

第貳章 文獻探討與假說

本研究相關研究文獻探討，分別以下幾節敘述：第一節、理論基礎與身體姿態控制相關文獻探討；第二節、視覺訊息依賴相關文獻探討；第三節、老年人身體活動與身體姿態控制相關文獻探討；第四節、文獻探討總結；第五節、假說。

第一節 理論基礎與身體姿態控制相關文獻探討

一、 身體姿態控制之系統模式觀點

Horak (1991) 根據系統模式 (system model)(Bernstein, 1967) 構念，針對身體姿態控制的機制提出系統模式。Horak 認為身體姿態控制並非由中樞神經系統扮演主宰的地位，應該是許多次系統所構成，彼此分佈控制 (distributed control) 後所呈現的結果。並且認為身體姿態控制是一項工作 (task)，工作目標係控制身體於空間中，達到穩定 (stability) 與定位 (orientation) 的雙重目的，因此每個次系統之間無階層之分，是處於同一層級相互協調，最終產生動作以達工作目標 (Cech & Tink-Martin, 2002; Shumway-Cook & Woollacott, 2001)。

系統模式提出兩個基本假定 (assumptions)：(1) 次系統的組織原則是

以達成工作目標為目的，並認為神經系統或肌肉系統不是扮演控制動作的角色，動作的產生是受各次系統之間協調與組織情況所掌握。舉例來說，受某種程度的外力干擾，身體可能會以跨步策略來因應外力干擾，達成身體穩定的工作目標。此時控制平衡動作的產生，非由中樞神經系統下達指令給動作系統要做出跨步反應，而是整個次系統之間的協調所掌控，因此各次系統的協調若無法達成工作目標，跨步的動作便無法產生，就可能發生跌倒，反之則做出跨步動作取得身體姿態穩定，(2) 神經系統具有依工作目標產生適應 (adapt) 及預測 (predict) 肌肉骨骼系統與環境之間的物理特徵與限制 (constraints) 的功能。以相同的例子來說，當跨步動作開始產生時，神經系統會持續地比較動作與實際動作的誤差，並預測動作是否能達成工作目標，進而發揮修改動作的功能，產生最有效率的方法達成工作目標。但是，神經系統並不因此成為控制動作的角色，因為動作的產生仍受視神經系統與其他系統協調的結果所影響 (Cech & Tink-Martin, 2002; Horak, 1991; Shumway-Cook & Woollacott, 2001; 胡名霞, 2001)。此假定否決中樞神經系統為動作最終決策者的觀念，以往被視為控制其他系統的能力，修改為屬於神經系統的功能與職責，至於控制最終動作產生是由各次系統之間協調情況，如此抽象的概念所替代。

二、系統模式架構

系統模式認為控制身體姿態穩定共有六種次系統，每個次系統皆有其主要功能與特點，並且次系統之間彼此影響與連結，因此以下進一步探討各次系統與相關文獻研究：

(一) 神經肌肉系統

協同作用 (synergy) 是神經肌肉系統主要的功能，係指肌肉群因應功能性動作之需要，彼此之間產生聯結並且收縮時彼此受限，形成一個功能性的動作單位，即為協同作用 (胡名霞, 2001; Nashner, 1977; Shumway-Cook & Woollacott, 2001)。

身體受到外力干擾造成身體重心與支撐基底面積相對位置改變時，人體需維持身體處於穩定狀態，會產生各種平衡策略使身體維持平衡，主要有踝足策略 (ankle strategy)、髖策略 (hip strategy)、懸垂策略 (suspensory strategy)、與跨步策略 (stepping strategy) (Horak & Nashner, 1986)。

神經肌肉系統受老化的影響，主要發生於型態與生理機能的改變。型態改變主要是神經細胞數量與神經傳導物數量上的減少 (Jackson & Lang, 1989)，而生理機能改變為神經傳導速度與振動感覺 (vibration sense) 衰退 (Carel et al., 1979)。整體衰退造成老年人在反應時間與動作時間的增加，並且發生延遲的現象 (Stelmach et al., 1989)。平衡策略方面，當外力干擾不大時，年輕人僅需使用踝足策略維持身體的穩定，但老年人則傾向使用髖

策略 (Horak & Nashner, 1986; Marjorie, Woollacott, Jensen, & Moore, 1996)。但是研究發現，髖關節的移動將會產生一個水平分力，造成踝關節水平剪力增加，如此將會提高滑倒的機會，所以老年人常使用髖策略維持平衡，並非是一個安全的策略 (Hork, Diener, & Nashner, 1989; Horak & Nashner, 1986)。

(二) 骨骼肌肉系統

骨骼肌肉系統是構成人體活動的必要條件，掌控骨骼肌肉的生物特性，執行中樞神經系統產生的神經活動型式 (patterns of neural activity) 訊息產生動作。掌控的生物特性包含關節活動度、肌肉力量、基底面積、與身體支撐姿態。

隨著年齡的增長，許多老年人關節活動度或脊柱柔軟度逐漸下降，並與身體屈曲或駝背有關，影響重心維持在人體中心線 (Lewis & Bottomley, 1990; Studenski, Duncan, & Chandler, 1991)。老年人下肢關節活動度不論是主動或是被動，亦皆有減小的現象，其中以髖關節與踝關節伸展受限最多 (Mecagni et al., 2000; Roach & Miles, 1991; Walker et al., 1984)。除此之外，關節活動度受限連帶影響其他身體姿態控制的次系統，Horak, Henry, and Shumway-Cook (1997) 指出，當腓腸肌與比目魚肌收縮限制踝關節的活動度時，會影響人體使用踝策略控制身體平衡，進而轉換髖或跨步策略，如此造成水平切力提昇，老年人發生滑倒的機率提高。

肌力下降是老化最明顯的改變，造成原因主要是肌肉質量減少，研究認為約減少 25% 至 30% (Gabbard, 2004)。隨著肌力衰退，身體功能性能力也相對降低，Rikli and Jones (2001) 指出肌力與身體功能性能力之間有關，當中需要全身力量來達成的日常活動，老年人產生失能的比例明顯提高，例如攜帶物品、做家事、從椅子起立及一般家務工作。Wolfson et al. (1986; 1995) 進一步指出，踝屈肌是穩定足部於穩定狀態的主要肌群，並且是避免身體向後過度擺動的關鍵因素，可見下肢肌肉力量與其平衡能力有極密切的關係。

(三) 感覺系統 (sensory systems)

視覺系統、前庭系統、與身體感覺系統，係控制身體姿態主要的感覺訊息來源，提供有關身體位置或活動狀態的訊息給予中樞神經系統，以維持人體的平衡。感覺系統亦是人體掌握外在環境或身體內部情況的主要途徑，因此感覺系統的損傷對身體姿態控制具有顯著的影響。

隨著年齡增長，感覺系統產生功能性改變，例如，周邊視覺功能的衰退，前庭感覺神經纖維 (myelinated vestibular nerve fibers) 的減少，以及身體受納器結構的改變與數量的減少，皆造感覺訊息量與正確性，是造成身體姿態控制能力下降的主要因素之一 (Stoffregen, 1986)。

Woollacott, Shumway-Cook, and Nashner (1986) 研究老年人身體姿態穩定度發現，老年人比年輕人表現來得差，尤其受不同感覺訊息回饋的影響。

響時表現差異最大，指出視覺、前庭感覺、與身體感覺當中任二個同時改變，身體姿態平衡能力將大幅降低。

(四) 預期機制 (anticipatory mechanisms)

預期性的姿勢控制 (anticipatory postural control) 是人體有效率地預防身體處於不穩定狀態的機制。當人體預期會受到干擾時，姿勢控制系統會預先活化相關姿勢肌肉，預防身體的產生不穩定或使干擾的影響減至最小，例如，要伸手拿取一個物品時，除了手部的肌肉會活化之外，腳和軀幹的姿勢肌肉也會同時活化，以幫助固定下肢支撐穩定基底面積，預防身體產生不穩定 (胡名霞，2001)。

Inglin and Woollacott (1988) 發現站立拉推桿時，老年人與年輕人拉推桿動作，對於下肢與軀幹的姿勢肌反應型式，會受年齡差異的影響，並且動作肌與姿勢肌的反應時間，老年人明顯地產生延遲現象。由此得知，老年人仍然會產生預期姿勢控制，但由於姿勢肌活化的時間較為緩慢，所以必須使用更不穩定的平衡策略來維持平衡，因此也增加發生跌倒的機率。

(五) 感覺策略

感覺策略係指個體如何比較、選擇、與整合有關身體姿態控制的訊息，使身體姿態能達穩定的目的。身體姿態控制的過程中，中樞神經系統接收視覺、身體覺、與前庭覺，提供不同的參照標準 (frame of reference)，以協助中樞神經系統選擇、驅動 (trigger) 與控制適當的身體反應，例如，坐於

車中觀看外面行進的車輛，會感覺是自己在行進，係因中樞神經系統分別接收視覺、前庭覺與身體覺的訊息，訊息當中視覺與前庭覺及身體覺是相互矛盾，此時感覺策略是偏重於視覺訊息時，則會認為自己在行進。反之偏重於前庭覺與身體覺時，則認為自己未行進，而是外面車輛在行進。(Runge, Shupert, Horak, & Zajac, 1999; Shumway-Cook & Woollacott, 2001)。

年齡效應的研究發現，7歲以下的兒童於剝奪視覺訊息的情境常發生跌倒，成年人僅身體略為晃動，結果顯示視覺訊息對兒童比成年人來的重要，也就是說兒童的控制姿勢所採取的感覺策略以視覺為主 (Lee & Aronson, 1974; Lee & Lishman, 1975)。另外不同的感覺訊息有不同的功能，像前庭覺主要的功能在於提供身體姿態控制的修正，而身體覺是改變姿勢因應或改變肌肉收縮順序 (Allum, Honegger, & Schicks, 1994; Horak et al., 1989; Runge, Shupert, Horak, & Zajac, 1999)。Allum and Pfaltz (1985) 即發現，當閉眼站立於往上旋轉的平台時，由於平台對腓腸肌的牽扯而引發腓腸肌收縮，應該是會向後跌倒，但由於前庭系統訊息進行修正作用，使脛前肌收縮將身體向前，所以達到平衡。

因此人體要能正確知道身體在空間中的位置，必須整合這三種感覺系統的訊息，並依不同情境與工作而選擇偏重於某一訊息來源。

(六) 適應機制 (adaptive mechanisms)

人體身體姿態控制除了內部機制之外，也受外在環境或經驗與練習的

影響，因此適應機制係指人體適應外在環境之後所產生的姿勢反應，主要受情境的影響。

Cordo and Nashner (1982) 發現，實驗參與者倚靠一根高於胸部的橫桿再進行拉推桿測試，實驗參與者的預期姿態控制反應會大幅降低。此外，Svesstrup et al. (1991) 以站立姿態同時進行端水與維持平衡二項工作，結果發現手部的動作肌並不會與腿部的姿勢產生衝突或是干擾，也就是手臂和腿部的肌肉協同作用是分別受控制的。另外，當人體連續受到相同振幅的干擾時，再從中穿插一個較小振幅的干擾時，所引發的姿態反應會比一般接受較小振幅干擾所產生的反應來得大，但當人體預期這干擾為較小時，反應也相對來得小，這是因經驗產生的預期性姿態控制能力改變。相同地當連續接受相同振幅的干擾，反應幅度會逐漸減小，這是受練習的影響，產生對干擾的適應能力。

第二節 視覺訊息依賴相關文獻探討

老年人感覺系統衰退對身體姿態控制所造成的影響，一直是研究的主要課題之一。過去研究發現，老年人控制身體姿態相較於年青人，對視覺訊息有較多的依賴，亦指老年人偏重於視覺訊息回饋於身體姿態控制。因此這種現象為何產生？以下將由，一、何謂視覺訊息依賴？二、視覺訊息

依賴成因相關文獻探討，分別探討之。

一、何謂視覺訊息依賴？

視覺訊息依賴係指控制身體姿態穩定的過程，偏重於視覺訊息回饋於調整控制，以達身體平衡的目標 (Marjorie et al., 1996)。此種現象於 Sheldon (1963) 研究結果發現視覺訊息對老年人控制身體姿態穩定的影響為最大，一旦視覺回饋改變或受干擾，老年人身體擺動情形將會明顯增加，但相較於年青人並無此種現象產生，之後相關研究也都證實老年人會偏重使用視覺訊息於控制與調整身體姿態穩定與平衡。

二、視覺訊息依賴相關文獻探討

從 Sheldon 於 1963 的研究發現之後，就有不少研究針對此現象進行驗證與探討產生原因。形成因素探討可分二個方向，其一針對年齡進行研究，探討是否為年齡所造成？另一則反證不是年齡所造成，而是有其他原因所影響，以下從這二方向進行探討。

(一) 年齡方面

Woollacott, Shumway-Cook, and Williams (1989) 以兒童進行研究，利用可移動的房間，讓站立於房間的兒童進行許多不同的視覺情境。結果發現，有 82% 的兒童會隨著房間的移動而產生相同方向的擺動或發生跌倒，這顯示兒童有能力知覺環境的變化進而調整身體的平衡，另一觀點也認為兒童

在身體姿態控制受視覺的影響，較身體覺或前庭覺為大。換句話說，兒童時期比較依賴視覺訊息於身體姿態控制。

臨床上，Dornan, Fernie, and Holliday (1978) 針對 39 名下肢部位截肢的失能者與 105 名無失能的人，進行視覺與靜態平衡能力的研究，結果發現，張眼時身體擺動軌跡 (locus of sway) 失能者與無失能人是相同的，但在張眼與閉眼的擺動比值，失能者與無失能者有差異，不過各組內不同年齡層的比較，失能者與無失能者在張眼與閉眼的擺動比值卻沒有差異。由此顯示，各組不同年齡內並沒有發現視覺依賴的現象，但在失能者可能因本體感覺受損，以致產生視覺依賴的現象。Marjorie et al. (1996) 直接驗證視覺訊息依賴沒有年齡差異，以年青人組、健康老年人組與平衡功能損傷的老年人組，進行多種視覺情境操弄，測量身體擺動情形。結果發現，年青人與老年人沒有顯著差異，顯示視覺依賴不受年齡影響。

(二) 非年齡原因

Dornan et al. (1978) 的研究除了驗證視覺訊息非年齡所造成，亦發現失能者存在視覺訊息依賴，此結果是否意謂視覺訊息依賴是因身體姿態控制相關系統變化而產生。因此，Bronstein (1986) 以橡皮帶束住下肢，阻斷下肢的身體感覺，檢測年青人身體姿態控制的表現。結果發現，年青人會因本體感覺剝奪的影響，身體姿態控制表現有些許下降，當視覺訊息也被剝

奪時，身體將出現很大的擺動。結果並未支持視覺訊息依賴受身體姿態控制系統能力的影響，不過亦指出年青人缺乏單一感覺訊息並不足以影響身體姿態控制，不過缺乏二個以上將無法有效地進行身體姿態控制。

Magnusson, Enbom, Johansson, and Pyykkö (1990) 則讓 13 名成年人 (19 歲至 35 歲) 的足部浸泡於冰水，使足部因冰冷而麻痺，並進行站立平衡測試，探討喪失本體感覺對身體姿態控制的影響。結果發現，足部浸泡冰水時的身體擺動速度比沒有冰水浸泡時要大，顯示本體感覺喪失造成身體姿態控制能力下降，並且在閉眼情境身體擺動速度更為增加。

除了感覺系統的操弄之外，胡名霞與林慧芬 (1994) 以感覺整合能力進行研究，瞭解是否因感覺訊息整合能力的衰退，造成無法有效地運用其他訊息進行補償，而產生視覺訊息的依賴。63 名不同年齡層男、女性為實驗參加者，進行單腳站立與一套平衡感覺交互作用的臨床測試法 (Clinical Test of Sensory Interaction Balance, 簡稱 CTSIB)，評估身體站立的穩定度。實驗結果顯示，老年人在不同感覺訊息情境，身體穩定度比中年組與年輕組差，代表老年人的感覺整合能力衰退。並且，老年人於視覺干擾或剝奪情境，身體穩定顯著差於中年組與年輕組，因此顯示老年人感覺整合能力衰退是視覺訊息依賴的形成原因。

綜合以上文獻發現，視覺訊息依賴並非因年齡增長而產生，影響因素皆指向身體姿態控制的相關系統，並且從身體姿態控制與老化的研究亦發

現，隨著年齡增長各系統能力皆逐漸衰退，由此更有力地支持此論點。不過對於視覺訊息依賴產生機制的實證研究尚未充足，並且未有明確的的結果，因此有關這方面的研究是值得進一步探討。

第三節 老年人身體活動與身體姿態控制相關文獻探討

身體活動與身體姿態控制是老年學重要的議題之一，無論是預防老年人跌倒或是增進老年人健康都有其重要性。以下探討身體活動的概念與其重要性，最後探討身體活動與身體姿態控制的關係。

一、 身體活動的概念與重要性

推廣動態生活方式是健康促進相關領域重視的議題，推廣手段主要有提昇日常生活的身體活動 (physical activity) 量與參與健身運動 (exercise)，因此瞭解身體活動與健身運動當中獨特的性質與意涵有其重要性。身體活動係指“任何藉由骨骼肌驅動，產生能量消耗的一切身體動作 (Caspersen et al., 1985, p. 126)”，因此除了常見的運動之外，舉如做家事、照顧他人、外出購物都在身體活動的範圍內。健身運動則屬於身體活動的範疇內，定義具有身體活動的特性之外，還需具備改善和維持體適能的目的，並具有計畫性、有組織性與重複性的特質 (Caspersen et al., 1985; Willis, & Campbell, 1992)，所以需考量其運動方式、持續時間、活動地點、與有無

領導者與同伴等因素 (卓俊伶、馮木蘭, 2005), 因此老年人常見的健身運動有如, 游泳、健走、慢跑、與從事武術相關團體等具有高結構性的身體活動項目 (陳肇男, 2003; 林佳蓉, 2000)。

美國健康與人類服務部 (Department of Health and Human Services) 於 1996 年出版的「身體活動與健康」報告書中, 提醒身體活動對健康的重要性 (U.S. Department of Health and Human Services, 1996) 開始, 身體活動一直是受矚目的焦點。報告書提出身體活動對健康與疾病的影響, 包含以下十點: (1) 身體活動愈高, 整體死亡率愈低; (2) 身體活動有助降低心血管疾病造成的死亡率; (3) 身體活動有助於降低罹患結腸癌; (4) 規律的身體活動具有降低罹患非胰島素依賴型糖尿病 (non-insulin-dependent diabetes mellitus) 的效果; (5) 身體活動有助維持關節的健康與控制骨關節炎的症狀, 但與骨關節炎的罹患並沒有相關; (6) 承載身體重量 (weight-bearing) 的身體活動有助骨質流失, 減緩骨質疏鬆的發生; (7) 身體活動有益肌力的改善, 可以降低老年人跌倒的發生; (8) 身體活動是體重控制的重要因素, 藉由身體活動可以有效地影響身體脂肪的分佈與降低過多的體重; (9) 身體活動有益改善沮喪與焦慮的症狀, 以及改善心情; (10) 身體活動可以改善心理福祉與提昇日常生活活動能力, 進而增進生活品質 (卓俊伶, 2005; U.S. Department of health and Human Services, 1996)。由以上十點發現, 身體活動的助益是相當全面性, 從疾病的預防、生理狀態的提昇、心理層面的改善,

直至生活品質皆有相當程度的幫助，由此可見身體活動的重要性。

二、 身體活動、健身運動與特殊訓練對身體姿態控制的影響

老化是生物體無可避免的過程，隨著年齡增長，身體姿態控制能力受次系統功能的下降，產生身體姿態位置判斷能力減退與反應時間延長，降低身體抵抗外力干擾的能力。但這些現象並非無法改變，過去許多研究已證實，老年人參與有計畫架構的健身運動，例如走路、跳舞、阻力性健身運動、太極拳、與力量訓練等課程，可以有效改善老年人的肌力、耐力、柔軟度，並且對平衡相關的測驗皆獲得進步，有效預防跌倒與失能的發生 (Brown & Holloszy, 1993; Cress et al., 1999; Hong et al., 2000; Judge, Lindsey, Underwood, & Winsemius, 1993; Lazowski et al., 1999; Tse & Bailey, 1992; Wolf et al., 1996)。

另外，針對身體平衡所設計的訓練模式也具有相同的效果。例如，以單腳閉眼站立訓練老年人的靜態平衡能力，結果發現，訓練前與訓練後的平衡能力獲得改善 (Ledin et al., 1990)。而 Hu and Woollacott (1994) 以感覺整合 (sensory organization) 方式進行老年人身體姿態控制的訓練，結果發現，訓練組在感覺訊息剝奪的情境，身體晃動的頻率低於控制組，而站立的時間則比控制組來得長，所以此種訓練有助於老年人身體姿態控制能力。

除了健身運動與特殊訓練之外，研究亦指出保持較高的身體活動量，也可以改善身體姿態控制能力、預防跌倒與骨折的發生。Perrin et al. (1999)

指出，規律從事身體活動或健身運動的老年人，平衡表現最佳並且可以減少跌倒的發生，而較低的身體活動或不運動的老年人，平衡表現則最差。除此之外，剛從事運動的老年人，其平衡表現也優於較低身體活動或不運動者，以及曾運動但已停止的老年人，這顯示老年人平衡能力會因運動而立即獲得改護，因此無法規律運動或保持每天高身體活動量的老年人，應該在每隔一段期間內就要進行運動，如此將可延緩平衡能力的衰退。

近年來學者的研究證實，身體活動是促進健康提昇生活品質的有效方法。身體活動除了預防疾病罹患，對老年人常發生跌倒也有顯著地改善，無論是運用特定層級的技術，或以提昇日常身體活動量，或參與健身運動的方式，皆可改善身體姿態控制能力。依系統理論的觀點認為，身體活動提昇平衡相關系統能力，例如，下肢肌力、反應時間、感覺系統能力，進而幫助身體姿態控制能力的改善。

第四節 文獻探討總結

系統模式提供一個解釋與說明身體姿態控制的架構，根據此架構發現身體姿態控制是相當複雜的動作，因此老年人姿態控制能力的衰退並非由一個因素足以造成。相同地系統模式也提供說明老年人身體姿態控制衰退的機制，可以清楚瞭解原因所在。對於老年人視覺訊息依賴的現象，目前

雖然尚未有研究明確指出其產生機制，但由相關研究認為應是身體姿態控制相關次系統功能衰退，以至產生補償作用而偏重於視覺訊息，此解釋亦符合系統模式的觀點。

過去研究大多以健身運動或特定的訓練課程方式，探討對老年人身體姿態控制的影響，雖然此種研究方式可以找出有效改善老年人身體姿態控制的健身運動或特定訓練課程，但在實際應用上卻有其限制，因為並非所有地區與族群都有相同的條件可以從事健身運動或參加特定訓練課程，因此探討身體活動與老年人身體姿態控制之間的關係是值得討論的課題。除此之外，老年人對視覺的依賴顯示偏重於單一感覺訊息的危險性，如能改善老年人視覺依賴將有助降低跌倒的發生。因此從身體活動相關研究發現，藉由身體活動可以有效改善平衡，但這當中是否也一併對視覺依賴加以改善呢？值得本研究進一步探討，況且有關老年人視覺訊息依賴現象與身體活動的相關研究相當缺乏，因此探討老年人視覺訊息依賴與身體活動之間關係有其重要性。

第五節 假說

根據研究問題與以上的文獻探討發現，身體活動、視覺訊息、與體姿態控制有關，並且提昇身體活動可以改善老年人身體姿態控制與相關次系

統能力。因此以系統模式的觀點為基礎，針對研究問題提出以下假說：

假說一：老年人在身體姿態控制中，身體活動量與視覺訊息有交互作用。

假說二：高身體活動量的老年人，視覺訊息依賴程度顯著低於低身體活動量的老年人。