am Acad Orthop Surg* 27: 995-1000, 2019.
11. **Haree D.** *Principle of sport Training*. Berlin: Sportverlag, 1982.
12. **Croci J, Nicknair J, and Goetschius J.** Early sport specialization linked to throwing arm function and upper extremity injury history in college baseball players. *Sports Health* 13: 230-236, 2021.
13. **Post EG, Trigsted SM, Riekens JW, Hetzel S, McGuine TA, Brooks MA, and Bell DR.** The association of sport specialization and training volume with injury history in youth athletes. *Am J Sports Med* 45: 1405-1412, 2017.
14. **Gould D, and Carson S.** Fun & games?: Myths surrounding the role of youth sports in developing Olympic champions. *Youth Stud Aust* 23: 19-26, 2004.
15. **Lindner J.** Withdrawal from competitive youth sport: A retrospective ten-year study. *J Sport Behav* 25: 7-8, 2002.
16. **Cohn PJ.** An exploratory study on sources of stress and athlete burnout in youth golf. *Sport Psychol* 4: 95-106, 1990.
17. **Güllich A, Macnamara BN, and Hambrick DZ.** What makes a champion? Early multidisciplinary practice, not early specialization, predicts world-class performance. *Perspect Psychol Sci* 17: 6-29, 2022.
18. **Bridge MW, and Toms MR.** The specialising or sampling debate: A retrospective analysis of adolescent sports participation in the UK. *J Sports Sci* 31: 87-96, 2013.
19. **Kohmura Y, Suzuki K, Someya Y, Yamazaki K, and Aoki K.** Effect of sports experiences on competition level and exercise habits in Japanese collegiate athletes. *J Hum Sport Exerc* 18: 2023.
20. **Goodway JD, Ozmun JC, and Gallahue DL.** *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*. Jones & Bartlett Learning, 2019.
21. **Gram MCD, Clarsen B, and Bø K.** Injuries and illnesses among competitive Norwegian rhythmic gymnasts during pre-season: A prospective cohort study of prevalence, incidence and

- risk factors. *Br J Sports Med* 55: 231-236, 2021.
22. **Brenner JS, LaBotz M, Sugimoto D, and Straccioli A.** The psychosocial implications of sport specialization in pediatric athletes. *J Athl Train* 54: 1021-1029, 2019.
  23. **Newell KM.** What are fundamental motor skills and what is fundamental about them?. *J Mot Learn Dev* 8: 280-314, 2020.
  24. **Cohen KE, Morgan PJ, Plotnikoff RC, Callister R, and Lubans DR.** Fundamental movement skills and physical activity among children living in low-income communities: A cross-sectional study. *Int J Behav Nutr Phys Act* 11: 1-9, 2014.
  25. **Ford P, De Ste Croix M, Lloyd R, Meyers R, Moosavi M, Oliver J, Till K, and Williams C.** The long-term athlete development model: Physiological evidence and application. *J Sports Sci* 29: 389-402, 2011.
  26. **Malina RM, Koziel SM, Králik M, Chrzanowska M, and Suder A.** Prediction of maturity offset and age at peak height velocity in a longitudinal series of boys and girls. *Am J Hum Biol* 33: 23551, 2021.
  27. **Philippaerts RM, Vaeyens R, Janssens M, Van Renterghem B, Matthys D, Craen R, Bourgeois J, Vrijens J, Beunen G, and Malina RM.** The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci* 24: 221-230, 2006.
  28. **Lloyd RS, Cronin JB, Faigenbaum AD, Haff GG, Howard R, Kraemer WJ, Micheli LJ, Myer GD, and Oliver JL.** National Strength and Conditioning Association position statement on long-term athletic development. *J Strength Cond Res* 30: 1491-1509, 2016.
  29. **Corso M.** Developmental changes in the youth athlete: Implications for movement, skills acquisition, performance and injuries. *J Can Chiropr Assoc* 62: 150, 2018.
  30. **van der Sluis A, Elferink-Gemser MT, Brink MS, and Visscher C.** Importance of peak height velocity timing in terms of injuries in talented soccer players. *Int J Sports Med* 36: 327-332, 2015.
  31. **Rogol AD, Roemmich JN, and Clark PA.** Growth at puberty. *J Adolesc Health* 31: 192-200, 2002.
  32. **DiStefano LJ, Martinez JC, Crowley E, Matteau E, Kerner MS, Boling MC, Nguyen A-D, and Trojian TH.** Maturation and sex differences in neuromuscular characteristics of youth athletes. *J Strength Cond Res* 29: 2465-2473, 2015.
  33. **Quatman CE, Ford KR, Myer GD, and Hewett TE.** Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance: A longitudinal study. *Am J Sports Med* 34: 806-813, 2006.
  34. **Quatman-Yates CC, Myer GD, Ford KR, and Hewett TE.** A longitudinal evaluation of maturational effects on lower extremity strength in female adolescent athletes. *Pediatr Phys Ther* 25: 271, 2013.
  35. **Shultz SJ, Cruz MR, Casey E, Dompier TP, Ford KR, Pietrosimone B, Schmitz RJ, and Taylor JB.** Sex-specific changes in physical risk factors for anterior cruciate ligament injury by chronological age and stages of growth and maturation from 8 to 18 years of age. *J Athl Train* 57: 830-876, 2022.
  36. **Häggglund M, and Waldén M.** Risk factors for acute knee injury in female youth football. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24: 737-746, 2016.
  37. **Granacher U, Lesinski M, Büsch D, Muehlbauer T, Prieske O, Puta C, Gollhofer A, and Behm DG.** Effects of resistance training in youth athletes on muscular fitness and athletic performance: A conceptual model for long-term athlete development. *Front Physiol* 7: 164, 2016.
  38. **Duncan MJ, Hames T, and Eyre EL.** Sequencing effects of object control and locomotor skill during integrated neuromuscular training in 6-to 7-year-old children. *J Strength Cond Res* 33: 2262-2274, 2019.
  39. **Bogdanis GC, Donti O, Papia A, Donti A, Apostolidis N, and Sands WA.** Effect of plyometric training on jumping, sprinting and change of direction speed in child female athletes. *Sports* 7: 116, 2019.
  40. **Kumar R, and Zemková E.** The effect of 12-week core strengthening and weight training on muscle strength, endurance and flexibility in school-aged athletes. *Appl Sci* 12: 12550, 2022.
  41. **Chtara M, Rouissi M, Haddad M, Chtara H, Chaalali A, Owen A, and Chamari K.** Specific physical trainability in elite young soccer players: Efficiency over 6 weeks' in-season training. *Biol Sport* 34: 137-148, 2017.
  42. **Fernandez-Fernandez J, Granacher U, Sanz-Rivas D, Marín JMS, Hernandez-Davo JL, and Moya M.** Sequencing effects of neuromuscular training on physical fitness in youth elite tennis players. *J Strength Cond Res Research* 32: 849-856, 2018.
  43. **Kontochristopoulos N, Bogdanis GC, Paradisis G, and Tsolakis C.** Effect of a supplementary periodized complex strength training and tapering period on postactivation potentiation of sport-specific explosive performance in adolescent national-level fencers. *J Strength Cond Res* 35: 1662-1670, 2021.
  44. **di Cagno A, Iuliano E, Buonsenso A, Giombini A, Di Martino G, Parisi A, Calcagno G, and Fiorilli G.** Effects of accentuated eccentric training vs plyometric training on performance of young elite fencers. *J Sports Sci Med* 19: 703, 2020.
  45. **Suarez-Arrones L, Saez de Villarreal E, Núñez FJ, Di Salvo V, Petri C, Buccolini A, Maldonado RA, Torreno N, and Mendez-Villanueva A.** In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PloS One* 13: e0205332, 2018.
  46. **Shalfawi SA, Ingebrigtsen J, Dillern T, Tønnessen E, Delp**

- TK, and Enoksen E.** The effect of 40 m repeated sprint training on physical performance in young elite male soccer players. *Serb J Sports Sci* 6: 111-116, 2012.
47. **Born D-P, Zinner C, Düking P, and Sperlich B.** Multi-directional sprint training improves change-of-direction speed and reactive agility in young highly trained soccer players. *J Sports Sci Med* 15: 314, 2016.
48. **Mirwald R, Bailey D, Cameron N, and Rasmussen R.** Longitudinal comparison of aerobic power in active and inactive boys aged 7·0 to 17·0 years. *Ann Hum Biol* 8: 405-414, 1981.
49. **McNarry M, Mackintosh K, and Stoedefalke K.** Longitudinal investigation of training status and cardiopulmonary responses in pre-and early-pubertal children. *Eur J Appl Physiol* 114: 1573-1580, 2014.
50. **Moran J, Blagrove RC, Drury B, Fernandes JF, Paxton K, Chaabene H, and Ramirez-Campillo R.** Effects of small-sided games vs. conventional endurance training on endurance performance in male youth soccer players: A meta-analytical comparison. *Sports Med* 49: 731-742, 2019.
51. **Harrison CB, Gill ND, Kinugasa T, and Kilding AE.** Development of aerobic fitness in young team sport athletes. *Sports Med* 45: 969-983, 2015.
52. **Fernandez-Fernandez J, Sanz D, Sarabia JM, and Moya M.** The effects of sport-specific drills training or high-intensity interval training in young tennis players. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 90-98, 2017.
53. **Wälchli M, Ruffieux J, Mouthon A, Keller M, and Taube W.** Is young age a limiting factor when training balance? Effects of child-oriented balance training in children and adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 30: 176-184, 2018.