

第貳章 文獻探討

本章內容共分為六節加以探討及陳述，第一節、全球高齡化之趨勢與國內現狀探討；第二節、影響人體平衡能力之相關因素；第三節、老化與平衡能力之相關研究；第四節、跌倒與平衡能力及下肢肌力之相關研究；第五節、運動訓練對平衡能力及下肢肌力之相關研究；第六節、水中有氧運動的生理作用及效果。

第一節、全球高齡化之趨勢與國內現狀探討

人口(population)之消長與分佈乃是代表整群人經歷人口的快速成長(rapid growth)、緩慢成長(slow growth)、零成長(zero growth)等遞變過程，而逐漸邁向負成長(negative growth)的老化結果(孫得雄，1997)。人口的改變是人口學(demography)之核心議題，並與該國之開發程度(development degree)息息相關，所以人口群的改變涉及國家整體政治、經濟、健康衛生以及社會生活發展等多重複雜層面(李世代，2003)。全世界隨著社會經濟結構的改變、生活水準的提高、以及醫療衛生保健的發達，人口死亡率降低，壽命延長，並加上世界各地於第二次世界大戰後(1960 後)普遍出現高生育率(high fertility rate)，人口呈現快速增長之情況，稱為戰後嬰兒潮(postwar baby boom)，如今該嬰兒潮之世代逐漸步入中老年期，約於 10 年至 15 年後將陸續進入老年期，加速人口老化之衝擊，使得老年人人口比率大幅增加，所以在人口策略佔有相當重要的一部份。世界衛生組織(WHO)將滿「65 歲以上的人」界定為「老年人」。聯合國將「高齡化社會」之標準訂定為-老年人口佔全國人口的 7%以上(李世代，2003)。由表 2-1-1 (孫得雄，1997)可以感受到「全球高齡社會化」時代的來臨。

表 2-1-1 世界主要國家人口老化之推估及比較

國家	65 歲以上人口達到 7% 及 14% 之年代		老年人口由 7% 提高到 14% 所經歷之年數
	7%	14%	
臺灣	1993	2020	27
法國	1865	1990	125
瑞典	1890	1970	80
德國	1930	1975	45
英國	1930	1975	45
美國	1945	2010	65
日本	1970	1995	25
中國	1999	2028	29

資料來源:內政部統計處(2003)

由表 2-1-2、表 2-1-3 及表 2-1-4 得知，目前臺灣地區人口結構之分佈及未來人口結構推算，臺灣地區於 1993 年老年人口比率正好佔全國人口 7.10%，已經超過聯合國訂定高齡化社會 7% 之標準，已經正式進入高齡化社會。

表 2-1-2 臺灣地區歷年人口結構分佈表

年齡	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
0-14	44.4	44.4	40.1	35.8	32.4	29.9	27.3	24.1	21.3
15-64	53.2	53.0	57.0	60.8	63.4	65.2	66.6	68.4	70.2
65+	2.4	2.6	2.9	3.4	4.2	4.9	6.1	7.5*	8.5*

*代表老人比率大於全國人口 7%

資料來源:內政部統計處(2003)

表 2-1-3 臺灣地區近年人口結構分佈表

年別	總人口數	0-14 歲	15-64 歲	65 歲以上	老年人佔總人口(%)
1990 年底	20,401,305	5,525,365	13,607,309	1,268,631	6.22
1991 年底	20,605,831	5,427,150	13,833,252	1,345,429	6.53
1992 年底	20,802,622	5,361,374	14,025,142	1,416,133	6.81
1993 年底	20,995,416	5,279,705	14,224,910	1,490,801	7.10*
1994 年底	21,177,874	5,169,581	14,445,937	1,562,356	7.38*
1995 年底	21,357,431	5,076,083	14,650,294	1,631,054	7.64*
1996 年底	21,525,433	4,982,543	14,851,282	1,691,608	7.86*
1997 年底	21,742,815	4,914,280	15,076,479	1,752,056	8.06*
1998 年底	21,928,591	4,815,400	15,302,960	1,810,231	8.26*
1999 年底	21,092,387	4,734,596	15,492,319	1,865,472	8.84*
2000 年底	22,276,672	4,703,093	15,652,271	1,921,308	8.62*
2001 年底	22,405,568	4,661,884	15,770,327	1,973,357	8.65*
2002 年底	22,520,776	4,598,892	15,890,584	2,031,300	9.02*
2003 年底	22,604,550	4,481,620	16,035,196	2,087,134	9.23*

*代表老人比率大於全國人口 7%

資料來源:內政部統計處(2003)

由表 2-1-3 可得知，臺灣地區老人人口已經達到 9.23% 之高比率。由表 2-1-4 可以推估臺灣地區於 2020 年將達到 14% 之高齡化社會，甚至於 2027 年將會超過 20% 之老人人口比例，臺灣地區之高齡化趨勢顯示老人的問題的確值得行政當局及研究者重視。

表 2-1-4 臺灣地區未來人口結構推估表

年別	總人口數(*1000)	0-14 歲(%)	15-64 歲(%)	65 歲以上(%)
2008	23,232	18.24	71.61	10.15*
2018	24,124	15.79	70.43	13.78*
2019	24,190	15.66	69.91	14.43*
2026	24,481	14.76	65.90	19.34*
2027	24,485	14.64	65.32	20.04*

*代表老人比率大於全國人口 7%

資料來源:內政部統計處(2003)

老人百分比增加會產生諸如慢性病盛行率高、失能人口增加、醫療支出增加、社會成本增加等等社會問題。肉體生命的延長令人感到可喜，但是更重要的是生活品質的維持，只有減少疾病對健康的威脅，且擁有能夠獨立生活的能力，這樣的長壽才有意義，生命才有尊嚴(李世代，2003)。

老化(aging)是人類生理機能隨著年齡增加而逐漸退化的自然過程，是一種正常但不可逆的持續過程，老化的過程中也隨著遺傳、生活因素或慢性病...等等許多因素而有所不同(Busse, 1969)。生理性的老化開始於組織器官成熟的階段，並不是只有發生在老人身上，依據 Roberts 等人(1997)研究發現，人類生理機能在 25 歲之後逐漸開始老化。所有的成人都有不同的老化現象，老人只是老化的最後階段。

老化的過程中，包括許多生理機能之減退，包括:心血管結構與功能、心跳率、血壓、最大攝氧量、肌肉組織、心肺系統功能、關節柔軟度、身體組成、呼吸循環系統、骨骼系統、代謝系統、神經系統、平衡感覺功能、反應時間、免疫系統...等等功能的老化衰退(Roberts 等人,1997)。

隨著現代家庭的結構已經變化許多，已從以往的大家庭轉換成小家庭

模式，獨居老人已經越來越多。老年人之居家生活、環境安全及醫療需求逐漸成為重視及熱烈討論中的話題。依據 2001 年行政院統計處之資料指出，台灣地區老年人長期居住於老人安養照護或老人公寓的人數高達 2.4 萬人，缺乏生活自理能力，就醫比率極高，造成社會醫療資源之負擔增加。根據衛生署(2000)資料，臺灣地區國民醫療保健支出中，門診中 65 歲以上老人花費高達 537 億元，佔健保門診的 24%，而住診中老人花費 403 億元，佔健保住診費用四成左右。老年人在 2000 年佔人口比率 8.62%，但是在全部醫療資源中，老年人之花費就佔了三成左右。依據 2000 年國民醫療保健支出，國人門住診平均花費也以 65 歲以上老人每人 60,432 元為最高。由此可知，老人之健康與否，將會影響整個國家的社會成本及醫療資源之應用。

第二節 影響人體平衡能力之相關因素

平衡能力(balance)屬於姿勢控制(postural control)中很重要之部份。Horak(1991)提出，姿勢控制是控制身體於重力作用之空間裡以達到穩定(stability)和定位(orientation)的目的。胡名霞(2001)並提出之姿勢控制的七大系統:肌肉骨骼系統(musculoskeletal)、神經肌肉系統(neuromuscular)、個別感覺系統(individual sensory)、感覺策略(sensory strategies)、預期機制(anticipatory mechanisms)、適應機制(adaptive mechanisms)及內在呈現(internal representation)。

Allison(1995)提出，平衡能力是將身體重心持續維持於支撐底面積之一種能力，分為靜態平衡(static balance)及動態平衡(dynamic balance)兩種。靜態平衡是指地面不動、支撐底面積亦不移動之情形下，身體維持某種固定姿勢一段時間的能力，如:站立、單足站立及倒立等;動態平衡即是指地面或支撐底面會改變移動之情況下或當身體在空間中移動時，能維持控制身體姿勢的能力，如站在晃動的船上、走路或跑步。

Burton & Miller(1998)指出，重心是人體平衡中相當重要之因素，控制重心的能力直接影響平衡能力之表現，依其重心在運動之過程而言，平衡分為靜態平衡及動態平衡;靜態平衡是維持身體靜止時的平衡，而動態平衡是維持身體在移動狀況下之平衡。

De Oreo & Keoch(1980)將平衡能力分成四種:(1)姿勢平衡(postural balance)，指身體保持與地球上重力平衡關係的能力，一個人要維持平衡，支撐點必須在重心線上，否則不是跌倒就是必須要有立即的補救動作。(2)靜態平衡(static balance):即身體不動時，維持身體某種姿勢一段時間的能

力，如站立、單足站立、倒立、站在平衡木上維持不動，或雙手倒立動作，皆屬靜態平衡。(3)動態平衡(dynamic balance):指身體在空間移動時，維持控制身體姿勢的能力，動作中的重心不斷地改變，是移動性及操作性動作的主因。如彈簧床、特技與游泳等都需要這種平衡能力。(4)技巧平衡(skilled balance):如體操運動員所表現出來的技巧性及結合複雜動作之平衡能力。

影響平衡之能力有許多因素，包括:

1.前庭(vestibule):

內耳因形狀複雜叫做迷路(labyrinth)，由骨性迷路(bony labyrinth)及膜性迷路(membranous labyrinth)所組成。骨性迷路之中央部份稱作前庭(vestibule)，由前庭處向內延伸似蝸牛般稱為耳蝸(cochlea)，而前庭上方有三個骨性半規管(bony semicircular)。膜性迷路由橢圓囊(utricle)、球狀囊(sacculle)、耳蝸管(cochlear duct)及三個膜性半規管(membranous semicircular)組成 (王錫崗，1994)。

偵測身體靜態平衡之構造主要是球狀囊及橢圓囊，有對重力和線性加速度敏感之受器。其聽斑受器(muculae)含有平衡接受器，均由毛細胞(hair cell)所組成。斑受器位於礦物結晶薄膜之內耳石(otoconia)下，正常位置時，內耳石就座落在斑頂上，它們重量在斑表面上壓下，一但當身體姿勢改變時，管腔內淋巴液跟著晃動，聽斑內之毛細胞亦隨著擺動，引發神經衝動，由前庭神經傳導以控制平衡(彭英毅，1992)。

偵測身體動態平衡之構造主要是三半規管，是三根輪狀的細管，上半規管、後半規管與外側(水平)半規管排列互相呈垂直狀態，分別負責三個不同方向的運動平衡訊息，能感受旋轉運動的速度及告知身體的位置。在骨性半規管裡面還有膜性半規管，其間間隔著外淋巴液。每個膜性半規管中含有內淋巴液，並且和骨性前庭內的橢圓囊相連結，在它和橢圓囊接合

處附近的半規管會膨大成壺腹(ampulla)，壺腹內的毛細胞和其支持細胞合稱壺腹嵴(crista ampullaris)，為平衡感覺的接受器。壺腹嵴受到半規管內淋巴液流動的刺激，構成身體動態平衡機制。當身體移動或頭部轉動時，膜性半規管中的內淋巴液會隨頭部的活動而流動，同時刺激壺腹嵴，使得聽覺神經的前庭分支產生衝動，傳至腦部，再傳至適當的骨骼肌，以維持身體的平衡 (彭英毅，1992)。

2. 視覺(vision):

Lee & Lishman(1975)研究發現，在視覺剝奪(閉眼、戴眼罩)或視覺改變(帶頭罩、虛擬實境)的情況下，站立穩定性皆明顯下降，此顯示視覺對維持姿勢的穩定度相當重要。由於7歲以下的兒童常在視覺刺激的情況下跌倒，而成人僅僅只是略為搖晃，因此認為視覺對兒童的姿勢控制特別重要(胡名霞，2001)。

Ritchter(1980)指出，對老年人而言，前庭覺的喪失是老化特徵之一，隨著年齡之增加，半規管內之毛細胞數目減少、前庭神經元衰老、導致前庭興奮性逐漸減少，導致前庭覺的功能退化，此時就必須依賴視覺之功能，所以視覺對老年人是相當重要的平衡身體因素之一，老年人常常跌倒的原因，常常是因前庭覺失去功能再加上視覺之老化所造成。

3. 身體感覺(somatosense):

身體感覺包括關節與肌肉的本體接受器(proprioceptor)、位於身體表皮層的感覺接受器及壓力接受器。體感覺可以告知關於身體位置、肢節相對位置、支撐面與身體的相對關係等等訊息(胡名霞，2001)。

Peterka(1990)以年齡介於 7 歲至 81 歲之 214 位為受試者，分別接受正常組、視覺改變組(旋轉視覺環境)及視覺限制組(閉眼)，以感覺系統測驗以探討視覺之改變對身體搖擺之影響及與年齡之相關。研究發現，開眼及閉眼的視覺限制並無隨著年齡有身體擺動之增加。55 歲以上的老年人較年輕人容易受到視覺改變之影響，導致身體搖擺明顯大於年輕者。研究並指出，老年人較多以身體感覺以維持身體平衡。

4. 骨骼肌肉系統(musculoskeletal system)

Izquierdo 等人(1999)研究發現，其骨骼肌肉能力與平衡能力有顯著相關。以 32 位健康男性為受試者，分成三組:20 歲組 12 位(平均 21 歲)、40 歲組 10 位(平均 40 歲)及 70 歲組 10 位(平均 71 歲)，分別接受腿部最大等長收縮:測力板上作蹲跳(squat jump, SJ)、反向跳(counter movement jump, CMJ)及立定跳(standing long-jump, SLJ);受試者並於測力板上接受平衡測試。研究結果，老年人的下肢肌肉等長收縮明顯小於 40 歲組及 20 歲組($p<.001$)，甚至約為 20 歲組的 46%。研究亦發現，其最大肌力產生速率(the maximal rate of force development)明顯小於 40 歲組及 20 歲組($p<.001$)，約為 20 歲組 64%。研究指出，老年人隨著老化之過程，肌肉系統明顯下降，平衡能力亦明顯減弱，顯示骨骼肌肉系統與平衡能力之間有顯著相關。

Doubney(1999)以 50 位年齡介於 65 至 91 歲之老年人(平均年齡 74.8 ± 6.1 歲)為受試者，分成兩組:平衡不良組(11 位曾經無故跌倒)及無跌倒病史組。所有受試者接受三種不同的平衡測試法:柏格平衡量表(Berg Balance Scale, BBS)、靜態伸展測驗(Functional Reach Test, FRT)，起身走步測試 (Get Up & Go Test, GUG)，並接受下肢肌力測試，以探討下肢肌力與平衡能力之間是否相關。研究結果發現，平衡能力不良組於下肢肌力之結

果皆顯著低於無跌倒病史組。研究推論，下肢肌力與平衡能力有極大相關，且其肌力指數可以較正確推斷功能性平衡能力。

5.肌肉運動覺(kinesthesia):

包含許多特殊的性質，不論是靜態或動態的方向感、平衡感、位置感等等(Cratty & Hutton, 1969)。Singer(1968)指出，是由末梢神經和中樞神經統合，對身體在空間的位置和平衡提供內在的指引(范姜逸敏，2001)。如頸部肌肉伸展感受器所獲得知訊息指出頭該轉向何方、肌肉和關節伸展感受器隨著下肢的動作作出反應、或是腳部的觸覺感受器查出腳底所踩的表面種類，並將衝動傳至大腦。

綜合以上文獻，可以發現平衡能力是受到許多複雜的生理機制所影響控制，包括前庭覺、視覺、本體感覺、骨骼肌肉系統、肌肉運動覺等等很多因素。

第三節 老化與平衡能力之相關研究

何謂老化?學者 Medvedev(1990)提出,對老化(aging)之分類有三個理論:較高等的有機體為其精密複雜的構造所造成的代價(wear and tear theories)、適應性的進化理論(adapted evolutionary theories)及自然選擇的間接作用(non-adapted evolutionary theories)。而 Buss(1969)則認為老化是人類發展中必經的一段人生過程,分為常態性老化(primary aging),又稱原發性老化;另一過程則是次發性的老化(secondary aging),又稱為病態性的老化。

Brook 和 Fahey(1984)研究認為老化是指身體內部調節能力下降和生理控制系統能力變差,會產生抵抗力變弱、反應變慢、工作能力降低、身體組織結構恢復能力變差。而老化的過程中亦會影響平衡能力,以致老人跌倒事件層出不窮。

國外的研究報告(Downton,1993)顯示,65歲以上之高齡者,每年約有三分之一至二分之一的人會有跌倒事件發生。黃子庭與廖秀珠(1993)針對臺北市100名65歲以上居家老人的調查顯示,跌倒之盛行率約為51%,且其有跌倒經驗者,再次跌倒者佔39.2%。Winter(1995)之研究發現,70-80歲之高齡者因跌倒後產生併發症導致死亡之比率高過於車禍死亡,尤其在80歲之後更遠高於車禍死亡,且達8倍之多。Poor(1995)提出,跌倒是影響老人健康及獨立生活之重要危險因子,研究顯示出由跌倒所引起的髖關節骨折是一般人7倍之多,25%在半年內會死亡,另外50%之老人在髖關節骨折後便不再獨立走路,並且需要靠輪椅代步或在家臥床。由以上可知,跌倒除了影響老人健康之外,對老人之心理上更造成影響,因為害怕跌倒,反而讓本身面對更容易跌倒的狀況(Downton,1993)。

Nicken(1985)在老年人跌倒的內在因素之研究報告中指出,老年人跌

倒後死亡率會顯著的上升，且對身體之功能有明顯的損傷，並影響生活之品質。應該視老年人跌倒為身體症狀之一，並且盡量找出發病之原因，並給予老人適當的運動訓練以加強其肌力和平衡能力，可提高跌倒發生時的反應能力，減少骨折所產生骨折的可能性。

胡名霞與林慧芬(1994)利用單足站立測驗及感覺互動與站立平衡臨床測試法(clinical test of sensory interaction balance, CTSIB)以評估站立平衡之穩定度。以 63 名不同年齡層之男、女性為受試者，實驗發現老年人在站立平衡之穩定度比年輕人與中年人差，意味老年人之感覺統合有下降趨勢，是影響老年人跌倒之重要因素。

Izquierdo 等人(1999)以 32 位健康男性為受試者，分成三組:20 歲組 12 位(平均 21 歲)、40 歲組 10 位(平均 40 歲)及 70 歲組 10 位(平均 71 歲)，以了解年齡在以視覺矯正身體平衡上是否有所差異。研究發現，70 歲組在視覺矯正平衡的反應時間上比 40 歲組慢 24%，比 20 歲組慢 47%，此研究可知，隨著年齡之增加，平衡能力隨著老化過程而退化。

Matheson 等人(1999)以 75 位不同年齡層的人為受試者，分成三組:18-39 歲組 24 位、40-59 歲組 24 位以及 60 歲以上組 27 位，以了解老化對人體姿勢控制功能之影響。研究發現，隨著年齡增加，其身體姿勢不穩定之情況有明顯增加($p<.01$)，而且發現隨著其難度增加，其差距更加明顯($p<.01$)，而同年齡之男性比女性較差($p<.05$)。研究推論，中樞與周圍迷路平衡系統退化與年齡有明顯相關，這也說明老年人之所以會有相當高的跌倒發生率的原因。

由以上文獻得知，平衡能力及姿勢的穩定度隨著年齡增加而減低，如何降低老化過程中平衡能力之退化是重要的課題。

第四節 跌倒與老年人平衡能力及下肢肌力之相關研究

老年人的跌倒大致分成兩部分:第一種屬於外因性，即因為種種外在環境因素影響而讓老人產生跌倒；第二種則是屬於內因性，就是因本身平衡能力差、肌力不足或是前庭功能降低而造成無法保持身體平衡或是無法控制身體，所以造成跌倒之狀況(Neberg & Gustafson, 1995)。

國外的研究報告(Downton,1993)顯示，65 歲以上之高齡者，每年約有三分之一至二分之一的人會有跌倒事件發生。黃子庭與廖秀珠(1993)針對臺北市 100 名 65 歲以上居家老人的調查顯示，跌倒之盛行率約為 51%，且其有跌倒經驗者，再次跌倒者佔 39.2%。

肌力指的是身體某部位肌肉在抵抗重量或是阻力所能發揮的收縮力量，尤其對老年人應付日常生活所需更形重要。Lewis(1985)指出，因為老年人肌力減退、柔軟度降低、姿勢不良及反應變慢，以致步伐或步態不穩而跌倒，造成意外傷害之比率隨年齡增加而增多。藍青(1996)指出，一般人肌力大約於 25 歲達到最佳，每 10 年就減少約 1%，尤其在 50 歲之後更迅速減少。

肌肉功能隨著老化而退化，身體脂肪及肌肉關節之僵硬卻隨著年齡增長而增加，這些變化使老年人的健康和身體狀況每況愈下，如活動變慢、作功能力變差，關節組織活動範圍變小(Brook, & Fahey, 1984)。由於老年人隨著年齡增加所帶來的肌力衰退和活動範圍減少，使的老年人在平衡能力表現較年輕人差。

Klein(2001)以 20 位年輕男性(20-26 歲)及 13 位老年男性(75-87 歲)作為研究對象，使用磁振造影(MRI)測量肌肉生理橫斷面(PCSA)，並且測手臂屈肌和伸肌的最大自主收縮力(MVC)，以進一步來分析老年人肌力降低與

PCSA 之關係。結果發現，老年組的 PCSA 比年輕組低了 11%，而且肌力的 MVC 比年輕組低了 30%，並推論 PCSA 之下降可以解釋老年人肌力下降之原因。

陳昭瑩等人(1994)以 Cybex 350 等速肌力儀為實驗工具，對台灣中老年男性膝關節之等速肌力進行實驗，研究發現 60 歲以上老年人組之伸肌肌力下降至年青男性的 65-75%，其膝屈肌肌力則下降至 75-85% 左右。

Izquierdo 等人(1999)研究發現，其骨骼肌肉能力與平衡能力有顯著相關。以 32 位健康男性為受試者，分成三組:20 歲組 12 位(平均年齡 21 歲)、40 歲組 10 位(平均年齡 40 歲)及 70 歲組 10 位(平均年齡 71 歲)，分別接受測試:測力板上作蹲跳(squat jump, SJ)、反向跳(counter movement jump, CMJ)及立定跳(standing long-jump, SLJ);受試者並於測力板上接受平衡測試。研究結果，老年人的下肢肌肉等長收縮明顯小於 40 歲組及 20 歲組($p < .001$)，甚至約為 20 歲組的 46%。研究亦發現，其最大肌力產生速率(the maximal rate of force development)明顯小於 40 歲組及 20 歲組($p < .001$)，約為 20 歲組 64%。老年人組不但在蹲跳、反彈跳及立定跳遠之表現差，在反應時間上，也比中年組慢 24%，比青年組慢 47%。研究推論，老年人隨著老化之過程，肌肉系統明顯下降，平衡能力亦明顯減弱，顯示骨骼肌肉系統與平衡能力之間有顯著相關。

Doubney(1999)以 50 位年齡介於 65 至 91 歲之老年人(平均年齡 74.8 ± 6.1 歲)為受試者，分成兩組:平衡不良組(11 位曾經無故跌倒)及無跌倒病史組。所有受試者接受三種不同的平衡測試法:柏格平衡量表(Berg Balance Scale, BBS)、靜態伸展測驗(Functional Reach Test, FRT)，起身走步測試 (Get Up & Go Test, GUG)，並接受下肢肌力測試，以探討下肢肌力與平衡能力之間是否相關。研究結果發現，平衡不良組於下肢肌力之結果皆

顯著低於無跌倒病史組。研究推論，下肢肌力與平衡能力有極大相關，且其肌力指數可以較正確推斷功能性平衡能力。

Tang, & Woollacott (1999)研究，讓老年人向前行走時的腳跟著地期，給予地面向前滑動之干擾，讓身體失去平衡而向後傾斜。研究發現老年人的肌肉開始收縮時間顯著較年輕人慢，此時老年人無法及時產生有效的身體控制平衡動作，需要靠上肢的動作來完成。此實驗可發現，人體老化時的肌肉量變少、肌纖維變細，而造成下肢肌力低下，造成在失去平衡時無法有足夠的肌力來預防跌倒。

Topper, Maki, & Holliday (1993)在其研究中，將干擾身體平衡之情形分為三種，以判斷老年人受到之干擾而發生跌倒之原因。分成支撐底面積受到干擾(base-of-support perturbation)、身體重心位置干擾(center-of-mass perturbation)及無干擾狀態(no-obvious perturbation)三種狀態。研究發現，支撐底面積受到干擾之情況有 54%，身體重心位置干擾佔 32%，無干擾情形 14%，由研究發現，老年人在支撐底面積改變或是受到干擾時，如起身離開或是跨越障礙等等支撐底面積改變狀況下，最容易發生跌倒。

由以上學者之研究，顯示出跌倒的發生率與平衡能力之好壞和肌肉系統之優劣有顯著之相關。

第五節 運動訓練對老年人平衡能力及下肢肌力相關研究

Day 等人(2002)提到對居家老人的危險因素而言，包括：肌力減少、平衡能力減弱及家中過多的障礙物。此研究以 1090 位(男 438 位，女 652 位，平均年齡 76.1 歲)超過 70 歲之澳洲老年人為受試者，利用三種不同的預防跌倒方法介入老年人之生活中，包括：(1)肌力及平衡運動方法(strength and balance)：受試者持續 15 週，每週參加一次 1 小時的運動課程以及每日在家中運動，由物理治療師設計合適的運動以改善柔軟度、腿部肌力及平衡能力，且運動課程內容的 30-35% 為平衡能力之改善課程。(2)住家危險來源管理(home hazard management)：有專業的住家管理課程及專家為老年人改善住家環境，只收費 54 美元。(3)視力改善(vision improvement)：視力低於標準之受試者必須接受醫師的矯正處理，若無接受矯正介入，則必須遵照澳洲驗光師協會之針對 40 歲以上之視力改善手冊上建議自行進行。依照三種不同方法分成 8 組：(1)肌力及平衡運動組；(2)住家危險來源管理組；(3)視力改善組；(4)肌力及平衡運動合併住家危險來源管理組；(5)肌力及平衡運動合併視力改善組；(6)住家危險來源管理合併視力改善組；(7)三者預防方法合併組；(8)控制組。實驗時間是由第一次跌倒之後連續實施 18 個月，並每月紀錄其跌倒經驗，最後扣除掉死亡、選擇退出、不適合及病重者，最後研究剩 442 位受試者(男 181 位，女 261 位，平均年齡 75.9 歲)符合此研究。研究結果發現，肌力及平衡運動組(跌倒比率降低 6.9%)、肌力和平衡運動合併住家危險來源管理組(跌倒比率降低 9.9%)、肌力及平衡運動合併視力改善組(跌倒比率降低 11.1%)及三者預防方法合併組(跌倒比率降低 14%)皆達到顯著差異($p < .05$)，推論肌力及平衡運動之介入對預防跌倒有良好效果。

Perrin(1999)研究以 65 位年齡超過 60 歲之居家老年人為研究對象，探討不同週期進行身體和運動活動(physical and sporting activities, PSA)對平衡能力之影響，探討是否身體和運動活動介入可以減少因年齡增加所帶來的平衡能力衰退，甚至顯著地減低跌倒的危險。受試者依活動習慣分成活動(active)與不活動(inactive)，並依時期分成過去與現在兩時期，依共分為四組:過去與現在都運動組(AA)、過去常運動但最近不運動組(AI)、過去不運動但現在最近運動組(IA)及現在與過去都不運動組(II)。每位受試者皆接受動靜態前傾、動態搖晃足部壓力及肌電圖測試。結果發現，平衡表現 AA > IA > AI > II，AA 組之平衡表現最佳，而 II 組最差，此研究結果可推論運動訓練時期對姿勢控制是相當重要，不管之前如何，只要開始運動後，對平衡能力之促進都有相當效果，由數據可知，維持終生的運動習慣對老年人而言是相當重要的。

Wong 等人(2001)以 25 位從事太極拳活動 2 至 35 年的老年人為太極拳組(TTC)及 14 位健康老年人為控制組，以了解太極拳運動之介入對老年人平衡能力之影響。受試者接受靜態姿勢穩定度測試(static postural stability test)及動態平衡測試(dynamic balance test)。研究結果發現，在動態平衡上太極拳組與控制組並無顯著差異;但是在動態平衡測試(閉眼於搖晃台上及視覺轉移於搖晃台上)則發現太極拳組明顯優於控制組。另外研究亦發現，運動經驗的長短似乎對老年人之穩定性並無影響。研究者認為太極拳運動可以增進維持身體姿勢控制的能力以減少跌倒之危險。

李世國(2003)以 100 位規律從事慢跑運動與無規律運動的中老年人為研究對象，比較有無規律慢跑運動中老年人的平衡能力與下肢肌力，分別進行閉眼單足立測驗、靜態伸展測驗、8 呎起立-走測驗、敏捷與動態平衡測驗、10 公尺閉眼直線走測驗、30 秒坐椅站立測驗。研究發現，慢跑運

動可以提升中老年人的平衡能力及下肢肌力。

鄭明涵(2002)以長期規律從事網球、太極拳與無規律運動之中老年人為研究對象，其年齡介於 60-69 歲，每組各 30 人，共 90 人。研究目的，分別進行閉眼單足站立、靜態伸展測驗、8 呎起立-走測驗、修正之巴斯動態平衡測驗、反應時間與 30 秒坐椅站立測驗以比較不同運動型態中老年人的平衡能力及下肢肌力之差異。研究結果發現:太極拳組在各項測驗中成績最優異。在靜態平衡能力，太極拳組顯著優於網球組、無規律運動組 ($p < .05$)，而網球組與無規律運動組未達顯著差異。網球組與太極拳組的動態平衡能力及下肢肌力，均明顯優於無規律運動組 ($p < .05$)。結果發現，平衡能力及下肢肌力方面，有規律運動的組別明顯優於無規律運動的組別。

第六節 水中運動的生理作用及效果

本節分三部分作為探討:一、水之特性;二、水中有氧運動之生理作用;三、水中有氧運動介入之效果。

一、水的特性

(一)浮力(buoyancy)

Sanders(1999)指出，根據阿基米得原理(Archimedes' principle)，當人體進入水中，水會對人體產生浮力，產生的浮力就等於被身體體積排擠掉的水重。浮力會依據水深、進入水中之體積、體重、身高、骨質密度及身體組成而變化。水深於腰部時，浮力約等於體重的 50% ；水深於乳頭(nipple)時，此時肺臟完全進入水中，浮力高達體重的 85% ；而當水深及頸部時，浮力約為體重的 90%。在水中人體常常無法平衡是因為浮力不斷將身體向上推。當水深及肺部時，要達到平衡(balance)和穩定(stability)更加困難，因為身體必須平衡位於肺部的浮力中心(center of buoyancy at lung)，以及位於臀部的重心(center of gravity)。

對於體重過重、下背疼痛、以及膝、踝關節受傷者，因在水中會減輕下肢和脊柱所承受的壓力，身體動作也會因水的浮力而變的容易，即使進行跳躍及跑步等激烈運動，對膝蓋和腰部也不會造成負擔或傷害(楊淑玲，1999)。

(二)流體靜力壓(hydrostatic pressure)

流體靜力壓之定義則是液體分子對身體總表面積的一種推擠之力，隨著水的深度增加而增強。當水深及胸，增加的水壓會使呼吸及更加困難。

為了抵抗水壓，呼吸及肺部膨脹可以幫助受試者增強肺功能及調整胸腔對抗水壓。流體靜力壓可以減少腫脹(edema)的情況，尤其是下肢腫脹，因為當身體呈垂直的狀態時，最大的壓力集中在足部。身體感受到流體靜力壓，心收縮壓(systolic blood pressure)會快速反應而隨著增加(Sanders, 1999)。

(三)重力對抗浮力(gravity versus buoyancy)

在陸地上，重力是身體活動的主要抗阻力量。但是在水中，浮力是主要的抗阻力量，手臂及腳向下壓以抵抗浮力可以提升運動之強度，亦可達到訓練之效果。此阻力依據個人身體組成之不同而有所變化，個人於水中取得重力與浮力之平衡也有所不同(Fawcett, 1992)。

(四)速度(speed)、功率(power)、力量(force)

速度是在直線運動條件下，距離沿一定方向相對於時間的變化率。在水中運動速度之表現比起陸地要困難的多，因為在水中活動必須要克服水中的各種力量，如水的拖曳力(drag)以及水中阻力(water resistance)，因此，為了維持移動，必須增加肌肉的作功能力(Shanebrook & Jaszczak, 1976)，也因此心跳率會增加。在水中，下肢的移動表現導致氧攝取量比在陸地增加。研究亦顯示，在水中跑步或走路之能量消耗約等於陸上相同距離的 2-3 倍。浮力也會影響速度和力量，過多的浮力會使人體在水中保持穩定更加困難，因此需要消耗更多力量以維持在水中之穩定(Sanders, 1999)。

(五)慣性(inertia)

根據牛頓第一運動定律-慣性定律，慣性就是有質量物體維持其原有靜

止或是移動狀態的性質。在水中，身體不斷的前進、後退及左右移位，維持身體平衡及穩定都是在對抗身體於水中的慣性作用(Sander,1999)。

二、水中運動之生理作用

兒玉和夫(1993)指出，剛進入水中時，若水溫為 18-30°C 時，入水 30-60 秒時脈搏數會減少約入水前的 10-20% 左右，而當臉入水中悶氣或潛入水中，約 30 秒就出現徐脈。出現原因是因為(1)無呼吸;(2)靜水壓作用，使體內血液分佈變化，造成心臟循環系統受刺激;(3)顏面及皮膚受到冷水刺激，末梢皮膚血管收縮，副交感神經引發反射性脈搏抑制。若水溫 38°C 以上，末梢循環系統之微血管、細動脈，靜脈等會擴張，血流量、速度增加，末梢血管之阻力減低(林曼蕙，2003)。

血壓受到心臟血液搏出量與末梢血管阻力之影響，在水中，平均動脈壓再最大強度的運動時，較陸地相同強度運動更高。在冷水中，皮膚血管收縮，體溫調節中樞使血流量變少，導致收縮壓較舒張壓有更明顯的上升(Holmer, 1974)。

在水中之呼吸與水之深度息息相關，因腹部與內臟受到壓迫，使肺空氣容積與呼吸量減少，為了在水中活動，呼吸肌會加強訓練以提供運動需要之氧氣，因此心肺功能訓練在水中有很好的效果(Sanders,1999)。

三、水中有氧運動介入之效果

此部份針對水中有氧運動課程對老年人之功能性體適能部分加以探討:

(一)增進心肺耐力(cardiorespiratory endurance)

研究發現，水中運動可以增進心肺耐力，因為受試者在訓練期間可以達到美國運動醫學會(ACSM)所建議之訓練強度(Cassady and Nielsen,1992; Heberlein et al. 1987)。

(二)身體電解質代謝率提高

Epstein 等(1974)指出，長期浸泡在不感溫的水中，尿中 NA 和 K 排泄量有增加的趨勢，但若水位在橫隔膜上方時，身體水分及電解質之代謝程度也會增加。此現象是由於靜水壓引起末梢部分血液向胸腔移動，藉由 Henry-Gauer 反射及壓力受容器，針對抗利尿荷爾蒙 ADH 或 reninangiotention 系的分泌產生抑制作用的結果(林曼蕙，2003)。

(三)改善身體組成(body composition)

水中運動能夠改善身體組成，減少體脂肪，增加肌肉量。Knecht(1992)研究發現在 10 週的淺水中運動後，與無運動者比較，發現其身體脂肪率有顯著之降低。Sander(1993)研究以 20 位年齡介於 18-66 歲的女性(平均年齡 40 歲)，以 8 週合併淺水及深水的水中運動，發現在身體脂肪率(25.41% 至 23.1%)有明顯降低($P<.05$)。

(四)改善身體柔軟度(flexibility)

在 Hoeger(1993)以 20 位年齡介於 15-35 歲之女性(平均 27 歲)為受試者，進行 8 週，每週 3 次，強度約在 70-85%最大心跳率範圍。研究發現在柔軟度有明顯進步(14.9 英吋 vs 16.5 英吋)。而在 Barretta(1993)之研究，以 12 位女性及 5 位男性為受試者，平均年齡 29.9 歲，進行 14 週，每週 3 次

之水中無氧運動。結果亦發現，在柔軟度有明顯進步(14.8 英吋 vs 16.8 英吋)。所以水中運動有助於改善身體柔軟度。

(五)肌力與肌耐力

在 Sander(1993)及 Hoeger(1993)之研究中指出，水中運動有許多的阻力，可以藉由在水中保持垂直或水平之姿勢，需要改變動作，此時可達到強化肌肉與增強肌耐力之效果，甚至指出在水中運動課程，能夠比陸上課程中在肌力的進步上更大，且在水中可以針對不同強度或部位的肌肉加以訓練。

水中運動(water exercise)有人亦稱為水中無氧(aqua aerobics 或 water aerobics)或水中體適能(water fitness)，是在水中保持頭部出水且身體垂直之狀態，進行大肌肉群的無氧運動。在水中是一種柔性但行動具阻力環境，水中運動方式之衝擊性低，安全性高，具隱密性及趣味性，不需任何游泳技巧，以達到促進健康、增進體適能的目的，是任何人都可以從事之運動(Sanders, 1999)。

李碧姿(2004)以 18 位年齡介於 14-17 歲輕度智能障礙為受試者，分成兩組:控制組(平均年齡 15.6 ± 0.9 歲)共 9 位及實驗組(平均年齡 15.1 ± 0.9 歲)9 位，探討 8 週無氧運動介入對輕度智能障礙平衡與敏捷能力之影響。實驗組每週進行 3 次水中無氧運動，每次運動 30 分鐘。所有受試者接受閉眼單腳站立、睜眼單腳站立、走平衡木、坐姿體前彎、10 公尺折返跑。結果發現，靜態平衡(閉眼與睜眼單足站立)、動態平衡(走平衡木)皆有顯著進步。研究推論，8 週水中無氧運動訓練能顯著改善輕度智能障礙的靜態與動態平衡能力，並改善身體敏捷性。

由以上文獻可以發現，水中運動有許多特性與陸地不同，包括浮力、

水中阻力、拖曳力等等力量，對生理功能有特別之影響，經由長期之水中訓練亦發現對其體適能有其顯著之效果，但是對於老年人之特殊需求——平衡能力是否有所影響，是本研究欲探討之重要課題。

第七節 YMCA 水中有氧運動課程設計原則

1.水中有氧運動基礎動作:

課程的開始前必須讓學員具備一些水中的基礎技巧，其中有包括搖櫓(sculling)、恢復直立位置、體線定位的正確性、調節體溫及自我監控運動強度等等技巧。

(1)搖櫓(sculling):

讓學員佩帶本課程特製的蛙掌手套，在水中約於髖部斜前方畫出「8」字型的搖櫓動作，不但可助於維持良好的直立姿勢，也可使用於水中阻力訓練、增加彈跳的弧度以提供向上的力量輔助平衡。因為水的浮力會對蛙掌手套產生向上的浮力，為身體提供支撐基底，可以讓學員在重心不穩時保持平衡及穩定，讓身體在水中更加直立。

(2)恢復直立位置(recovery to a stand):

在水中因受到許多力量牽扯，很容易因為重心不穩而身體成為水平姿勢，參加者在水中便會變的緊張。為此在課程開始前必須讓學員學習瞬間水中站立，就是當身體成為水平時，瞬間雙手向下壓水、頭抬以及雙腳內縮，讓身體變成直立狀態。

(3)體線位置的正確性(proper body alignment):

水中的預備位置就是必須將身體擺正，耳朵、肩膀、寬部及腳跟成一直線，下巴輕鬆保持向前，腹肌保持收緊，腰椎保持穩定，做彈跳運動時整個腳掌應著地，每一步腳跟應踩下碰到池底，跑步時應將膝蓋抬起至肩膀前方，頸部和胸部應浸於水中以適應水溫。

(4)體溫調節(thermoregulation):

人體散熱有幾個途徑:對流、傳導、蒸發及輻射，當皮膚和血管因接觸冷水而收縮時，會形成一保護膜於體表，使身體的核心溫度不會因過度散熱而失溫，因此肌肉神經溫度同時降低，會導致動作變慢、變弱且變差。所以可以先調整適當的水溫，約為 28-30°C，再依個人狀況多穿衣物、穿潛水內衣、緊身褲、韻律衣或是保暖背心等等。體型較大者體脂肪較多於體型較小者，但是若其因肌力不足而無法達到較高的運動強度，反而會更容易感到寒冷，所以學員對運動強度之自我要求亦相當重要。

(5)監控運動強度(monitors exercise intensity)

因為每位教練無法完全了解每一位學員所負荷之強度，所以必須強調每位學員應該於適當的運動強度內接受訓練，要有一定的負荷量，但是又不能有不舒服的感覺。若看到學員有感覺痛苦的現象，必須教會學員降低強度的方法:動作變慢、動作變小、保持身體穩定及用類似的動作取代，這樣不但運動的更舒服，還能夠確保運動的安全。

2.基本配備:

(1)蛙掌手套:

可增加其水中運動之阻力面積，可增加身體平衡之支撐，可讓雙手在各種動作之表現更有效率，另外更可依手掌的變化改變水中阻力之大小。

(2)水中專用鞋:

游泳池通常是潮濕的，學員由更衣室到泳池這段路需穿鞋以維護安全，鞋子亦可保護雙腳，並可增加腳底與池底之摩擦力，有效做出移位之動作，保護腳底以防止受到池底池磚破損而刮傷。

(3)水中健身運動服:

服裝必須選擇舒服、合身及保暖功能的水中健身衣，不但能讓教練清楚看到水下之肢體動作，走到更衣室也會更加自在。

3.基本動作:

本研究主要是以淺水(shallow water,水位於肚臍到乳腺之間)之水中課程:

(1)基本移動腳步:

本活動之基本移動腳步包括步行(walking)、跑步(jogging)、踢腿(kicking)、搖擺步(rocking)、跳躍步(jumping)及剪刀步(scissors)。皆源自於舞蹈動作變化而來。

(2)變化動作原則:

整體動作設計以 S.W.E.A.T 設計，利用水的特性而創造出新的動作並適時改變運動強度，以達到肌肉均衡之目標。

(a) S = 改變受力表面積和速度 (change surface area and speed)

行進時改變身體形狀或接觸面積，能夠影響水波拖曳力、漩渦和正面阻力。速度加快會使阻力變大，相對地，速度變小則阻力變小。

(b) W = 動作姿勢的變化(vary working position)

在所有的設計課程中最重要的就是這一部份，因為藉由水的特性以改變動作姿勢可以排除地心引力對人體的作用，更可在改變不同的姿勢時改變不同的強度。淺水課程中有四個最主要的姿勢：

1. 彈跳(rebound):

雙腳必須用力垂直下推池底，加大地心引力、速度、拖曳力、亂流、慣性及衝擊力。

2. 中立位置(neutral):

此動作必須降低身體重心，使浮力加大，四肢都於水下的姿勢。因手臂都於水下，承受較大阻力，可以做更多的水平動作，並且動作強度可以因作用力及反作用力之變化而增加。

3. 懸浮(suspended):

此姿勢是讓雙腳盡量不碰到池底，善用水中的浮力，且無強大衝擊力，要學會讓身體放鬆以保持平衡。此善用到浮力、速度、阻力、作用力/反作用力等等更多因素。此度做必須配合強勁之搖櫓動作以維持身體軀幹之穩定。

4. 伸直(extended):

此姿勢是整個活動中最常用到的，身體軀幹必須站直以正常姿勢進行水中有氧運動之動作。

(c)E=加大動作(enlarge the movement):

使用浮力之特性以支撐上肢及下肢，若能做到關節角度完全伸展，不但能增加柔軟度，還能增加拖曳力、受力表面積及運動強度。

(d)A=身體或關節各方向動作(work around the body or particular joint):

改變身體姿勢之不同面向可以感受如何對抗水的阻力以做運動，同時可刺激更多的肌肉纖維共同運動，以增加肌力及肌耐力，以達到肌肉均衡發展。

(e)T=改變移位動作(traveling or propelling the body):

有效的移位會應用到水的所有特性及力量，移位的行進速度決定身體所對抗的水阻力大小，增加移位速度可以有效提升運動強度。

4.水中有氧運動課程流程及時間分配:

1)暖身(warm up):10 分鐘

(1)原地浮力暖身:

目的是找到合適之水位、適應水溫、增加動作範圍及增加搖櫓動作以讓身體穩定及平衡。

(2)心肺及移位暖身:

身體的平衡及水中浮力及拖曳力等等水的特性都會因移位而改變，所以剛開始先以低強度移位，漸進強度以提高肌肉溫度，並將心跳率提升至訓練強度之下限。

2)主要運動(workout):20-40 分鐘，音樂節奏介於每分鐘 100-130 下。

(1)心肺訓練(cardiorespiratory training)

(2)肌力與肌耐力訓練(muscular endurance and strength training)

(3)柔軟度訓練(flexibility training)

(4)健康、活動及趣味性的設計(health, activity and fun)

3)緩和及伸展活動(warm-down and stretch):10 分鐘

緩和活動主要是在課程結束前，不但能逐漸降低心肺功能又能維持一定的體溫。伸展活動則是用來增加特定關節的活動範圍。

5.運動訓練強度監測

為了確保水中有氧運動能提供參與者適合的運動強度，通常都會配上強勁的音樂節奏來控制動作速度及強度，以期能達到本研究「運動訓練目標範圍」之內。本研究之音樂節奏介於每分鐘 100-130 下的拍子，快慢視個人的體能而訂。

要達到理想的運動強度以確認運動訓練之效果，其運動強度之控制相當重要。運動強度太低，可能無法達到研究預期之效果，亦無法帶給參與者運動之益處；相反的，運動強度過高，不但會帶給參與者生理上的不適，且因身體上之疲勞，會帶給心理上及精神面之負擔，可能發生退出運動訓練之可能。所以適合的運動強度，可以說是水中有氧運動訓練最重要之元素之一。而理想的訓練強度，其評估的方法很多，根據 Sanders(1999)之建議，水中有氧運動由「目標心跳率範圍」及「運動強度知覺量表」兩種方式來進行運動強度之監測為最佳之方法。

1)目標心跳率:

所謂目標心跳率範圍，是指進行有氧運動時，心臟跳動次數在每分鐘跳動於安全的訓練強度區域，可依年齡有不同之算法，通常一般先計算最

大心跳率:220-年齡。本研究根據 Sanders(1999)之建議，理想之運動心跳率範圍介於最大心跳率 65%-80%為理想之運動心跳率。本研究之心跳檢測時間為運動開始後約 40-45 分鐘時，準備進行緩和運動時，那時運動強度維持一定的強度。全體參與者自行測量自己脈搏跳動次數，以食指及中指輕觸頸動脈或腕動脈，再告知研究者以紀錄其每次訓練之心跳率，以了解運動是否達到目標的強度。若低於目標強度，研究者則要求教練加大、加快及加強訓練動作，反之則降低、減慢及減弱其要求動作。

2)填寫運動強度知覺量表(rate of perceived exertion)

運動表現能力包括許多因素之交互作用，也包括知覺上(perceptual)、認知上(cognitive)及能量代謝程序。知覺努力(perceived exertion)在運動強度之調節上亦扮演重要之角色。ACSM 於 1986 年正式認定為專業實驗指引，為重要運動實驗工具。

Borg 於 1982 年發展出 6-20 點的分類比率運動強度知覺量表，因為人對於運動強度具有非常敏感的感覺系統去評估本身運動強度之功能，使用方法是將 Borg Scale 印製在板子上，於參與者面前由受試者指出量表上之數字，以代表本身參與者自我感覺運動強度帶給身體的負荷。依據歷年之研究發現，受試者對量表之知覺度與實際之運動強度相當吻合，也確定此研究工具其準確度是被證實的。

Borg(1986)再調整出 0-10 點的分類比率運動強度知覺量表，如表 2-7-1 之 Borg 0-10 點運動強度知覺量表。每次運動完後皆讓參與者實際詳指出其運動強度知覺量表上數字，以達成每次運動強度之監控。

表 2-7-1 Borg 0-10 點運動強度知覺量表(Borg, 1986)

強度等級	強度感覺(英)	強度感覺(中譯)
0	Nothing at All	沒什麼
0.5	Extremely Weak	非常輕鬆
01	Very Weak	很輕鬆
02	Weak	輕鬆
03	Moderate	差不多中等
04	Somewhat Strong	有點強
05	Strong(heavy)	強
06		
07	Very Strong	非常強
08		
09		
10	Extremely strong	非常非常強