

科技部補助專題研究計畫成果報告 期末報告

兒童體操選手與一般兒童之感覺整合測試學習曲線：應用雙任務設計在長期追蹤研究中(第2年)

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：MOST 102-2410-H-040-014-MY2
執行期間：103年08月01日至105年07月31日
執行單位：中山醫學大學物理治療學系

計畫主持人：陳惠雅
共同主持人：張曉昀
計畫參與人員：學士級-專任助理人員：黃莞茹
碩士班研究生-兼任助理人員：劉庭瑋

報告附件：出席國際學術會議心得報告

中華民國 105 年 07 月 28 日

中文摘要：研究背景 獲得新的動作任務過程會由認知期最後進入到自動化期，因此，雙重作業虧損(因為同時進行兩項任務而造成的任務表現變差；dual-task cost, DTC)應可作為動作學習表現是否已進入自動化的一項指標。另外，過去研究發現，體感覺、視覺、前庭覺三大感覺系統之間的整合發展速度極緩慢，可能遲至十七歲之後才完全成熟。兒童體操選手是否會因為大量的動作學習，而使平衡能力中的感覺整合(個體在過剩的感覺訊息輸入之間去整合感覺輸入、並選擇最正確與適當的感覺輸入的能力)提早發展成熟？此一議題值得利用雙重作業虧損(DTC)的長期追蹤研究設計來加以探討。

研究目的 本計劃旨在長期追蹤兒童體操選手於訓練過程中，其感覺整合平衡表現之雙重作業虧損(DTC)的變化，以建立其動作學習之學習曲線；並與一般兒童比較兩者的學習曲線變化。本計劃也探討雙重作業虧損(DTC)與平衡表現的同時相關性。此外，本研究探討感覺整合測試(Sensory Organization Test, SOT)的練習效應，並探討簡單易行的兒童感覺互動臨床平衡測試(Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance, PCTSIB)與需要昂貴設備的感覺整合測試(SOT)的同時效度。

研究方法 本兩年之研究長期追蹤12至17歲的兒童韻律體操選手以及沒有接受體操訓練的健康兒童對照組各17位，在第0、2、4、6、8個月，利用雙任務實驗設計測試其平衡表現(感覺整合測試, SOT)與認知任務表現(低、高難度的減數任務)。利用一雙任務差異比值($DTC=100*(\text{簡單認知任務狀況}-\text{困難認知任務狀況})/\text{簡單認知任務狀況}$)作為比較兩組以及五個時間點的指標。此外分析雙任務差異比值(DTC)與各項平衡表現的同時相關性，包含閉眼單腳站立時間、功能性前伸距離等。在正式測試之前的練習期，兒童韻律體操選手接受一天兩次的感覺整合測試(SOT)，健康兒童則接受兩周五次的感覺整合測試(SOT)，兩組兒童在第一天也同時接受兒童感覺互動臨床平衡測試(PCTSIB)。

中文關鍵詞：兒童、體操選手、感覺整合測試、雙重作業虧損、動作學習

英文摘要：Background: The acquisition of a new motor task starting from a cognitive phase would eventually become automatic, so that dual-task cost (DTC; decline of performance due to dual-tasking) should be a good index of motor learning. In addition, previous studies have documented that the development of sensory organization (the ability to integrate sensory inputs and to select the most acute and appropriate sensory input) between somatosensation, vision, and vestibular sense may not become mature until age seventeen. Will sensory organization of balance ability reach maturity because of plentiful practices in children gymnasts? This research question warrants research using the design of dual-task cost (DTC) in longitudinal manner.

Objectives: This project aims to longitudinally observe the

changes of learning curve, in terms of dual-task cost (DTC) of sensory organization of balance ability, of children gymnasts during their motor learning process; and also to compare their learning curve with typically-developed children. This project also explores the correlation of dual-task cost (DTC) with concurrent balance performance measures. Furthermore, this project explores the practice effects of the Sensory Organization Test (SOT) as well as the concurrent validity of SOT and the Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance (PCTSIB).

Methods: This two-year project follow up 17 children gymnasts aged 12 to 17, along with 20 typically-developed children who have no experience on gymnastic training. In the 0, 2, 4, 6, and 8 month, we use the “dual-task paradigm” to test their balance performances, i.e. Sensory Organization Test, as well as cognitive performances, i.e. auditory reaction-time of low- and high-demand tasks. An index of dual-task cost ($DTC = ((\text{low-demand dual-task} - \text{high-demand dual-task}) / \text{low-demand dual-task}) * 100$) will be used to examine the group effect and the time effect. In addition, we also test the correlation of DTC with concurrent balance performance measures, including single stance time with eyes closed, and the Functional Reach etc. In the practice phase before the formal testing, the gymnasts received two SOT tests in one day, while the typically-developed children received five SOT tests within two weeks. Both groups also received PCTSIB test on the first day of testing.

英文關鍵詞： children, gymnast, sensory organization test, dual-task cost, motor learning

科技部補助專題研究計畫成果報告

(期中進度報告/期末報告)

兒童體操選手與一般兒童之感覺整合測試學習曲線：

應用雙任務設計在長期追蹤研究中

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 102-2410-H-040 -014 -MY2

執行期間：102 年 08 月 01 日至 104 年 07 月 31 日

執行機構及系所：中山醫學大學物理治療學系

計畫主持人：陳惠雅

共同主持人：張曉昀

計畫參與人員：曹涵婷、劉庭瑋、黃莞茹

本計畫除繳交成果報告外，另含下列出國報告，共 1 份：

執行國際合作與移地研究心得報告

出席國際學術會議心得報告

期末報告處理方式：

1. 公開方式：

非列管計畫亦不具下列情形，立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後可公開查詢

2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否 是

3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考 否 是，_____（請列舉提供之單位；本會不經審議，依勾選逕予轉送）

105 年 07 月 28 日

中英文摘要及關鍵詞

研究背景 獲得新的動作任務過程會由認知期最後進入到自動化期，因此，雙重作業虧損(因為同時進行兩項任務而造成的任務表現變差；dual-task cost, DTC)應可作為動作學習表現是否已進入自動化的一項指標。另外，過去研究發現，體感覺、視覺、前庭覺三大感覺系統之間的整合發展速度極緩慢，可能遲至十七歲之後才完全成熟。兒童體操選手是否會因為大量的動作學習，而使平衡能力中的感覺整合(個體在過剩的感覺訊息輸入之間去整合感覺輸入、並選擇最正確與適當的感覺輸入的能力)提早發展成熟？此一議題值得利用雙重作業虧損(DTC)的長期追蹤研究設計來加以探討。

研究目的 本計劃旨在長期追蹤兒童體操選手於訓練過程中，其感覺整合平衡表現之雙重作業虧損(DTC)的變化，以建立其動作學習之學習曲線；並與一般兒童比較兩者的學習曲線變化。本計劃也探討雙重作業虧損(DTC)與平衡表現的同時相關性。此外，本研究探討感覺整合測試(Sensory Organization Test, SOT)的練習效應，並探討簡單易行的兒童感覺互動臨床平衡測試(Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance, PCTSIB)與需要昂貴設備的感覺整合測試(SOT)的同時效度。

研究方法 本兩年之研究長期追蹤 12 至 17 歲的兒童韻律體操選手以及沒有接受體操訓練的健康兒童對照組各 17 位，在第 0、2、4、6、8 個月，利用雙任務實驗設計測試其平衡表現(感覺整合測試, SOT)與認知任務表現(低、高難度的減數任務)。利用一雙任務差異比值($DTC=100*(\text{簡單認知任務狀況}-\text{困難認知任務狀況})/\text{簡單認知任務狀況}$)作為比較兩組以及五個時間點的指標。此外分析雙任務差異比值(DTC)與各項平衡表現的同時相關性，包含閉眼單腳站立時間、功能性前伸距離等。在正式測試之前的練習期，

兒童韻律體操選手接受一天兩次的感覺整合測試(SOT)，健康兒童則接受兩周五次的感覺整合測試(SOT)，兩組兒童在第一天也同時接受兒童感覺互動臨床平衡測試(PCTSIB)。

關鍵詞：兒童、體操選手、感覺整合測試、雙重作業虧損、動作學習

Background: The acquisition of a new motor task starting from a cognitive phase would eventually become automatic, so that dual-task cost (DTC; decline of performance due to dual-tasking) should be a good index of motor learning. In addition, previous studies have documented that the development of sensory organization (the ability to integrate sensory inputs and to select the most acute and appropriate sensory input) between somatosensation, vision, and vestibular sense may not become mature until age seventeen. Will sensory organization of balance ability reach maturity because of plentiful practices in children gymnasts? This research question warrants research using the design of dual-task cost (DTC) in longitudinal manner.

Objectives: This project aims to longitudinally observe the changes of learning curve, in terms of dual-task cost (DTC) of sensory organization of balance ability, of children gymnasts during their motor learning process; and also to compare their learning curve with typically-developed children. This project also explores the correlation of dual-task cost (DTC) with concurrent balance performance measures. Furthermore, this project explores the practice effects of the Sensory Organization Test (SOT) as well as the concurrent validity of SOT and the Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance (PCTSIB).

Methods: This two-year project follow up 17 children gymnasts aged 12 to 17, along with 20 typically-developed children who have no experience on gymnastic training. In the 0, 2, 4, 6, and 8 month, we use the “dual-task paradigm” to test their balance performances, i.e. Sensory Organization Test, as well as cognitive performances, i.e. auditory reaction-time of low- and high-demand tasks. An index of dual-task cost ($DTC = ((\text{low-demand dual-task} - \text{high-demand dual-task}) / \text{low-demand dual-task}) * 100$) will be used to examine the group effect and the time effect. In addition, we also test the correlation of DTC with concurrent balance performance measures, including single stance time with eyes closed, and the Functional Reach etc. In the practice phase before the formal testing, the gymnasts received two SOT tests in one day, while the typically-developed children received five SOT tests within two weeks. Both groups also received PCTSIB test on the first day of testing.

Keywords: children, gymnast, sensory organization test, dual-task cost, motor learning

前言

在日常生活中，平衡任務常常同時伴隨著一至兩項認知任務。過去一、二十年來已經有許多研究探討平衡任務的注意力需求^{1, 2}。此研究領域常用的研究設計為雙任務(dual-task)，也就是除了主要的平衡任務之外，受試者須同時需執行第二任務。若是平衡任務或第二任務的表現變差了(dual-task cost, DTC；**雙重作業虧損**)，就表示兩個任務會互相干擾，雙重作業虧損的大小就代表了兩個任務共同的注意力資源的需求。Fitts 和 Posner³提出了動作學習的三個階段理論，第一階段為認知期(cognitive phase)，此階段需要了解、分析所欲學習之動作；第二階段為連結期(associative phase)，學習目標在於連結動作與成果，以選擇最佳動作策略；最後第三階段為自動化期(autonomous phase)，可以半自動地達到理想動作表現。Fitts 和 Posner認為，由第一至第三階段，注意力需求會逐漸降低。由此推論，雙重作業虧損(DTC)應該會是動作學習過程的最佳指標。

然而，雙重作業虧損(DTC)過去一直應用在醫療界，並且只有少數長期追蹤的動作學習研究⁴⁻⁸；在體育界，則完全缺乏長期追蹤雙重作業虧損(DTC)的動作學習曲線研究。體操為非常具挑戰性的困難平衡任務，因此理論上在學習初期應該會表現雙重作業虧損(DTC)，但是一段大量練習之後，體操選手極有可能較一般人不受到雙任務的影響。

兒童體操選手是一個很特殊的族群，他們的同年齡同儕在體感覺、視覺與前庭覺三大感覺系統之間的整合(**sensory organization**；**感覺整合**，個體在過剩的感覺訊息輸入之間去整合感覺輸入、並選擇最正確與適當的感覺輸入的能力，以達成平衡控制的目標)發展尚未成熟⁹，因此平衡能力也尚未達到成人的水準；這一群兒童體操選手是否會因為大量的動作學習，而使平衡能力中的感覺整合發

展提早成熟？此一議題橫跨動作控制與學習領域，並整合了兒童發展研究與體育研究，值得利用雙重作業虧損(DTC)的長期追蹤研究設計來加以探討。此外，過去較少應用在兒童族群的**感覺整合測試(Sensory Organization Test ; SOT)**缺乏練習效應的相關研究，在進行正式測試之前，我們認為有必要先進行感覺整合測試的練習效應研究，以釐清兒童受試者的表現是否已達穩定。感覺整合測試與兒童感覺互動臨床平衡測試(Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance ; PCTSIB)的同時效度也是另一個可以先進行的研究。

研究目的

- (目的一). 探討感覺整合測試(Sensory Organization Test, SOT)的練習效應。
- (目的二). 探討簡單易行的兒童感覺互動臨床平衡測試(Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance, PCTSIB)與需要昂貴設備的感覺整合測試(SOT)的同時效度。
- (目的三). 比較兒童體操選手與一般兒童的感覺整合平衡表現、以及其雙重作業虧損(DTC)的不同表現。長期追蹤兒童體操選手於訓練過程中，其感覺整合平衡表現之雙重作業虧損(DTC)的變化，以建立其學習曲線；並與一般兒童比較兩者的學習曲線變化。研究假說為，在十二個月的期間隨著平衡技巧的進展，雙重作業虧損(DTC)這項指標也會呈現階段性的進展，並且兒童體操選手之感覺整合較一般兒童提早成熟。
- (目的四). 利用相關分析，探討雙重作業虧損(DTC)指標與其他平衡表現的同時相關性，例如閉眼單腳站立時間、功能性前伸距離等。
- (目的五). 利用回歸分析，探討雙重作業虧損(DTC)指標對未來平衡表現的預測能力，例如閉眼單腳站立時間、功能性前伸距離等。

文獻探討

人體姿勢控制需要感覺、動作與認知功能整合為一控制系統，與姿勢控制直接相關的感覺系統包含體感覺、視覺以及前庭覺，這些感覺輸入會整合認知系統的訊息以形成動作反應，將身體重心控制在穩定限度之內¹⁰⁻¹²。面對感覺訊息輸入的減少或感覺訊息衝突時的感覺整合(sensory organization)能力是評估平衡功能的一個重要指標¹³，在面對感覺訊息輸入減少時或感覺訊息之間有衝突時尤顯重要。

正常兒童發展中，體感覺、視覺與前庭覺三大感覺系統的解剖構造都很早就形成並具生理功能了¹⁴，但是，三大感覺系統之間的整合功能由於需要較高層的神經系統來處理，發展的速度相對比自動化動作反應(automatic motor processes)慢很多¹⁵。也就是說正常兒童和成人的平衡功能中感覺整合能力大不相同。過去研究即發現五歲至十七歲的感覺整合平衡功能呈線性增加⁹，暗示感覺整合(sensory organization)發展可能遲至十七歲之後才發展成熟，其他許多研究也支持這樣的發現¹⁶⁻²⁰。

感覺整合測試(Sensory Organization Test; SOT)²¹是研究與大型臨床機構都常常使用的測試，儀器搭配了內建測力板以偵測前後方向的足底壓力中心位移，並且其測力板與視覺環境牆壁可以藉由馬達隨足底壓力中心的位移而前後晃動(sway-referencing)。藉由操弄感覺輸入形成六種測試狀況，視覺輸入部份分為張眼、閉眼、視覺環境隨身體晃動而晃動，體感覺輸入部份分為正常支持面、支持面隨身體晃動而晃動。以上參考身體晃動的狀況(sway-referencing)可以藉由提供不正確的感覺訊息輸入，用以評估個別感覺系統的效能以及三大感覺系統的整合功能。受測者須在以上六種測試狀況中維持靜止站立平衡。感覺整合測試(SOT)具有學習效果，成人受測者大約二至四次後的表現會趨向穩定^{22, 23}；其再測信度(test-retest reliability)為中等到良好^{22, 24-26}。

感覺整合測試(SOT)最常被用來測試成人之前庭功能損傷病患²⁷⁻²⁹、帕金森氏症³⁰、周邊神經損傷病患²⁷以及老年族群³¹⁻³³，相對來

說在兒童族群的應用很少，此點由其操作手冊上缺乏二十歲以下的常模資料可窺見。然而，很多兒童疾病會造成平衡問題，也需要使用感覺整合測試(SOT)來評估其平衡功能，例如聽力障礙^{34, 35}、學習障礙^{35, 36}、動作障礙³⁵、腦性麻痺^{37, 38}、唐氏症³⁹等。

當一些學者致力於建立感覺整合測試(SOT)的兒童常模時^{16, 18-20, 40, 41}，我們的文獻回顧卻發現有關感覺整合測試(SOT)在正常發展兒童的再測信度(test-retest reliability)、學習效果(learning effect)、有臨床意義的改變值(clinical meaningful change score)等研究完全付之闕如。再測信度、學習效果、有臨床意義的改變值等研究數據都是應用感覺整合測試(SOT)在兒童族群時，如何正確解釋測試結果的重要參考值。此外，我們的文獻回顧也發現感覺整合測試(SOT)因為需要使用電腦平衡儀，造價昂貴，因此後續學者提出了只需要簡單設備的兒童感覺互動臨床平衡測試(Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance; PCTSIB)⁴²，雖然上述兩個測試的理論基礎與設計理念完全一模一樣，但是其同時效度在唯一一篇研究中並未被證實¹³。

體操選手是世界上最專精於平衡技巧的族群，藉由體操教練的培訓，這群年輕運動員發展出絕佳的肌力、柔軟度、平衡能力、速度、專注力以及優雅度⁴³。密集的大量培訓通常始於平衡能力、感覺整合能力之發展尚未完全成熟的年紀，也就是十七歲以前，兒童體操選手是否會因為大量的動作學習，而促使平衡能力中的感覺整合提早發展成熟？這是一個極有趣的議題。

根據Fitts and Posner³的動作學習三階段理論-認知期、連結期、自動化期，雙重作業虧損(dual-task cost; DTC)應是動作學習過程的最佳指標，可以應用在上述有關兒童體操選手的動作學習問題上。然而，文獻回顧卻發現過去只有四篇利用雙重作業虧損(DTC)在運動員身上的研究，第一篇探討雙重作業虧損(DTC)用來比較足球選手在撞傷前後的平衡控制能力以及認知功能的變化⁴⁴；第二、三篇分別針對高爾夫球選手和足球選手，比較他們和一般人的雙重作業虧損(DTC)指標，兩篇研究皆發現運動員的運動表現比一般人更自

動化，需要的注意力資源很少^{45, 46}；第四篇發現成人男性體操選手在單腳站立時比一般人不受雙任務設計的影響，也就是雙重作業虧損(DTC)較少⁴⁷。然而，利用雙重作業虧損(DTC)來長期探討運動員動作學習的研究，則完全付之闕如。

雖然目前完全缺乏利用雙重作業虧損(DTC)這項指標來長期探討運動員動作學習的研究，但是關於大量體操訓練對大腦注意力資源的影響，已經可以由其他行為研究和腦影像研究略窺一二。Zaporozhets 等人在 2004 年發表了一篇利用行為量測注意力表現的研究，他們發現兒童體操選手的注意力表現優於一般兒童⁴⁸。Wang 等人在 2012 年發表了一篇世界級女性體操選手的腦影像研究，他們發現這些選手的腦部生理因著大量且密集的練習，已經和一般兒童不同了，尤其在與動作和注意力有關的腦區域的生理效率特別佳⁴⁹。因此，我們推論利用雙重作業虧損(DTC) 這項指標來長期探討兒童體操選手的動作學習曲線，是一項非常值得進行的研究。此外，過去研究發現體操競賽表現與數項身體特徵有強度相關，包含皮下脂肪厚度(skinfolds)以及體型(somatotype)等⁵⁰。感覺整合能力中的單任務或雙任務表現，是否也與體操競賽表現有強度相關？這是另一個缺乏研究但極有趣的相關議題。

研究方法

本研究已經收取年齡介於十二至十七歲之女性韻律體操選手十七位，採用方便取樣，樣本來自於每年組隊參加全國中等學校運動會(全中運)、全國運動會(全運會)並獲首獎的台中東山國高中韻律體操隊，全部為女生。另外已經由中山醫學大學鄰近的宜寧綜合中學收取沒有接受體操訓練的健康兒童對照組十五位，亦採用方便取樣。

我們長期追蹤兒童體操選手以及健康兒童對照組，在第 0、2、4、6、8 個月利用雙任務實驗設計測試其平衡表現(感覺整合測試；SOT)與認知任務表現(低、高難度的減數任務；分別為減 3、減 7)，受試者依序進行下列測試(1)靜坐時高難度減數任務；(2)感覺整合測試伴隨低難度減數任務；(3)感覺整合測試伴隨高難度減數任務。並同時追蹤記錄各項平衡表現，包含閉眼單腳站立時間、功能性前伸距離等。每次都先進行雙任務測試，休息過後再進行其他平衡測試與紀錄。在正式測試之前的練習期，兒童韻律體操選手接受前一天連續兩次的感覺整合測試(SOT)，健康兒童則接受兩周五次的感覺整合測試(SOT)，第一次與第二次連續測試在同一天，兩次測試間隔一小時以上，第三至五次測試在接下來的兩週內完成，並在兩個月後進行正式測試。兩組兒童在第一天也同時接受兒童感覺互動臨床平衡測試(PCTSIB)。

我們使用測試儀器(NeuroCom International, Clackamas, OR, USA)中之 EquiTest 來進行感覺整合測試(SOT)，總共有六種測試狀況，每種狀況測試三次，每次二十秒：

狀況一：支持面穩定、張眼(體感覺、視覺、前庭覺皆正常)。

狀況二：支持面穩定、閉眼(體感覺、前庭覺正常)。

狀況三：支持面穩定、視覺環境隨身體晃動而晃動(體感覺、前庭覺正常，視覺訊息衝突)。

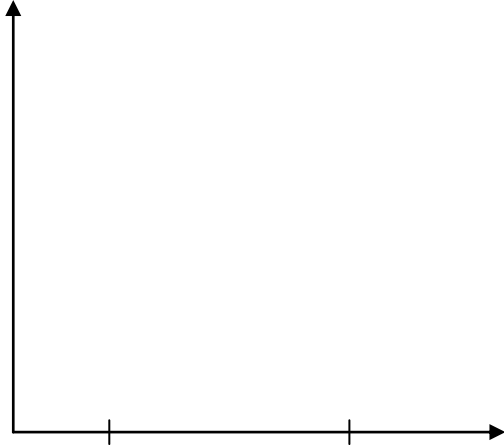
狀況四：支持面隨身體晃動而晃動、張眼(視覺、前庭覺正常，體感覺訊息衝突)。

狀況五：支持面隨身體晃動而晃動、閉眼(前庭覺正常，體感覺訊息衝突)。

狀況六：支持面隨身體晃動而晃動、視覺環境隨身體晃動而晃動(前庭覺正常，體感覺、視覺訊息衝突)。

在得到受測兒童之家長或法定代理人許可，並簽署經人體試驗委員會核可之同意書之後，受測兒童穿著舒適衣物、赤腳站上儀器之站立板，並穿戴上寬鬆、不影響動作的懸吊系統以確保意外跌倒時之安全性。受測者須在以上六種測試狀況中維持靜止站立平衡二十秒，每種狀況測試三次，依序測試狀況一至六。所有測試皆依照操作手冊所載之標準流程進行。儀器內建之站立板會紀錄足底壓力中心之前後位移變化，並且與該受測者身高的最大穩定限度 12.5° 比較，自動產生 0 至 100 分之平衡分數(equilibrium score)，分數愈高代表平衡功能愈好。每種測試狀況中的三次測試平衡分數會平均以代表該測試狀況，第一、二種狀況的平衡分數以及第三至六種狀況之各三次平衡分數，總共十四次平衡分數平均之後得到總合分數(composite score)以代表該受測者之平衡能力。

認知任務之正確減去個數

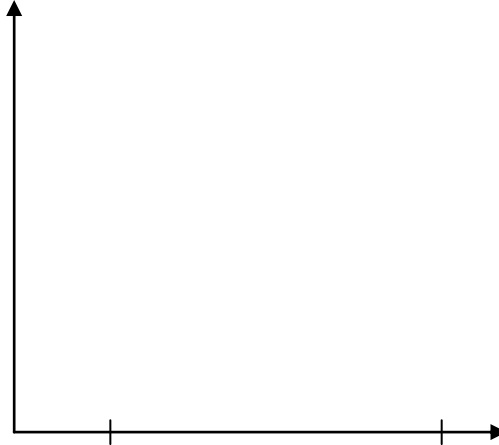


A. 只執行高難度
認知任務

B. 同時執行高難度認知任務
與感覺整合測試

認知任務表現的雙
重作業虧損DTC= $\frac{(B-A)}{A} * 100$

感覺整合測試表現



A. 同時執行低難度認知任務
與感覺整合測試

B. 同時執行高難度認知任務
與感覺整合測試

平衡任務表現的雙
重作業虧損DTC= $\frac{(B-A)}{A} * 100$

本研究使用一個高密度軟墊

以及一個中國式燈籠來進行兒童感覺互動臨床平衡測試(PCTSIB)，總共有六種測試狀況，受測者須在以下六種測試狀況中維持一腳前一腳後(tandem stance)的靜止站立平衡，每種狀況測試兩次，每次最久測試三十秒：

狀況一：支持面穩定、張眼(體感覺、視覺、前庭覺皆正常)。

狀況二：支持面穩定、閉眼(體感覺、前庭覺正常)。

狀況三：支持面穩定、視覺環境隨身體晃動而晃動(體感覺、前庭覺正常，視覺訊息衝突)。

狀況四：支持面不穩定、張眼(視覺、前庭覺正常，體感覺訊息衝突)。

狀況五：支持面不穩定、閉眼(前庭覺正常，體感覺訊息衝突)。

狀況六：支持面不穩定、視覺環境隨身體晃動而晃動(前庭覺正常，體感覺、視覺訊息衝突)。

施測者使用計時碼表來記錄受測者能維持站立平衡的時間，若是受測者的手離開了腰部、足部移開了原來位置、在需要閉眼的狀況下張眼、或是需要施測者的扶持時，就停止計時。此外，在受測者背後貼以一度為單位的放射狀圖案，在受測者正前方會架設攝影機，以利事後量測身體左右搖晃的最大角度。最後的給分系統為：1. 無法維持平衡。2. 維持 3 秒以下。3. 維持 4 至 10 秒。4. 維持 11 至 29 秒，或者超過 30 秒但身體搖晃大於 15 度。5. 維持超過 30 秒且身體搖晃 6 至 15 度。6. 維持超過 30 秒且身體搖晃小於 6 度。

結果與討論 (含結論與建議)

我們已完成十六位兒童體操選手和十五位配對年齡和身高的一般兒童的長期追蹤資料收集。在資料分析的部分，已經完成全部資料輸入和清潔，並且完成了以下研究目的的資料分析，結果和預期的大致相符。

(目的一). 探討正常發展兒童之感覺整合測試(Sensory Organization Test, SOT)練習效應。

已發表(*Chen HY, Chang HY, Ju YY, Tsao HT. Superior short-term learning effect of visual and sensory organization ability when sensory information is unreliable in adolescent rhythmic gymnasts. Journal of Sports Sciences 2017; 35(12): 1197-1203.)

Rhythmic gymnasts specialize in dynamic balance under sensory conditions of numerous somatosensory, visual and vestibular stimulations. This study investigated whether adolescent rhythmic gymnasts are superior to peers in Sensory Organization Test (SOT) performance, which quantifies the ability to maintain standing balance in six sensory conditions, and explored whether they plateaued faster during familiarization with the SOT. Three and six sessions of SOTs were administered to fifteen female rhythmic gymnasts (15.0 ± 1.8 yr.) and matched peers (15.1 ± 2.1 yr.), respectively. The gymnasts were superior to their peers in terms of fitness measures, and their performance was better in the SOT equilibrium score when visual information was unreliable. The SOT learning effects were shown in more challenging sensory conditions between Sessions 1 and 2 and were equivalent in both groups; however, over time, the gymnasts gained marginally significant better visual ability and relied less on visual sense when unreliable. In conclusion, adolescent rhythmic gymnasts have generally the same sensory organization ability and learning rates as their peers. However, when visual information is unreliable, they have superior sensory organization

ability and learn faster to rely less on visual sense.

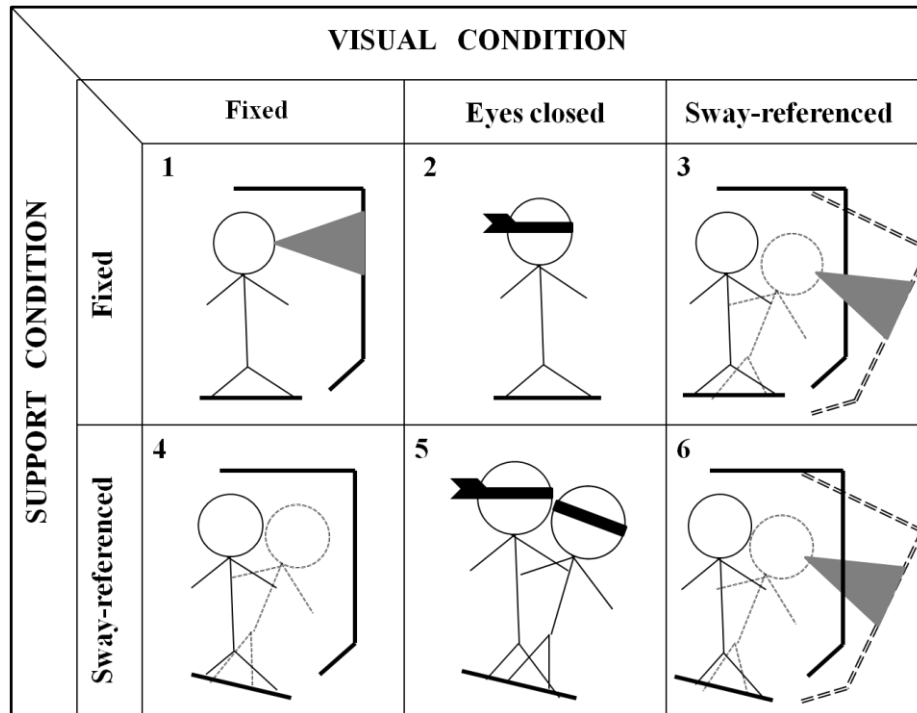


Figure 1.

The six sensory conditions of the SOT. Conditions 1 to 3 were performed on a fixed platform with the eyes open, eyes closed and vision sway reference, respectively. Conditions 4 to 6 were performed on a sway-referenced platform with the eyes open, eyes closed and vision sway reference, respectively.

Table 1.

Demographics and Health Status of All Participants

variables	matched controls (N=15)	rhythmic gymnasts (N=15)	<i>P</i> value
age (y)	15.1±2.1	15.0±1.8	0.970
trained years (y)	0.0±0.0	5.2±3.0	<0.001*
body height (m)	1.59±0.05	1.60±0.05	0.401
body weight (kg)	50.7±6.4	47.4±4.7	0.124
BMI (kg/m ²)	20.1±2.0	18.5±1.5	0.020*
waist-hip ratio	0.81±0.13	0.75±0.02	0.120
fat mass (%)	29.4±5.1	19.6±4.1	<0.001*
lean muscle mass (%)	65.3±7.4	75.7±3.8	<0.001*
Sit-and-Reach (cm)	28.2±10.7	51.4±6.7	<0.001*
Sargent Jump (cm)	24.0±5.2	34.5±5.5	<0.001*
One-legged Stance (s)	15.2±9.8	17.5±7.4	0.481
Functional Reach (cm)	40.0±6.3	47.4±6.8	0.004*
3-minute Step	53.9±14.3	82.7±14.3	<0.001*

data are expressed as the mean±SD.

*: *P* < 0.05 in independent samples T test.

Table 2.

Comparisons of SOT performance between groups, including equilibrium scores, composite score, and sensory system ratios in Session 1

SOT performance	matched controls (N=15)	rhythmic gymnasts (N=15)	<i>P</i> value
Equilibrium score			
SOT condition 1	94.1±4.1	95.5±1.4	0.199
SOT condition 2	92.8±1.9	93.0±2.1	0.720
SOT condition 3	91.4±4.1	93.8±1.6	0.048*
SOT condition 4	87.9±6.4	89.7±4.0	0.377
SOT condition 5	67.8±14.0	62.9±9.7	0.273
SOT condition 6	77.5±8.4	74.0±8.8	0.283
Composite score	82.7±5.9	82.1±3.3	0.732
Sensory system ratios			
somatosensory ratio	0.988±0.044	0.974±0.017	0.259
visual ratio	0.935±0.061	0.939±0.044	0.849
vestibular ratio	0.720±0.138	0.659±0.101	0.178
visual preference	1.057±0.096	1.078±0.064	0.482

data are expressed as the mean±SD.

*: $P < 0.05$ in independent samples T test.

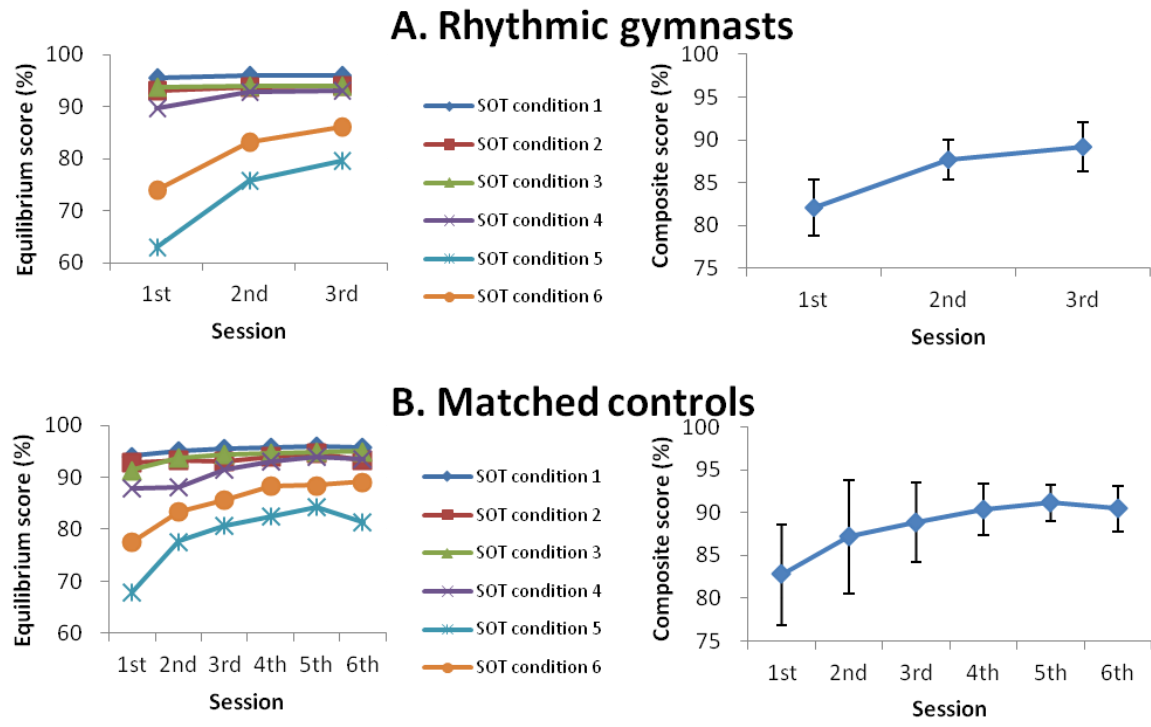


Figure 2. The equilibrium score of the six SOT sensory conditions (left) and the composite score of the SOT (right) as a function of test sessions in rhythmic gymnasts (A) and matched controls (B). One between-participant standard deviation bar is indicated.

Table 3.

P values for pre-planned repeated contrasts of one-way repeated measures ANOVA, indicating the learning effects between successive SOT sessions

SOT condition	Session 1 to 2	Session 2 to 3	Session 3 to 4	Session 4 to 5	Session 5 to 6
matched controls					
1 equilibrium score	0.391	0.326	0.627	0.562	0.645
2 equilibrium score	0.356	0.787	0.109	0.011	0.029
3 equilibrium score	0.014	0.209	0.651	0.657	0.764
4 equilibrium score	0.968	0.341	0.221	0.259	0.532
5 equilibrium score	0.005*	0.022	0.052	0.114	0.078
6 equilibrium score	0.001*	0.052	0.313	0.876	0.380
Composite score	0.003*	0.047	0.066	0.068	0.065
rhythmic gymnasts					
1 equilibrium score	0.181	0.790			
2 equilibrium score	0.064	0.566			
3 equilibrium score	0.852	0.759			
4 equilibrium score	0.007†	0.721			
5 equilibrium score	<0.001†	0.045			
6 equilibrium score	0.005†	0.068			
Composite score	<0.001†	0.058			

*: $P < 0.01$ in matched controls in pre-planned repeated contrast tests of ANOVA.

†: $P < 0.025$ in rhythmic gymnasts in pre-planned repeated contrast tests of ANOVA.

Table 4.

Results of one-way repeated measures ANOVA of sensory system ratios over successive SOT sessions

Sensory system	Session 1	Session 2	Session 3	Session 4	Session 5	Session 6	<i>P</i> value
matched controls							
somatosensory ratio	0.988	0.982	0.976	0.982	0.986	0.973	0.514
visual ratio	0.935	0.927	0.959	0.974	0.979	0.976	0.200
vestibular ratio	0.720	0.817	0.846	0.862	0.878	0.849	<0.001*
visual preference	1.057	1.037	1.036	1.040	1.026	1.055	0.376
rhythmic gymnasts							
somatosensory ratio	0.974	0.976	0.980				0.544
visual ratio	0.939	0.967	0.971				0.051
vestibular ratio	0.659	0.790	0.830				<0.001*
visual preference	1.078	1.046	1.039				0.020*

*: $P < 0.05$ in repeated measures ANOVA.

我們發現韻律體操選手在視覺運用能力優於一般青少年，例如當體感覺被剝奪或扭曲時，他們可以運用視覺來代償以維持平衡，另外例如當視覺被剝奪或扭曲時，他們可以在兩個月內有明顯的抑制視覺的能力，也就是他們可以彈性地運用視覺能力，因此，未來在篩選和訓練韻律體操選手時，我們建議可以加入感覺整合測試。

(目的二). 探討簡單易行的兒童感覺互動臨床平衡測試(Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance, PCTSIB)與需要昂貴設備的感覺整合測試(SOT)的同時效度。

已發表(*Chen HY, Chang HY, Ju YY, Tsao HT. Two assessment tools for sensory organization ability in adolescent rhythmic gymnasts. *Physical Education Journal* 2017; 50(3): 327-337.)

Introduction: The Sensory Organization Test (SOT) and the Paediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance (PCTSIB) quantify the ability to maintain balance in the presence of sensory conflicts. The purposes of this study were to evaluate the comparability of these two assessment tools and to explore their distribution characteristics in adolescent rhythmic gymnasts. **Methods:** Fifteen female rhythmic gymnasts (15.0±1.8 yr.) who had received professional training for at least nine months were assessed in a single session. There were corresponding six sensory conditions in the SOT and PCTSIB tests. The SOT equipment automatically outputs computer-generated equilibrium scores based on the participant's sway angle, whereas the PCTSIB involves manual timing (holding time), which can be combined with observation of sway angle to generate the performance score (summary score). **Results:** Rhythmic gymnasts' performance in SOT Conditions 1 to 3, with firm support, revealed narrow distributions of performance and ceiling effects. Notable ceiling effects were also evident in the holding time of PCTSIB Conditions 1, 2, 3, 4 and 6, as well as in the summary score of PCTISB Conditions 1 and 4 with eyes open. Only Condition 5 of the PCTSIB (holding time) was related to the corresponding SOT condition: eyes closed with altered support ($Rho=0.61$). **Conclusion:** Although the PCTSIB and SOT tests have similar designs, their results are not comparable, which might be due to the notable ceiling effects when the tests are applied

to rhythmic gymnasts. We recommend using SOT Conditions 4 to 6 in the laboratory or PCTSIB Condition 5 (holding time) in the field to evaluate sensory organization ability in adolescent rhythmic gymnasts.

Table 1.

Comparisons of the design of the Sensory Organization Test (SOT) test and the Paediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance (PCTSIB) test.

Conditions	Primary sensory system targeted	PCTSIB	SOT
1. Eyes open	somatosensory, vision, vestibular	Eyes open while standing on floor	Eyes open while standing on fixed platform
2. Eyes closed	somatosensory, vestibular	Eyes closed while standing on floor	Eyes closed while standing on fixed platform
3. Altered vision	somatosensory, vestibular, with visual conflict	Wearing dome while standing on floor	Visual enclosure moving in phase with body sway while standing on fixed platform
4. Eyes open Altered support	vision, vestibular	Eyes open while standing on foam surface	Eyes open while standing on platform moving in phase with body sway
5. Eyes closed Altered support	Vestibular	Eyes closed while standing on foam surface	Eyes closed while standing on platform moving in phase with body sway
6. Altered vision Altered support	vestibular, with visual conflict	Wearing dome while standing on foam surface	Visual enclosure moving in phase with body sway while standing on platform moving in phase with body sway

Table 2.*Basic Characteristics of Participants*

variables	Mean±SD
age (y)	15.0±1.8
trained years (y)	5.2±3.0
body height (m)	1.60±0.05
body weight (kg)	47.4±4.7
BMI (kg/m ²)	18.5±1.5
waist-hip ratio	0.75±0.02
fat mass (%)	19.6±4.1
lean muscle mass (%)	75.7±3.8
Sit-and-Reach (cm)	51.4±6.7
Sargent Jump (cm)	34.5±5.5
One-legged Stance (s)	17.5±7.4
Functional Reach (cm)	47.4±6.8
3-minute Step	82.7±14.3

Table 3.*The performance of the SOT test in equilibrium score in the six sensory conditions.*

	SOT		
	Equilibrium score (%) Scale range 0-100 mean ± SD	Sample range	Ceiling effect n (%)
1. Eyes open	95.5 ± 1.4	92.0-97.3	11 (73.3)
2. Eyes closed	93.0 ± 2.1	89.7-96.7	4 (26.7)
3. Altered vision	93.8 ± 1.6	90.0-95.7	5 (33.3)
4. Eyes open Altered support	89.7 ± 4.0	78.7-95.3	2 (13.3)
5. Eyes closed Altered support	62.9 ± 9.7	43.3-82.7	0 (0)
6. Altered vision Altered support	74.0 ± 8.8	60.0-90.7	0 (0)

Table 4.

The performance of the PCTSIB test in holding time and summary score in the six sensory conditions.

	PCTSIB				
	Holding time (s) Scale range 0-30 mean \pm SD	Sample range	Ceiling effect n (%)	Summary score Scale range 0-5 median (range)	Ceiling effect n (%)
1. Eyes open	30.0 \pm 0.0	30.0-30.0	15 (100.0)	5 (4-5)	12 (80.0)
2. Eyes closed	24.4 \pm 8.8	3.6-30.0	9 (60.0)	3 (1-4)	0 (0)
3. Altered vision	24.8 \pm 9.2	4.9-30.0	11 (73.3)	3 (2-5)	1 (6.7)
4. Eyes open Altered support	30.0 \pm 0.0	30.0-30.0	15 (100.0)	4 (3-5)	7 (46.7)
5. Eyes closed Altered support	13.5 \pm 10.1	3.3-30.0	2 (13.3)	2 (1-5)	1 (6.7)
6. Altered vision Altered support	14.4 \pm 11.8	1.9-30.0	5 (33.3)	2 (1-5)	1 (6.7)

Table 5.

The correlation coefficient, Rho, between the SOT and the PCTSIB tests in the six corresponding sensory conditions.

	PCTSIB(holding time)/SOT		PCTSIB(summary score)/SOT	
	<i>Rho</i>	<i>P</i> value	<i>Rho</i>	<i>P</i> value
1. Eyes open	-	-	0.47	0.08
2. Eyes closed	-0.16	0.58	0.12	0.67
3. Altered vision	-0.12	0.68	-0.10	0.72
4. Eyes open Altered support	-	-	0.30	0.27
5. Eyes closed Altered support	0.61	0.02*	0.48	0.07
6. Altered vision Altered support	0.06	0.84	0.17	0.55

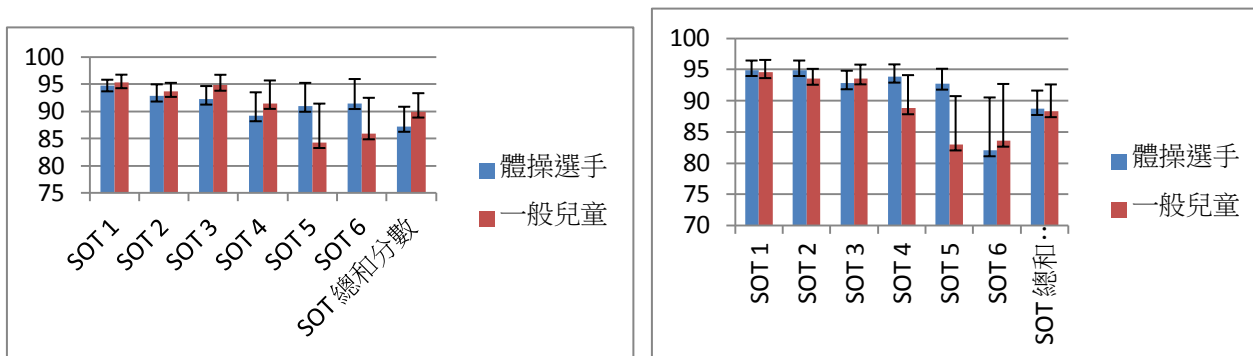
*: $P < 0.05$ in Spearman rank correlation.

我們發現感覺整合測試和感覺互動與站立平衡臨床測試在韻律體操選手的共同效度低，根據這兩個測試的分數分佈，我們建議在韻律體操選手身上可以使用感覺整合測試狀況四至六、以及感覺互動與站立平衡臨床測試狀況五，來評估他們的感覺整合能力。

(目的三). 比較兒童體操選手與一般兒童的感覺整合平衡表現、以及其雙重作業虧損(DTC)的不同表現。

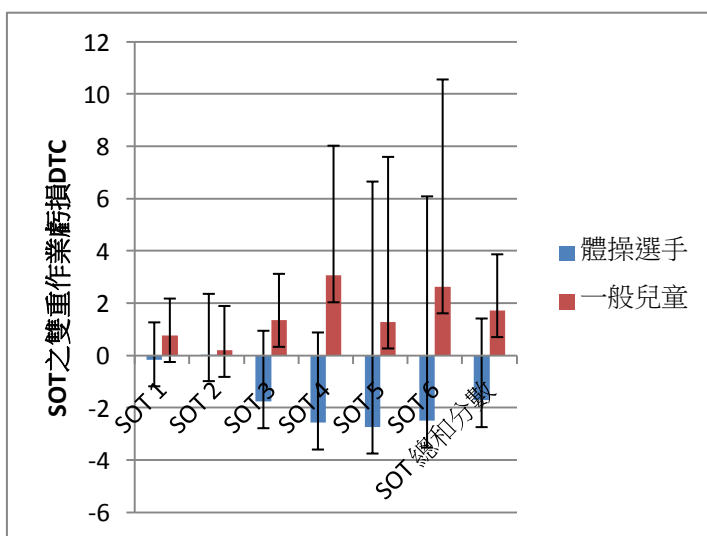
已發表(Yeh TT, Chang HY, Ju YY, *Chen HY. The use of a dual-task paradigm to identify superior sensory organisation ability in rhythmic gymnasts. Journal of Sports Sciences: in press.)

在第一次測試的結果中，當同時執行低難度減 3 的雙重任務時，兩組兒童的 SOT 分數顯示如下左圖，獨立樣本 t 檢定的結果顯示，一般兒童在情況三和總和分數明顯優於體操選手($P < 0.05$)，體操選手在較挑戰的情況五和六明顯優於一般兒童($P < 0.05$)。其餘情況皆沒有組間差異。



當同時執行高難度減 7 的雙重任務時，兩組兒童的 SOT 分數顯示如上右圖，獨立樣本 t 檢定的結果顯示，體操選手在情況二、四和五都明顯優於一般兒童($P < 0.05$)。其餘情況皆沒有組間差異。

兩組兒童的 SOT 雙重作業虧損指數 DTC 顯示如下圖，體操選手普遍為負值，也就是沒有雙重作業虧損甚至執行高難度任務時其平衡表現較佳，而一般兒童則普遍為正值，也就是有雙重作業虧損在執行高難度任務時其平衡表現較差，獨立樣本 t 檢定的結果顯示，體操選手在情況三、四和總和分數都明顯優於一般兒童($P < 0.05$)。其餘情況皆沒有組間差異。

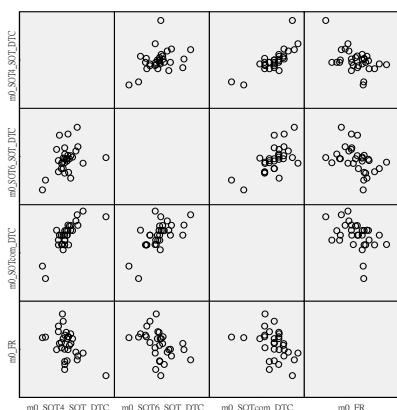


因此，我們發現在體操選手組的兒童由於長期而密集的平衡訓練，造成他們在比較挑戰的情況下

的平衡分數較一般兒童組佳，例如較挑戰的感覺輸入情況或搭配搭難度的雙任務測試時。此外，體操選手組的兒童也因為嫻於平衡技巧，所以在執行平衡任務時比較不受雙任務的影響。

(目的四). 利用相關分析，探討雙重作業虧損(DTC)指標與其他平衡表現的同時相關性，例如閉眼單腳站立時間、功能性前伸距離等。

Pearson 相關分析的結果顯示，當合併兩組兒童的資料時，功能性前伸距離(FR)和 SOT 情況四、六和總和分數的雙重作業虧損指數 DTC 呈現負相關(如下圖)，相關係數分別為 0.497、0.413 和 0.417。



我們接下來將進行 DTC 和其他平衡表現的相關分析。

参考文献 References

- [1] Lacour M, Bernard-Demanze L, Dumitrescu M. Posture control, aging, and attention resources: models and posture-analysis methods. *Neurophysiol Clin* 2008; **38**: 411-21.
- [2] Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture* 2002; **16**: 1-14.
- [3] Fitts PM, Posner MI. *Human performance*. Belmont, CA: Brooks/Cole, 1967.
- [4] Geurts AC, Mulder TH. Attention demands in balance recovery following lower limb amputation. *Journal of Motor Behavior* 1994; **26**: 162-70.
- [5] Geurts AC, Mulder TW, Nienhuis B, Rijken RA. Dual-task assessment of reorganization of postural control in persons with lower limb amputation. *Arch Phys Med Rehabil* 1991; **72**: 1059-64.
- [6] Cockburn J, Haggard P, Cock J, Fordham C. Changing patterns of cognitive-motor interference (CMI) over time during recovery from stroke. *Clin Rehabil* 2003; **17**: 167-73.
- [7] de Haart M, Geurts AC, Huidekoper SC, Fasotti L, van Limbeek J. Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort study. 2004.
- [8] Haggard P, Cockburn J, Cock J, Fordham C, Wade D. Interference between gait and cognitive tasks in a rehabilitating neurological population. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2000; **69**: 479-86.
- [9] Cumberworth VL, Patel NN, Rogers W, Kenyon GS. The maturation of balance in children. *J Laryngol Otol* 2007; **121**: 449-54.
- [10] Nashner LM, Black FO, Wall C, 3rd. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. *J Neurosci* 1982; **2**: 536-44.
- [11] Black FO. Vestibulospinal function assessment by moving platform posturography. *Am J Otol* 1985; **Suppl**: 39-46.
- [12] Black FO, Wall C, 3rd, Nashner LM. Effects of visual and support surface orientation references upon postural control in vestibular deficient subjects. *Acta Otolaryngol* 1983; **95**: 199-201.
- [13] Gagnon I, Swaine B, Forget R. Exploring the comparability of the Sensory Organization Test and the Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance in children. *Phys Occup Ther Pediatr* 2006; **26**: 23-41.
- [14] Ornitz EM. Normal and pathological maturation of vestibular function in the human child. In: Romand R, ed. *Development of Auditory and Vestibular Systems*. New York: Academic Press, 1983; 479-535.
- [15] Forssberg H, Nashner LM. Ontogenetic development of postural control in man: adaptation to altered support and visual conditions during stance. *J Neurosci* 1982; **2**: 545-52.
- [16] Foudriat BA, Di Fabio RP, Anderson JH. Sensory organization of balance responses in children 3-6 years of age: a normative study with diagnostic implications. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1993; **27**: 255-71.
- [17] Cherng RJ, Chen JJ, Su FC. Vestibular system in performance of standing balance of children and young adults under altered sensory conditions. *Percept Motor Skills* 2001; **92**: 1167-79.
- [18] Ionescu E, Morlet T, Froehlich P, Ferber-Viart C. Vestibular assessment with Balance Quest Normative data for children and young adults. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2006; **70**: 1457-65.
- [19] Ferber-Viart C, Ionescu E, Morlet T, Froehlich P, Dubreuil C. Balance in healthy individuals assessed with Equitest: maturation and normative data for children and young adults. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2007; **71**: 1041-6.
- [20] Hirabayashi S, Iwasaki Y. Developmental perspective of sensory organization on postural control. *Brain Dev* 1995; **17**: 111-3.

- [21] Nashner LM. Computerized dynamic posturography. In: Jacobson GP, Newman CW, Kantush JM, editors. Handbook of balance function testing. St. Louis: Missouri: Mosby-Year Book, 1993; 280-307.
- [22] Wrisley DM, Stephens MJ, Mosley S, Wojnowski A, Duffy J, Burkard R. Learning effects of repetitive administrations of the sensory organization test in healthy young adults. *Arch Phys Med Rehabil* 2007; **88**: 1049-54.
- [23] Bernstein J, Burkard R. Test order effects of computerized dynamic posturography and calorics. *American Journal of Audiology* 2009; **18**: 34-44.
- [24] Ford-Smith CD, Wyman JF, Elswick RK, Jr., Fernandez T, Newton RA. Test-retest reliability of the sensory organization test in noninstitutionalized older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 1995; **76**: 77-81.
- [25] Hamid MA, Hughes GB, Kinney SE. Specificity and sensitivity of dynamic posturography. A retrospective analysis. *Acta Otolaryngol Suppl* 1991; **481**: 596-600.
- [26] Tsang WW, Wong VS, Fu SN, Hui-Chan CW. Tai Chi improves standing balance control under reduced or conflicting sensory conditions. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; **85**: 129-37.
- [27] Horak FB, Nashner LM, Diener HC. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. *Exp Brain Res* 1990; **82**: 167-77.
- [28] Mirka A, Black FO. Clinical application of dynamic posturography for evaluating sensory integration and vestibular dysfunction. *Neurol Clin* 1990; **8**: 351-9.
- [29] Furman JM. Role of posturography in the management of vestibular patients. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1995; **112**: 8-15.
- [30] Hirsch MA, Toole T, Maitland CG, Rider RA. The effects of balance training and high-intensity resistance training on persons with idiopathic Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; **84**: 1109-17.
- [31] Shimada H, Obuchi S, Kamide N, Shiba Y, Okamoto M, Kakurai S. Relationship with dynamic balance function during standing and walking. *Am J Phys Med Rehabil* 2003; **82**: 511-6.
- [32] Rosengren KS, Rajendran K, Contakos J, et al. Changing control strategies during standard assessment using computerized dynamic posturography with older women. *Gait Posture* 2007; **25**: 215-21.
- [33] Dodd K, Hill K, Haas R, Luke C, Millard S. Retest reliability of dynamic balance during standing in older people after surgical treatment of hip fracture. *Physiother Res Int* 2003; **8**: 93-100.
- [34] Black FO, Shupert CL, Horak FB, Nashner LM. Abnormal postural control associated with peripheral vestibular disorders. *Prog Brain Res* 1988; **76**: 263-75.
- [35] Horak FB, Shumway-Cook A, Crowe TK, Black FO. Vestibular function and motor proficiency of children with impaired hearing, or with learning disability and motor impairments. *Dev Med Child Neurol* 1988; **30**: 64-79.
- [36] Shumway-Cook A, Horak F, Black FO. A critical examination of vestibular function in motor-impaired learning-disabled children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 1987; **14**: 21-30.
- [37] Nashner LM, Shumway-Cook A, Marin O. Stance posture control in select groups of children with cerebral palsy: deficits in sensory organization and muscular coordination. *Exp Brain Res* 1983; **49**: 393-409.
- [38] Cherng RJ, Su FC, Chen JJ, Kuan TS. Performance of static standing balance in children with spastic diplegic cerebral palsy under altered sensory environments. *Am J Phys Med Rehabil* 1999; **78**: 336-43.
- [39] Shumway-Cook A, Woollacott MH. Dynamics of postural control in the child with Down syndrome. *Phys Ther* 1985; **65**: 1315-22.
- [40] Peterson ML, Christou E, Rosengren KS. Children achieve adult-like sensory integration during stance at 12-years-old. *Gait Posture* 2006; **23**: 455-63.
- [41] Steindl R, Kunz K, Schrott-Fischer A, Scholtz AW. Effect of age and sex on maturation of sensory

systems and balance control. *Dev Med Child Neurol* 2006; **48**: 477-82.

[42] Shumway-Cook A, Horak FB. Assessing the influence of sensory interaction of balance. Suggestion from the field. *Phys Ther* 1986; **66**: 1548-50.

[43] Zetaruk MN. The young gymnast. *Clin Sports Med* 2000; **19**: 757-80.

[44] Broglio SP, Tomporowski PD, Ferrara MS. Balance performance with a cognitive task: a dual-task testing paradigm. *MedSciSports Exerc* 2005; **37**: 689-95.

[45] Beilok SLW, S.A., Carr, T.H. Expertise, attention, and memory in sensorimotor skill execution: impact of novel task constraints on dual-task performance and episodic memory. *Q J Exp Psychol* 2002; **55A**: 1221-40.

[46] Smith MBC, C.M. effect of adding cognitively demanding task on soccer skill performance. *Percept Motor Skills* 1992; **75**: 955-61.

[47] Vuillerme N, Nougier V. Attentional demand for regulating postural sway: the effect of expertise in gymnastics. *Brain Res Bull* 2004; **63**: 161-5.

[48] Zaporozhets OP. [Effect of sport participation on the dynamics of attention parameters and successfulness of studies in school children of junior age]. *Fiziol Zh* 2004; **50**: 80-6.

[49] Wang B, Fan Y, Lu M, et al. Brain anatomical networks in world class gymnasts: A DTI tractography study. *NeuroImage* 2012.

[50] Claessens AL, Lefevre J, Beunen G, Malina RM. The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts. *JSports MedPhysFitness* 1999; **39**: 355-60.

參、計畫成果自評

本研究計畫為計畫主持人之第三個科技部研究計畫，此次嘗試的研究議題為基礎的動作控制理論結合實務應用，完成度頗佳，但是因為長期追蹤的資料龐大，還未有時間完成所有的資料分析，僅完成五個目的中前兩個目的的資料分析與文章撰寫，並且兩篇文稿都已經被接受。接下來將進行另外三個研究目的的資料分析與文章撰寫。

在本研究結果的應用性方面，(1)我們發現韻律體操選手在視覺運用能力優於一般青少年，例如當體感覺被剝奪或扭曲時，他們可以運用視覺來代償以維持平衡，另外例如當視覺被剝奪或扭曲時，他們可以在兩個月內發展出明顯抑制視覺的能力，也就是他們可以彈性地運用視覺能力，因此，未來在篩選和訓練韻律體操選手時，我們建議可以加入感覺整合測試。(2)此外，我們也發現感覺整合測試和感覺互動與站立平衡臨床測試在韻律體操選手的共同效度低，根據這兩個測試的分數分佈，我們建議在韻律體操選手身上可以使用感覺整合測試狀況四至六、以及感覺互動與站立平衡臨床測試狀況五，來評估他們的感覺整合能力。(3)最後，我們發現在體操選手組的青少年由於長期而密集的平衡訓練，造成他們在比較挑戰的情況下的平衡分數較一般青少年組佳，例如較挑戰的感覺輸入情況或搭配搭難度的雙任務測試時，所以在執行平衡任務時比較不受雙任務的影響，體操選手的雙重作業虧損普遍為負值，也就是沒有雙重作業虧損甚至執行高難度任務時其平衡表現較佳，而一般

青少年的雙重作業虧損則普遍為正值，也就是有雙重作業虧損在執行高難度任務時其平衡表現較差，以上結果顯示雙重作業虧損是評估韻律體操選手平衡能力很好的指標。

科技部核定國際會議差旅費 180000 元，已支用日本 ACLS2014 國際研討會 35173 元、新加坡 WCPT2015 國際研討會 63485 元，因時間無法配合其他國際研討會，故流用剩餘款項 81342 元。

本人於 2014 年 8 月 27-29 日出席於廣島舉辦之「ACLS 2014 : The Asian Conference on the Life Sciences and Sustainability」，茲簡述此研討會如下。

1. 此研討會的參與者來自神經科學、運動、營養、生理等領域，研討會主題為生命科學與持續性。
2. 論文海報展示「Reliability and Minimal Detectable Change of Single- and Dual-Tasking Timed Up & Go Tests」，與來自各地學者有很好的討論，刺激本人在投稿寫作上的想法，後續成功發表於國內期刊中山醫學雜誌(*Chen HY. Reliability and minimal detectable change of single- and dual-tasking Timed Up & Go tests. *Chung Shan Medical Journal* 2013 24:9-17.)。
3. 論文海報展示「Body sway effects and after-effects following voluntary intermittent light finger touch」，與來自各地學者有很好的討論，刺激本人在投稿寫作上的想法，後續成功發表於國際期刊 *Gait & Posture*(Johannsen L, Lou SZ, *Chen HY. Effects and after-effects of voluntary intermittent light finger touch on body sway. *Gait & Posture* 2014 16(6):575-580.)。
4. 論文海報展示「The Determinants of Single- and Dual-Task Timed Up & Go Performance」，與來自各地學者有很好的討論，刺激本人在投稿寫作上的想法，後續成功發表於國際期刊 *Physical Therapy*(Chen HY, *Tang PF. Factors contributing to single- and dual-task Timed “Up & Go” test performance in middle-Aged and older adults who are active and dwell in the community. *Physical Therapy* 2015: Mar;96(3):284-92.)。

本人於 2015 年 5 月 1-4 日出席於新加坡舉辦之「世界物理治療師協會國際研討會」(International WCPT congress)，茲簡述此研討會如下。

1. 此研討會的參與者主要來自物理治療專業，同時有非常多的相關產業廠商參展，所以可以吸收非常多的新知。
2. 論文海報展示「Practice effects of Computerized Dynamic Posturography in Adolescents and Rhythmic Gymnasts」，與來自各地學者有很好的討論，刺激本人在投稿寫作上的想法，後續成功發表於國際期刊 *Journal of Sport Science*(*Chen HY, Chang HY, Ju YY, Tsao HT. Superior short-term learning effect of visual and sensory organization ability when sensory information is unreliable in adolescent rhythmic gymnasts. *Journal of Sports Sciences* 2016: in press.)。
3. 論文海報展示「The Correlation between Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance (PCTSIB) and Sensory Organization Test (SOT) in Adolescents」，與來自各地學者有很好的討論，刺激本人在投稿寫作上的想法，

後續成功發表於國內期刊 Physical Education Journal (*Chen HY, Chang HY, Ju YY, Tsao HT. Two assessment tools for sensory organization ability in adolescent rhythmic gymnasts. Physical Education Journal 2016: in press.) °

102年度專題研究計畫成果彙整表

計畫主持人：陳惠雅			計畫編號：102-2410-H-040-014-MY2				
計畫名稱：兒童體操選手與一般兒童之感覺整合測試學習曲線：應用雙任務設計在長期追蹤研究中							
成果項目			量化	單位	質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等)		
國內	學術性論文	期刊論文		0	篇		
		研討會論文		0			
		專書		0	本		
		專書論文		0	章		
		技術報告		0	篇		
		其他		0	篇		
	智慧財產權及成果	專利權	發明專利		申請中	0	
					已獲得	0	
			新型/設計專利			0	
		商標權			0	件	
		營業秘密			0		
		積體電路電路布局權			0		
		著作權			0		
		品種權			0		
		其他			0		
				0			
	技術移轉	件數			0	件	
		收入			0	千元	
	國外	學術性論文	期刊論文		2	篇	1.*Chen HY, Chang HY, Ju YY, Tsao HT. Superior short-term learning effect of visual and sensory organization ability when sensory information is unreliable in adolescent rhythmic gymnasts. Journal of Sports Sciences 2016 : in press. 2.*Chen HY, Chang HY, Ju YY, Tsao HT. Two assessment tools for sensory organization ability in adolescent rhythmic gymnasts. Physical Education Journal 2016 : in press.
研討會論文			3	1.*Chen HY, Tsao HT. (2013 Sep 5-9) The SOT and PCTSIB test results are not comparable in rhythmic gymnastics. The 6th Asia-Western Pacific Regional Congress of the World Confederation for Physical			

					Therapy and the 12th International Congress of Asian Confederation for Physical Therapy. Taichung, Taiwan. 2.*Chen HY, Chang HY, Tsao HT, Liu TW. (2015 May 1-4) The Correlation between Pediatric Clinical Test of Sensory Interaction for Balance (PCTSIB) and Sensory Organization Test (SOT) in Adolescents. International WCPT Congress. Singapore. 3.*Chen HY, Chang HY, Tsao HT, Liu TW. (2015 May 1-4) Practice effects of Computerized Dynamic Posturography in Adolescents and Rhythmic Gymnasts. International WCPT Congress. Singapore.
	專書		0	本	
	專書論文		0	章	
	技術報告		0	篇	
	其他		0	篇	
智慧財產權 及成果	專利權	發明專利	申請中	0	件
			已獲得	0	
		新型/設計專利	0		
	商標權		0		
	營業秘密		0		
	積體電路電路布局權		0		
	著作權		0		
	品種權		0		
	其他		0		
技術移轉	件數		0	件	
	收入		0	千元	
參與計畫人力	本國籍	大專生	0	人次	
		碩士生	2		
		博士生	0		
		博士後研究員	0		
		專任助理	1		
非本國籍	大專生	0			
	碩士生	0			
	博士生	0			
	博士後研究員	0			
	專任助理	0			

其他成果

(無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)

科技部補助專題研究計畫成果自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現（簡要敘述成果是否具有政策應用參考價值及具影響公共利益之重大發現）或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以100字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形（請於其他欄註明專利及技轉之證號、合約、申請及洽談等詳細資訊）

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以200字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，以500字為限）

(1)我們發現韻律體操選手在視覺運用能力優於一般青少年，例如當體感覺被剝奪或扭曲時，他們可以運用視覺來代償以維持平衡，另外例如當視覺被剝奪或扭曲時，他們可以在兩個月內發展出明顯抑制視覺的能力，也就是他們可以彈性地運用視覺能力，因此，未來在篩選和訓練韻律體操選手時，我們建議可以加入感覺整合測試。(2)此外，我們也發現感覺整合測試和感覺互動與站立平衡臨床測試在韻律體操選手的共同效度低，根據這兩個測試的分數分佈，我們建議在韻律體操選手身上可以使用感覺整合測試狀況四至六、以及感覺互動與站立平衡臨床測試狀況五，來評估他們的感覺整合能力。(3)最後，我們發現在體操選手組的青少年由於長期而密集的平衡訓練，造成他們在比較挑戰的情況下的平衡分數較一般青少年組佳，例如較挑戰的感覺輸入情況或搭配搭難度的雙任務測試時，所以在執行平衡任務時比較不受雙任務的影響，體操選手的雙重作業虧損普遍為負值，也就是沒有雙重作業虧損甚至執行高難度任務時其平衡表現較佳，而一般青少年的雙重作業虧損則普遍為正值，也就是有雙重作業虧損在執行高難度任務時其平衡表現較差，以上結果顯示雙重作業虧損是評估韻律體操選手平衡能力很好的指標。

4. 主要發現

本研究具有政策應用參考價值：否 是，建議提供機關
(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)

本研究具影響公共利益之重大發現：否 是

說明：(以150字為限)

(1) 韻律體操選手在視覺運用能力優於一般青少年。(2) 感覺整合測試和感覺互動與站立平衡臨床測試的共同效度低。(3) 體操選手的雙重作業虧損普遍為負值，也就是沒有雙重作業虧損甚至執行高難度任務時其平衡表現較佳，一般青少年則普遍為正值。