

高度速度出力感覺及效果

重現制衡能力相關之研究

沈輝雄

壹、緒 論

民國六十五年，本人赴日研習社會體育期間，蒙生沼先生及十五位女生協助，返國後，得陳定雄、蔡玉鳳（陳定雄夫人）、蘇文仁、吳金玉、王夢英、鍾瓊珠等先生的資料整理協助，始完成此一研究，特別衷心的對他們表示我的感謝。

一、研究動機：

本人近卅五年的運動生涯中，不論自己體會，或觀察他人，使我深深覺得，機體在其能量表現，或平衡穩定的控制，有其不可突破的障礙問題，如跳遠、跳高之助跑和起跳步點，或擲鐵餅之轉圈等等，運動員雖經年努力不懈地勤練，縱使認為已達最高熟練度，但尚有其絕對的誤差出現，亦即每次比賽中皆有每次不同的成績差異。

為何一個機體不能有其應有能力之最高成績，在每次比賽中相同的出現呢？為瞭解其原因，並證明其原因使本人產生此一研究之動機。

二、研究目的：

希望本研究之結果，能使我國各項運動教練能瞭解其原因，而在指導上有所益助。

三、研究方法：

(一)對象：本研究之對象為15位體能情況正常之健康女子，其年齡、身高、體重之平均、標準差、最大值、最小值如下：

1 年齡：19.1歲～22.2歲（ 20.7 ± 1.0 ）。

2 身高：148.5公分～169.0公分（ 157.0 ± 5.4 ）。

3 體重：40.3公斤～58.5公斤（ 50.8 ± 5.0 ）。

(二)時間：中華民國65年間。

(三)地點：日本東京教育大學。

(四)研究者：沈輝雄。

協助者：生沼芳男、陳定雄、蔡玉鳳、蘇文仁、吳金玉、王夢英、鍾瓊珠。

(五)測驗項目：立定跳遠與垂直跳高。

(六)實驗方法：本實驗之方法首將受測者之最佳跳躍距離或最佳跳躍高度分為五個等級，亦即設定五個不同的跳躍強度（100%、80%、60%、40%、20%）。然後要求受測者依自己的感覺，亦即受測者主觀的強度（Degree of Effort）閉眼或睜眼進行試跳。每一等級各跳四次，第一次試跳後十至三十秒內進行第二次試跳。其後給予一分鐘靜坐休息之時間，再重新試跳兩次。第二次試跳時盡可能跳至第一次試跳之距離或高度，亦即正確地再現第一次試跳的跳躍距離或高度。各受測者之跳躍次序採隨機抽樣之方式。第一天所進行之測驗項目為閉眼垂直跳與閉眼立定跳。第二天為睜眼垂直跳與睜眼立定跳。每一受

測者在五個等級中各跳四次。睜眼垂直跳時可以注視實驗架上每隔十公分即有一標示記號之標竿（如照片）。

照片：垂直跳實驗狀況

本實驗中每次試跳時，皆以表面電極誘導，劃出左腿之股直肌、股二頭肌、脛前肌、腓腸肌內側頭、腓腸肌外側頭之肌電圖。

膝關節與踝關節上並裝上角度測量器（Goniometer）以記錄關節角度之變化。試跳時在壓力板上進行，以便記錄其垂直跳躍之力量。本實驗之記錄器係採日本光電製之 M 85 Polygraph。

垂直跳時，受測者之頭頂置有小燈泡，跳躍高度係由35mm攝影機所拍燈泡之軌跡算出（參閱照片）。立定跳遠之距離則以皮尺測量起跳線至足跟著地點之距離。



(七)資料處理：

本研究採用之公式如下：

1. 單項變異數分析：

$$\sum x_i^2 = \sum x_a^2 + \sum x_b^2 + \sum x_c^2 + n_a d_a^2 + n_b d_b^2 + n_c d_c^2$$

$$(MS)_w = \frac{\sum x_i^2}{N - K}$$

$$(MS)_b = \frac{n \sum d^2}{K - 1}$$

$$F = \frac{(MS)_b}{(MS)_w}$$

2. Scheffe's test:

$$I = S \sqrt{(MS)_w Wg}$$

3. t 檢定：

$$M = \frac{\sum x}{N}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2}{N - 1}}$$

$$\sigma_M = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

$$\sigma_{DM} = \sqrt{\sigma^2 M_1 + \sigma^2 M_2}$$

$$t = \frac{DM}{\sigma_{DM}}$$

4. 相關係數：

$$r_{xy} = \frac{N \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[N \sum x^2 - (\sum x)^2][N \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

貳、文獻探討

猪飼⁽⁶⁾、前嶋⁽⁷⁾、松永⁽¹⁹⁾、森下⁽²²⁾，人指出運動時動作之反覆為相當重要之課題，運動熟練者其動作型態較為固定，非熟練者則非常不穩定。因此，運動技術之學習即為相同動作不斷再現之過程。所謂「再現」既然是指不斷正確反覆某種動作，則再現能力堪稱為運動學習之基本能力或熟練程度之指標。

J.S. Brown⁽¹⁾⁽²⁾、B.B. Casher⁽³⁾、S.T. Klapp⁽¹⁴⁾、B.G. Marteniuk⁽¹⁸⁾、M.I. Posner⁽²⁷⁾、B. Weiss⁽³⁴⁾與加賀秀夫⁽⁹⁾等人皆曾以心理學之立場從事追跡運動、短期記憶等再現能力之研究；然而，他們皆非以大肌肉而以小肌肉運動從事此方面之探討。R.M. Rummel⁽²⁸⁾與永田、北本、室⁽²⁴⁾等人指出大肌肉活動時為便於動作正確地再度出現；視覺成為非常重要之感覺器官。可惜諸如此類的運動感覺能力與再現能力之研究為數不多。

D.A. Sargent⁽³⁶⁾與C.H. McCloy⁽³⁷⁾雖曾指出影響垂直跳之最大因素為瞬發力，並曾從事垂直跳與立定跳方面一系列的探討，但對於出力強度制衡能力方面則未加追究。R.K. Gray等人⁽³⁸⁾雖亦發現垂直跳與瞬發力有顯著的高相關($r = 0.818$)，但亦未從事出力強度制衡能力之探討。D.J. Glenneross⁽⁴⁰⁾⁽⁵⁰⁾、F.K. Gary⁽⁵¹⁾⁽⁵²⁾⁽⁵³⁾等人曾以垂直跳為中心從事一連串的下肢瞬發力之研究，但對於出力感覺制衡能力亦未加追究。

大築等人⁽³⁴⁾以最大跳躍距離或最大跳躍高度的20%、40%、60%、80%、100%，作為立定跳與垂直跳出力感覺制衡能力與再現能力之探討，結果發現出力等級愈小愈有跳躍過度之傾向。

西元1854年，E.J. Marey⁽³⁹⁾首先以水壓與彈簧台等裝置測量跳躍之蹬力。金原⁽⁴⁰⁾⁽⁴¹⁾等人亦相繼從事跳躍方面之研究，並且發現手臂擺動與下蹲角度對於垂直跳具有顯著的相關。淺川⁽⁴²⁾⁽⁴³⁾亦使用金原勇等人所設計之跳躍力量測定器，進行垂直跳之力學分析。他指出下蹲角度與跳躍高度具有非常顯著之相關。

吾人皆悉跳躍距離與跳躍高度受足離地時之速度、力量與重心位置之影響，而重心位置又受身高之影響。因之，起跳時的重心高度與跳躍距離或跳躍高度息息相關，不可分離。此外，膝關節角度的大小，腿的長短，體重的大小等皆與跳躍成績有關，膝關節角度相等而腿長不同時，其跳躍力量亦有顯著的差異。⁽⁴⁴⁾吉田信章⁽⁴⁵⁾與J.M. Tanner⁽⁴⁶⁾、H. Krakower⁽⁴⁷⁾⁽⁴⁸⁾等人曾以人體測量之立場，從事跳躍選手形態特徵之分析，可惜沒有詳細的研究報告。

心理學上所謂「運動感覺」(Kinesthesia)一詞係於十九世紀末期由Bastion首先使用。Howard與Termhleton認為運動感覺即基於視覺、聽覺與語言之外的情報而獲知身體位置與運動的一種感覺⁽⁵⁵⁾。J. Dickinson則認為除去皮膚感覺之後的感覺即為運動感⁽⁵⁵⁾。事實上，生理學家Sherrington所謂肌肉、肌腱、關節之感覺與心理學上的運動感覺一般無二⁽⁵⁶⁾。E.A. Fleishman與S. Rick⁽⁵⁷⁾指出此種感覺在運動訓練初期並未扮演重要角色，但在後期則擔當非常重要的任務。J.A. Adams⁽⁵⁸⁾亦在「實驗心理學雜誌」(Journal of Experimental psychology)中提出類似的報告。A.J. Lloyd⁽⁵⁹⁾則在「應用生理學雜誌」(Journal of Applied Physiology)論及膝關節角度的問題。他說：「主動和被動的膝關節伸屈，如未超過五十度，則主客觀頗為一致，但如超過五十度則主客觀頗為不一致，如界乎於五十至一百度間，則角度感覺平均超越實際角度約十度左右。

宮下充正⁽⁶⁰⁾在其「運動與技術」一書中對於運動感覺曾有非常詳盡之介紹，他認為運動感覺可分為全身運動感及各部位之運動感。他更強調力量感覺、速度感覺、四肢與軀幹的位置，四

肢或軀幹位置變化等對於運動具有非常顯著之重要性。M.B. Jones ⁽⁶¹⁾⁽⁶²⁾ 的研究報告却揭示兩試跳間的相關隨著試跳次數的增加其相關愈高。這說明運動感覺，尤其是出力感覺隨著試跳次數的增加，其誤差將愈小。調枝 ⁽⁶³⁾ 則在「人類的知覺運動行為」一書中說道「時空知覺或運動感覺實驗中，受測者內的變化受他本身注意力、運動能力、情緒、態度等因素之影響。」

關節角度變化與肌肉收縮之控制等運動感覺能力之優劣實為決定運動技術優劣之關鍵。是故，J.E. Rose 與 V.B. Mountcastle ⁽⁶⁴⁾ 的研究報告強調：「關節為運動感覺之源」； J.B. Basmajian ⁽⁶⁵⁾ 主張：「技術即為肌肉收縮之控制」； A.V. Hill ⁽⁶⁶⁾ 說道：「技術即為肌肉、神經之合作，以最少的消費，獲最大的效果」； A.T. Welford ⁽⁶⁷⁾ 指出：「技術係指協調而又有組織的感覺運動過程」； 豬飼 ⁽⁶⁸⁾ 則強調：「 Skill=Grading + Timing + Spacing 」。由此可知，運動感覺尤其是出力感覺 (Grading) 對於運動技術之重要性。

叁、研究結果

一、出力強度感覺 (Grading) 能力：

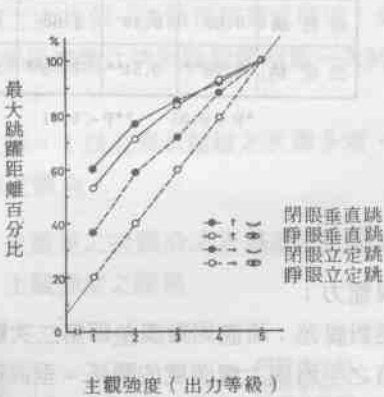
本實驗之結果發現各人之間 (Snbj)，各出力強度等級之間 (Grade)，以及人與等級間的交互關係 (G × S) 無論是睜眼或閉眼垂直跳或立定跳遠，經單項變異數分析 (F 檢定) 之結果均有顯著的差異 (如表一)。

各出力等級間的差異經 Scheffe' 檢定之結果發現，除垂直跳5與4，4與3，3與2之外，其餘各出力等級間皆達 .01 顯著水準 (如表二)。由此可見一般人皆具跳躍強度感受之能力。

表一：跳躍距離 F 檢定結果

變異數來源	自由度 (df)	F			
		閉眼垂直跳	睜眼垂直跳	閉眼立定跳	睜眼立定跳
出力等級間 (Grade)	4	56.02	62.53	123.22	397.90
受測者間 (Subj)	14	11.06	7.41	6.79	9.11
出力等級與受測者間的交互作用 (G × S)	56	5.00	8.87	5.94	12.73
誤差 (E)	225				
Total	299				

圖一：跳躍距離百分比與主觀強度之關係



圖一顯示實際跳躍距離的百分比與主觀強度之關係。由圖中吾人可以發現立定跳比垂直跳出力之控制較為容易，而且兩者皆有跳躍過度之傾向；其中尤以垂直跳更為明顯。第一出力等級 (20%) 之閉眼時達 55%，睜眼時達 60%。立定跳時差距則較小，特別是開眼時幾乎與所設定之等級一致。閉眼和睜眼之間的差異檢定結果，閉眼立定跳與睜眼立定跳之跳躍距離的百分比在各出力等級間皆有顯著的差異，但垂直跳高則不顯著 (如表 3)。

表二：各等級間平均跳躍距離 t 檢定之結果

		閉眼垂直跳				
		5	4	3	2	1
靜眼垂直跳	5					
	4	0.43				
	3	4.32*	4.32*			
	2	8.42*	3.13*	3.13*		
	1	10.64*	7.47*	4.31*	4.31*	

*P<0.05 **P<0.01

		閉眼立定跳				
		5	4	3	2	1
靜眼立定跳	5					
	4	3.03				
	3	4.45	3.03			
	2	6.12	3.03	3.03		
	1	9.81	7.79	7.01	7.01	

*P<0.05 **P<0.01

表三：靜眼與閉眼平均跳躍距離百分比之 t 檢定表

項目\等級	t 值			
	4	3	2	1
垂直跳	0.03	0.48	1.66	1.73
立定跳	3.90**	5.51**	7.76**	5.18**

*P<0.05 **P<0.01

表四：絕對誤差絕對值之變異數分析表

變異數來源	自由度 (df)	F			
		閉眼垂直跳	靜眼垂直跳	閉眼立定跳	靜眼立定跳
出力等級間 (Grade)	4	0.35	0.91	0.37	2.03
受測者間 (Subj)	14	1.65	1.45	1.14	1.83
出力等級與受測者間的交互作用 (G×S)	56	0.58	1.42	1.08	1.04
誤差 (E)	75				
Total	149				

*P<0.05 **P<0.01

二、再現能力：

(A)絕對誤差：所謂絕對誤差即第二次跳躍距離減第一次跳躍距離之差異。圖二顯示絕對誤差的絕對值之平均與主觀強度的關係。垂直跳和立定跳不管任何狀況或出力等級其再現誤差幾乎一定。絕對誤差之絕對值經單項變異數分析 (F 檢定) 之結果，發現並無顯著的區別 (如表四)。閉眼比靜眼時的絕對誤差的絕對值為大，經 t 檢定之結果，立定跳在第 1、2、3 出力等級，垂直跳在第 4 出力等級時有顯著的差異 (如表五)。

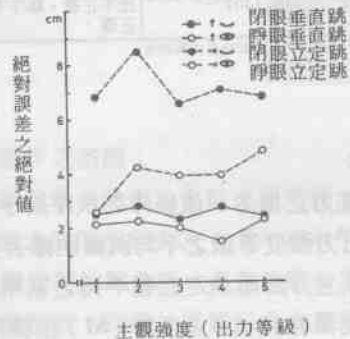
表五：靜眼與閉眼時絕對誤差絕對值之 t 檢定表

等級	t 值				
	5	4	3	2	1
垂直跳	0.51	2.61	0.61	1.00	1.19
立定跳	1.31	2.11	2.39	2.84	3.40

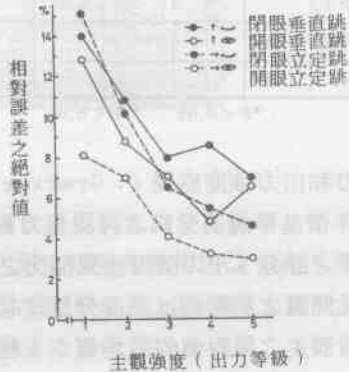
*P<0.05 **P<0.01

(B)相對誤差：所謂相對誤差即（第二次跳躍距離減第一次跳躍距離） $\times$ 100 $\div$ 第一次跳躍距離所得之值。圖三顯示相對誤差的絕對值與主觀強度之關係。由此圖中吾人獲悉出力強度愈強，相對誤差之絕對值愈小；經單項變異數分析（F 檢定）之結果，各種實驗狀況之出力等級間皆具統計學上的顯著性（如表六）。由本探討中，吾人發現睜眼比閉眼時的相對誤差為小，而垂直跳比立定跳之再現誤差為大，而且，睜眼時的再現誤差比閉眼時的再現誤差為大。經單項變異數分析之結果，睜眼時的再現誤差具有統計學上之顯著性（ $F = 7.738$ ， $df = 1.14$ ， $P < 0.05$ ），閉眼時則不顯著（ $F = 1.436$ ， $df = 1.14$ ， $P > 0.05$ ）。

圖二：絕對誤差之絕對值與主觀強度之關係



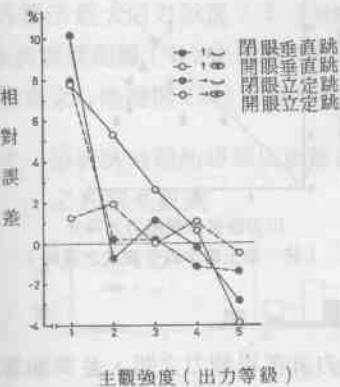
圖三：相對誤差之絕對值與主觀強度之關係



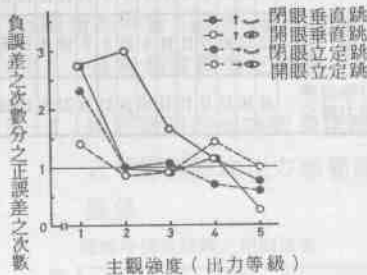
圖四揭示相對誤差之平均值，正的相對誤差表示第二次比第一次跳得較高或較遠，負的相對誤差表示第二次比第一次跳得較差。圖中顯示第一出力等級時第二次試跳皆超越第一次試跳而第五出力等級則相反。

圖五顯示（正誤差之次數） $\div$ （負誤差之次數）之值。1 以上表示超越之次數多者，1 以下表示第二次不及第一次之次數多者。這與圖四具有相似之傾向。

圖四：相對誤差與主觀強度之關係



圖五：負誤差之次數分之正誤差之次數之值與主觀強度之關係



表六：相對誤差絕對值之變異數分析表

變異數來源	自由度 (df)	閉眼垂直跳	睜眼垂直跳	閉眼立定跳	睜眼立定跳
出力等級間 (Grade)	4	3.59*	4.91**	8.07**	5.95**
受測者間 (Subj)	14	1.75	1.85	1.48	1.31
出力等級與受測者間的交互作用 (G×S)	56	0.65	1.35	1.21	1.34
誤差 (E)	75				
Total	149				

*P<0.05 **P<0.01

表七：評價基準

等級與得分	再現能力	出力強度感覺能力
5	~ 2.6905	間隔與百分比皆正確。
4	2.6905 ~ 6.0387	間隔稍不正確，但百分比正確。
3	6.0387 ~ 9.3869	間隔正確，但百分比不正確。
2	9.3869 ~ 12.7351	間隔不正確，百分比不正確，但順序正確。
1	12.7351 ~	間隔不正確，百分比不正確，順序不正確。

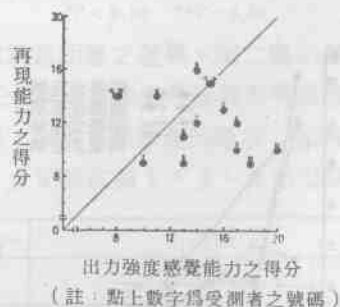
三、再現能力和出力強度感覺 (Grading) 能力之比較：

表七之評價基準說明受訓者再現能力與出力強度感覺能力之優劣，依優劣之秩序給予 5、4、3、2、1 之評分。出力強度感覺能力之評價基準依各出力強度等級之平均跳躍距離百分比之正確，百分比間隔之正確性以及百分比設定等級之正確性等三方面而決定五種不同之基準。再現能力則將相對誤差之絕對值的平均值 (4 種不同之條件×受測者 15 人) 之平均 (M) 和標準差 (S) 求出之後，再決定 (M-1.5S) 以下，(M-1.5S)~(M-0.5S)，(M-0.5S)~(M+0.5S)，(M+0.5S)~(M+1.5S)，(M+1.5S) 以上等五種不同出力等級之基準。各受測者之出力強度感覺能力則由各等級的平均跳躍距離之百分比的正確性，間隔之正確性，順序之正確性等得點之合計而評價之。例如四種條件皆獲第 5 等級的優秀受測者即獲 20 分 (5 分×4 條件)。再現能力亦將各受測者在四種不同條件下的相對誤差之絕對值的平均合計起來作為評價之基準 (如表八)。

表八：各受測者再現能力與出力強度感覺能力之得分表

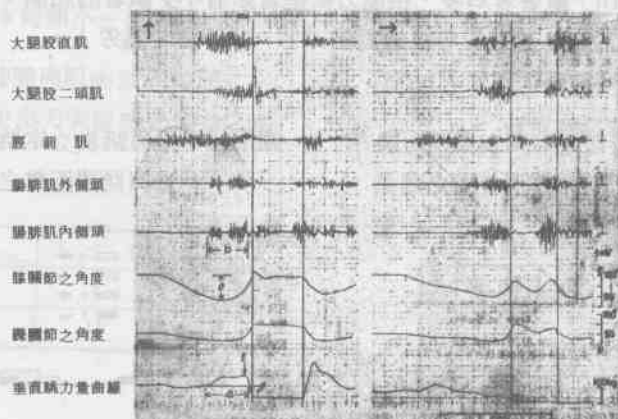
受測者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
再現能力得分	12	13	10	12	11	14	9	16	9	9	10	14	15	15	14
出力強度感覺能力得分	14	16	17	17	13	11	10	14	13	18	20	8	15	15	8

圖六：出力強度感覺能力與再現能力之關係



圖六即將表八圖示之結果。圖中吾人獲悉出力強度感覺能力和再現能力之間，並無顯著之相關；亦即出力強度感覺能力與再現能力相同者有之，出力強度感覺能力優而再現能力劣者有之，出力強度感覺能力劣而再現能力優者亦有之。一言以蔽之，兩者並無顯著之相關。

圖七：垂直跳與立定跳之肌電圖、關節角度變化以及垂直跳之力量曲線



四、跳躍動作之型態：

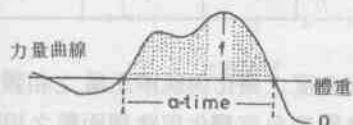
圖七顯示垂直跳與立定跳之肌電圖、關節角度變化以及垂直跳之力量曲線。

肌電圖之放電型態與宮下²⁰、高木³⁰、辻野³¹等人之研究報告具有相同之傾向。垂直跳與立定跳在膝關節開始彎曲時，首先放電者為脛前肌，其次為大腿股直肌。踢腿時大腿股直肌顯示強有力的收縮狀況，同時，腓腸肌之內側頭與外側頭亦有顯著的放電傾向。

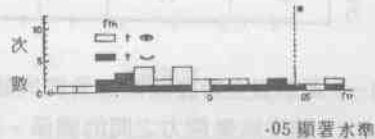
五、蹬地時間、力量與高度、速度之關係

跳躍距離之遠近通常皆由起跳時之速度決定，而速度則由力量與體重決定之。因此，跳躍距離即由力量和時間而決定。

圖八：垂直跳時垂直方向之力量曲線



圖九：垂直跳時力量與跳躍距離之相關數圖



圖九顯示最大出力狀況 (f) 和跳躍距離 (h) 之相關係數 (r_{fh})。圖中得知最大出力狀況 (f) 與跳躍距離 (h) 之相關係數超過 .444 (即達 .05 顯著水準者) 甚少。圖十則表示出力狀況大於體重之 地時間 (a) 與跳躍距離之相關係數 (r_{ah})，具有相當顯著之相關。

圖十：垂直跳時蹬地時間與跳躍距離之相關係數圖

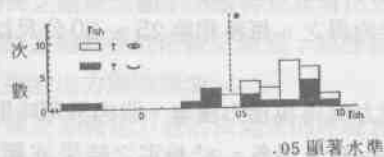


表 9-1 垂直跳時蹬地時間與跳躍距離之相關係數和出力感覺能力之關係

蹬地時間與跳躍之相關係數

出力感覺能力	顯著	不顯著
優	16	2
劣	8	4

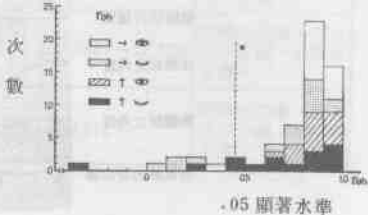
表 9-1，表 9-2 中顯示出力強度感覺能力與再現能力優者比能力差者，其蹬地時間與跳躍距離之相關係數（ Yah ）顯著者居多，但能力較差者亦有不少顯著的相關。（能力之優劣係由表 7 之評價表決定，屬於 3、4、5 等級者為優，1、2 等級者為劣）。

六、膝關節角度與高度、速度之關係：

表 9-2 垂直跳時蹬地時間與跳躍距離之相關係數和再現能力之關係

蹬地時間與跳躍之相關係數			
再現能力		顯 著	不 顯 著
優		15	4
劣		9	2

圖十一：垂直跳與立定跳時關節角度變化量與跳躍距離之相關係數圖



圖十一顯示直立時膝關節之角度與最大蹲曲時膝關節角度之變化量（ θ ）和跳躍距離（ h ）之相關係數（ $Y\theta h$ ）。圖中 $Y = .444$ 以上者具 .05 顯著水準。由此可知，膝關節角度變化量及跳躍距離之間具有非常顯著的相關。

表 10-1 膝關節角度變化與跳躍距離的相關係數和出力強度感覺能力之相關

膝關節角度變化與跳躍距離的相關係數			
出力強度感覺能力		顯 著	不 顯 著
優		41	5
劣		11	3

表 10-2 膝關節角度變化與跳躍距離的相關係數和再現能力之相關

膝關節角度變化與跳躍距離之相關係數			
再現能力		顯 著	不 顯 著
優		38	5
劣		14	3

表 10-1 顯示直立時膝關節之角度與最大蹲曲時膝關節角度之變化與跳躍距離之相關係數（ $Y\theta h$ ）和出力強度感覺能力之間的關係。表 10-2 則是膝關節角度變化與跳躍距離之相關係數（ $Y\theta h$ ）和再現能力之關係。由本探討中，吾人發現 $Y\theta h$ 與 Grading 能力以及再現能力之關係略同於 Yah 與 Grading 能力以及再現能力之關係。能力差者膝關節角度變化與跳躍距離之相關係數不一定不顯著。不管 Grading 能力及再現能力之優劣， $Y\theta h$ 具有統計學上之顯著性者較多。

七、肌放電時間與蹬地時間之關係：

表 11-1，顯示出力狀況大於體重之蹬地時間（ a 時間）與腓腸肌放電時間一致的程度和出力強度感覺能力之關係。表 11-2 則表示一致的程度和再現能力之相關。（一致，不一致之標準由受測者在各實驗狀況中之 a 時間與肌肉放電時間之平均得之。每秒相差 25～30 公尺以內者為一致，超過者為不一致。）

由表 11-1，表 11-2 中吾人發現出力強度感覺能力與再現能力優者，肌肉放電時間與 a 時間一致者較多；而能力差者，肌肉放電時間 a 時間則不一致者居多。 χ^2 檢定之結果亦顯示具有統計學上的顯著性。因為一致度與出力強度感覺能力之 $\chi^2 = 12.76$ （ $df = 1$ ， $P < 0.01$ ）；而一致度與再現能力之 $\chi^2 = 3.91$ （ $df = 1$ ， $P < 0.05$ ）。

圖十二顯示出力強度感覺能力優者肌肉放電時間與a時間幾乎一致，而出力強度感覺能力劣者肌肉放電時間與a時間不一致時居多。

表 11-1 蹬地時間與肌肉放電時間之一致度和出力強度感覺能力之關係

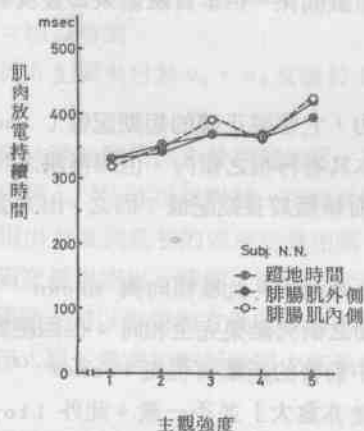
出力感覺能力	一致度	
	不 一 致	一 致
優	5	11
劣	11	0

表 11-2 蹬地時間與肌肉放電時間之一致度和再現能力之關係

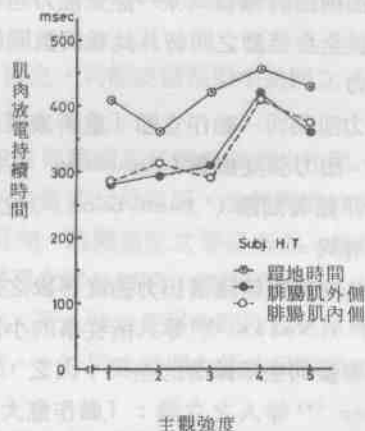
再現能力	一致度	
	不 一 致	一 致
優	7	9
劣	9	2

圖十二：腓腸肌放電持續時間與蹬地時間之一致度

(左) 再現能力與出力強度感覺能力均優者



(右) 再現能力與出力強度感覺能力均劣者



肆、討 論

一、出力強度感覺 (Grading) 能力：

本研究之結果顯示垂直跳時受測者皆有出力過強之現象。這與宮下等人⁽²⁰⁾之研究結果一致。此種出力過強之現象係因垂直跳之受測者足尖離地時足跟已離地面約8公分⁽¹⁰⁾，這8公分雖包括於跳躍之高度內，但受測者却不自知所引起的結果。吾人如將第一出力等級的閉眼垂直跳之平均跳躍高度減8公分後再換算成百分比時則成37.4%，這與立定跳的36.4%非常接近。

本研究之結果又顯示閉眼時更具有出力過強之傾向，這與川原⁽¹²⁾之研究結果相同。此因以視覺為媒介之迴路受到阻礙的結果；亦即動作之計劃受到抑制，欠缺視覺情報，以致無法修正因興奮所產生的出力過強現象。

出力強度感覺能力包括由過去的經驗和學習中所形成之計劃的正確性以及出力狀況的正確性。此種計劃吾人稱之為長期記憶 (long-term memory)。受測者即以此種記憶對於五種不同的出力等級設定其自身的主觀強度。此種主觀強度與實際的跳躍距離之間的關係為出力強度感覺能力的特性中的一個問題。Stevens⁽²⁹⁾和 Mountcastle⁽²⁸⁾發現物理量和感覺量 (Psycho-

logical magnitude) 之間具有貝基函數 (Beky Index) 關係。將本實驗之出力強度之感覺量 100 %、80 %、60 %、40 %、20 % 與跳躍距離繪成對數坐標時，則如圖十三所示具有直線關係。表 12 則表示其函數。

圖十三：主觀強度與跳躍距離之關係

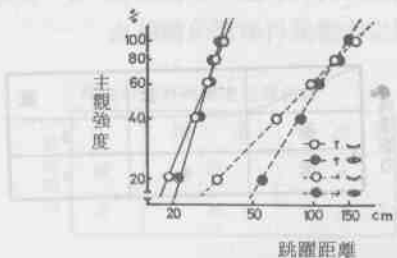


表 12 相關係數及貝基函數

		r	A	B
垂直跳	閉眼	0.999	3.153	2.908
	開眼	0.998	2.506	-1.928
立定跳	閉眼	0.999	1.593	-1.482
	開眼	0.999	1.007	0.230

士屋⁽³²⁾發現追跡動作之刺激與所浪費之時間之間亦呈現同樣的函數關係。Stevens⁽²⁹⁾的此項函數法則指刺激僅與某一感覺能力呈現此種函數關係，但本實驗結果却發現刺激與多種感覺能力甚至於全身運動之間皆具此種函數關係。

二、再現能力：

再現能力即為同一動作立即「重新表現」之能力，它需要正確的短期記憶 (Short-term memory)。出力強度感覺 (Grading) 能力雖亦具有再現之傾向，但因再現之間隔較長，而且動作前未非藉著回饋 (feed back) 之情報，而係賴於長期記憶；因之，出力強度感覺能力與再現能力有異。

相對誤差之絕對值隨著出力強度等級之加大而逐漸減少。此種傾向與 Brown⁽¹⁾，Marteniuk⁽¹⁸⁾，Weiss⁽³³⁾等人所從事的小肌肉運動之研究結果完全相同。但因絕對誤差之絕對值在各出力等級間並無顯著的差異；因之，本實驗中前臂的距離再現與 Posner⁽²⁷⁾，Brown⁽²⁾，Casher⁽³⁾等人之立論：「動作愈大絕對誤差亦愈大」並不一致。此外 Lloyd⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾在其下肢位置之研究中所揭示的結果：「動作愈大與愈小者其絕對誤差愈小，而動作居中者其絕對誤差愈大。」亦與本實驗之結果不同。由本分析中，吾人足以確定全身運動之絕對誤差與局部性運動之絕對誤差不能直接比較。

本實驗中第一出力等級 (20 %) 之出力強度與第五出力等級 (100 %) 之出力不足等現象與 Brown⁽¹⁾，Brown⁽²⁾，Marteniuk⁽¹⁸⁾，大庭⁽²⁶⁾，Weiss⁽³⁴⁾等人之研究結果一致。Woodrow 在其感覺知覺的一般特性⁽³⁵⁾中指出：「知覺判斷經常有接近一般水準之同化的特性。」本研究之結果顯示受測者亦有將長距離短判 (過少評價)、短距離長判 (過大評價) 之傾向與 Woodrow 的知覺判斷法則立論一致。

立定跳之所以比垂直跳正確之原因，主要係由於垂直跳躍時頭部動搖比立定跳時頭部動搖之程度為大。頭部動搖的結果促使腦司前庭脊髓反射之前庭神經與動眼反射之動眼神經過度興奮⁽⁸⁾。此種過度興奮之結果遂導致回饋 (feed back) 感覺之混亂。此為垂直跳再現能力較差之原因；特別是閉眼垂直跳與閉眼立定跳之間產生差異之最大原因。

誠如閉眼與睜眼時的絕對誤差之平均值間的差異檢定 (表五) 所示，立定跳在出力強度第 3、第 2 與第 1 等級時有顯著的差異。但垂直跳在第 4 等級之外並無顯著之差異。此等結果表示垂直跳時視覺情報並不如立定跳時一樣有效地執行其任務。此種現象在出力強度感覺 (Grading

能力亦有相同的傾向。其原因如下：

垂直跳時因頭部的動搖，睜眼時必引起視線之動搖。因之垂直跳時縱然睜開眼睛亦無依靠回饋（feed back）獲得正確之視覺情報。立定跳遠時因眼睛可以獲知較為正確的出力結果（亦即跳躍距離），而垂直跳時則因跳後重返原地故無法獲知較為正確的情報；故，受測者大多指出：「視線未定，因之無法確知第一次的跳躍高度。」此為上述事實之最佳明證。

一言以蔽之，垂直跳之再現能力與出力強度感覺能力之所以比立定跳遠為差，頭部動搖實為其主因。睜眼時又加上視覺之混亂，故使垂直跳與立定跳中的這些能力之間的差異更大。

三、出力強度感覺能力之制衡因素：

為了瞭解相同動作反覆之依據，吾人可以運動力學之立場從事跳躍距離之探討。垂直跳躍高度之公式如下：

$$h = \frac{v_0^2}{2g}$$
$$v_0 = \frac{1}{M} \int_0^T f dt$$

h = 跳躍距離， v_0 = 初速度， g = 重力加速度， M = 受測者質量， f = 力的大小， T = 出力時間。

由於 h 主要來自於 v_0 ， v_0 又源於 f 、 t 。因之，可能控制預期中跳躍之高度者僅為力量與時間。

如果跳躍高度係由力量控制的話，照道理力量與跳躍高度應有顯著的相關，但事實上並非如此。野村等人⁽²⁵⁾亦指出對於一定的跳躍高度，力量的分佈極廣，並無顯著的相關。小林⁽¹³⁾的報告更指出力量與最初的速度呈負相關。由此可知，跳躍高度之準確與否，並非依賴力量之控制。許多研究結果指出 a 時間（即出力狀況大於體重之蹬地時間）與跳躍距離具有很高之相關。這意味著理論上可以控制的力量與時間兩種要素中，吾人可以使用時間控制來獲得期望中的跳躍距離。但因人類並無直接控制時間之感覺器官，故， a 時間之控制大都依賴間接的感覺情報為線索。

睜眼時的主要控制線索為視覺。此種感覺在運動時能夠將預期中的距離以回饋（feed back）的方式送至中樞神經⁽⁴⁾⁽²¹⁾，然後由中樞決定動作的大小；因之，成為有力的感覺線索。睜眼比閉眼時其再現誤差為小即為此種原因。本研究結果顯示閉眼時準確度雖然較差，但仍有某種程度的再現準確性與出力強度感覺之準確性。是故，吾人深信視覺之外仍有其他感覺情報系統存在。

由於力量與跳躍距離之間的相關甚低，因此，由足底而來的下壓感覺情報並非單獨的情報來源。筆者根據過去的研究報告，從事膝關節角度與跳躍距離相關之探討，結果發現二者具有非常顯著之相關。因之，吾人知悉膝關節角度為非常重要的控制線索。

總之，膝關節角度之情報與 a 時間和跳躍距離的控制之間有下列的關係：

膝關節彎曲愈大，關節角度變化愈大時，蹬地時間愈長；反之，彎曲愈小，蹬地時間亦愈短。也就是說，如果以主觀意識控制膝關節角度之變化，即可控制蹬地時間，進而控制跳躍距離。小林的研究報告⁽¹³⁾亦證明起跳時膝關節角度之變化和起跳速度間有顯著的正相關。

四、再現能力與出力強度感覺能力之比較：

膝關節角度、蹬地時間與跳躍距離之間的相關，不管其再現能力或出力強度感覺能力之優劣，大多呈顯著之相關。此種相關意味著膝關節角度和跳躍距離具有某種力學關係。因之，出力強

度感覺能力及再現能力之優劣，係由於控制膝關節角度之中樞神經而決定。再現能力優者即為能夠正確獲知膝關節之角度，且能迅速轉換此種情報為適當的動作者。所謂出力強度感覺（Grading）能力優者即能不依回饋，僅賴自己的感覺抑制興奮，並能自由控制肌收縮者。

正如圖六顯示出力強度感覺能力和再現能力間並無顯著之相關。這證明此兩種能力各自獨立。圖一與圖二亦顯示跳躍距離雖隨主觀強度之增大而增大，但再現誤差都固定，這亦證明兩種能力各自獨立。但因運動係由肌肉收縮引起關節屈伸之結果，是故，運動的準確與否全賴運動神經原的刺激型態而決定⁽⁶⁾，又因運動熟練者可以減少肌放電量⁽⁷⁾⁽¹¹⁾；故本研究中兩種能力俱優者，其腓腸肌的放電時間與蹬地時間相當一致，而兩種能力俱差者則非常不一致（參閱圖六）。由此可知，再現能力與出力強度感覺能力優者可以減少不必要的肌肉活動，確立正確的神經迴路，回應一定的刺激型態。能力劣者則無諸如此類的能力，特別是計劃能力（Programming）與感覺控制之能力。

伍、結 論

由本研究中，吾人獲致下列結論：

(一)人類對於跳躍距離具有區分遠近之能力，但閉眼比睜眼時常有跳躍過度之傾向，且對於預期中的跳躍距離亦有用力過強之傾向。實際跳躍距離與指定的跳躍距離間，具有貝基函數之關係。

(二)無論跳躍距離之遠近，睜眼或閉眼，垂直跳或立定跳，皆有一定的誤差再度出現之特性，而且跳躍高度愈高時其再現誤差愈小。

(三)再現與出力感覺之控制方面，閉眼比睜眼時困難，垂直跳亦比立定跳為難。視覺情報之效果方面，立定跳比垂直跳為佳，考其原因，實為頭部動搖之結果。

(四)人類可憑膝關節角度之調整去控制蹬地之時間，亦因此而控制跳躍之距離。

(五)再現能力與出力感覺能力之優劣係由中樞神經之刺激型態所決定。

陸、建 議

(一)有關本研究因限於時間、人力及物力，其只是一個面的探討而已，有關點的深入研究，希望對此有意者，能以本文研究結果為參考。

(二)由本研究之結果，有關準確性之技術訓練，應儘予避免頭部之動搖。

(三)由本研究獲知膝關節之角度變化為運動感覺能力優劣之關鍵，因此不論任何運動之指導，應特別加強關節活動感覺能力之訓練。

(四)目前國內有關技術指導皆偏重於時間感覺（Timing）而忽略了出力感覺（grading）及空間感覺（spacing），為使國內運動水準更上層樓，希望在指導上，能三者並重。

(五)由本文中發現出力感覺對運動能力低者，並無顯著影響，但對運動能力高者，有其進步之絕對影響，因此要提高運動技術水準，應該加強出力感覺能力之訓練。

附 註：

參考引用文獻

- 1) Brown J.S. Discrete movements in the horizontal plane as a function of their length and direction. J. Exp. Psychol. 39:84-85, 1949.
- 2) Brown, J.S., E.B. Kauff, and G. Rosenbam. The accuracy of positioning

- reactions as a function of direction and extent Office of Naval Research, Rep. Nsori, 57, 1947
- J. ピアジェ編 現代心理學Ⅱ, 初版, 白水社: 187~247, 1971. より引用。
- 3) Casher, B.B., and R.E. Stadulis. Arm-positioning accuracy as a function of direction, extent and presentation. Res. Quart. 46:312-316, 1975.
 - 4) 藤田 厚, 笠井達哉: 運動技能の學習と知覺, 體育の科學, 25: 281~286, 1975.
 - 5) 本間三郎: 運動の巧みさ——生理學の立場から——體育の科學, 23: 274~278, 1973.
 - 6) 猪飼道夫: スキルの生理, 猪飼道夫編: 身體運動の生理學, 初版, 杏林書院: 310~333, 1974.
 - 7) 猪飼道夫, 山川純子, 反復動作における動作の亂れの筋電圖學的研究, 體育學研究, 1: 340~344, 1953.
 - 8) 伊藤正男: 神經中樞の運動制御, 眞島英信, 猪飼道夫編: 生體の運動機構とその制御, 初版, 杏林書院: 221~222, 1972.
 - 9) 加賀秀夫: 運動學習に關する諸問題—知覺・運動學習における距離, 角度, 力量の判斷形成におよぼす運動能使用の效果, 體育の科學, 17: 613~614, 1967.
 - 10) 片尾周造: 垂直跳に關する研究, 體育學研究, 8: 53, 1967.
 - 11) 龜井貞次, 松井秀治, 宮下充正: 筋電圖における弓道動作の分析體育研究, 15: 39~46, 1974.
 - 12) 川原かり: 跳躍動作の調整, 體力科學, 22: 101~110, 1972.
 - 13) 小林一敏: 力學的にみた瞬發力, 體育の科學, 11: 604~607, 1961.
 - 14) Knapp, S.T. Feedback versus motor programming in the control of aimed movements. J. Exp. Psychol. Human perception and performance 104:147-153, 1975.
 - 15) Lloyd, A.J. Muscle activity and kinesthetic position responses. J. Appl. Physiol. 25:659-663, 1968.
 - 16) Lloyd, A.J., and L.S. Caldwell. Accuracy of active and passive positioning of the leg on the basis of kinesthetic cues. J. Comp. Physiol. Psychol. 60:102-106, 1965.
 - 17) 前嶋 孝: 模擬動作によるスキルの分析, 體育の科學, 24: 443~447, 1974.
 - 18) Marteniuk, B.G., K.W. Shields, and S. Campbell. Amplitude, position, timing and velocity as cues in reproduction of movement. Percept. Motor Skills. 35:51-58, 1972.
 - 19) 松永尙久: 内野手の投球動作の習熟, 體育の科學, 24: 448~452, 1974.
 - 20) 宮下充正, 足立長彦, 大築立志, 小島武次: 垂直跳にみられる跳動作の基本, 日本體育協會スポーツ科學研究報告, No. VI, 跳能力の向上: 2~6, 1973.
 - 21) 森 茂美: 直立の分析, 眞島英信, 猪飼道夫編: 生體の運動機構と の制御, 初版, 杏林書院: 262~277, 1973.
 - 22) 森下はるみ, 山本高司: 舞踊における回轉動作の研究, 體育の科學, 23: 246~253, 1973.

- 23) Mountcastle, V.B., G.F. Poggio, and G. Werner. The relation of the thalamic cell response to peripheral stimuli varied over an intensive continuum. *J. Neurophysiol.* 26:807-834, 1963.
- 24) 永田 晟, 北本 拓, 室 増男: 前腕屈伸運動の再現性について, 體力科學, 25:71~77, 1976.
- 25) 野村治夫, 岩田 敦: 跳躍における荷重とスピードの関係について, キネシオロジー研究會編: 身體運動の科學 I, 初版, 杏林書院: 99~110, 1974.
- 26) 大庭建吾, 佐藤光毅, 米田繼武: 上肢側方舉上による位置感覚 (第1報), 體育學研究, 16:145~150, 1971.
- 27) Posner, M.I. Characteristics of visual and kinesthetic memory codes *J. Exp. Psychol.* 75:103-107, 1967.
- 28) Rummel, R.M. Electromyographic analysis of patterns used to reproduce muscular tension, *Res. Quart.* 45:64-71, 1974.
- 29) Stevens, J.C., and J.D. Mack, Scales of apparent force. *J. Exp. Psychol.* 58:405-413, 1959.
- 30) 高木公三郎, 熊本水頼, 伊藤一生, 塚原政義: 垂直跳の筋電圖學的解析, 體育學研究, 5:84~88, 1961.
- 31) 辻野 昭, 岡本 勉, 後藤幸弘, 橋本不二雄, 徳原康彦: 發育に伴う動作とパワーの變遷について, キネシオロジー研究會編: 身體運動の科學 I, 初版, 杏林書院: 203~243, 1974.
- 32) 土屋和夫: 追跡動作の分析, 眞島英信, 猪飼道夫編: 生體の運動機構とその制御, 初版, 杏林書院: 303~325, 1972.
- 33) Weiss, B. The role of proprioceptive feedback in positioning responses. *J. Exp. Psychol.* 47:215-224, 1954.
- 34) Weiss, B. Movement error, pressure, variation and the range effect. *J. Exp. Psychol.* 50:191-196, 1955.
- 35) Woodrow: 感覺知覺の一般的特性, 和田陽平, 大山 正, 今井省吾編: 感覺, 知覺心理學ハンドブック, 初版, 誠信書房: 160, 1969. より引用。
- 36) Sargent, D.A.: "The Physical test of a man" *School and Society*:13(318) 1921. PP.128-135.
- 37) McCloy, C.H.: "Recent Studies in the Sargent jump." *Res. Quart.*, 3(2), 1932. PP.235-242.
- 38) Gray, R K. et. al.: "A useful modification of Vertical power jump *Res. Quart.*, 35(4) 1962. PP.230-235
- 39) 前川峯雄等: 「現代體育學研究法」, 大修館書店, 1972. P. 145.
- 40) E. Kinpara, I., Miura, M. et al.: "A Sort of Contraction of muscles and technique of physical education." *proceeding of I.C. S.S.* 1964.
- 41) 金原勇, 三浦望慶ほか: 「跳躍力を大きくする基礎的技術の研究 (その1)」東京教育大學體育學部スポーツ研究所報 2, 1964~1965. PP. 21~31.
- 42) 浅川侃二ほか: 「垂直跳の力学」, 東京教育大學スポーツ研究所報, 3, 1965. PP.

52~58.

- 43) 浅川侃ニほか:「身體脚部の力學的性質について」東京教育大學スポーツ研究所報, 4, 1966. PP. 51~58.
- 44) 同 D. P. 169.
- 45) 吉田章信:「日本20傑級陸上競技選手身體測定成績並びにえに基く所謂スポーツ體型の研究」, 體育研究, 1(5)1924. PP. 529~553.
- 46) Tanner, J.M.: "The physique of the olympic athlete, "Georg Allen and unwin 1964.
- 47) Krakower, H: "Skeletal characteristics of the high jumper," Res. Quart, 6(2) 1835 PP.75-84.
- 48) Krakower, H.: "Skeletal Symmetry and high jumping, "Res. Quart. 12(2) 1941. P.218.
- 49) Glen cross D.T.: "The measurement of muscular power: A Test of leg power and a modifcation for general use." Microcard (Ed. B) uniuersity of westerm Australia, perth, 1960.
- 50) Glencross. D.J.: "The nature of the vertical jump test and the standing broad jump." R.Q. 37:353-359 oct 1966.
- 51) Gray. R.K. etc: "A test of leg power, R.Q. 33:44-50, march 1962.
- 52) Gray. R. K. etc.: "A useful modification of the vertical power jump." R.Q. 33:230-235 may 1962.
- 53) Gray. R.K. etc:"Relationship between leg speed and leg power." R.Q. 33: 395-400 Oct. 1962.
- 54) 宮下充正:「スポーツとスキル」大修館 1978. P. 142~144.
- 55) Dickinson. J.: "proprioceptive control of human Movement." Lepus Books London. 1974.
- 56) 松田岩男:「運動學習の心理」, 大修館書店, 1970. P. 81.
- 57) Fleishman. E.A. and Dick. S.: "Role of kinesthetic and spatial visual abilities in perceptual-motor learning" Journal of experimental Psycho-logy. 66, 1963. 9.6-11.
- 58) Adams, J.A.: "The relationship between certain measures of ability and the acquisition of a psycho-motor criterion response," J. of: exp. psy., 36, 1957 P.121-134.
- 59) Lloyd, A.J.: "muscle activity and kinesthetic position responses." Journal of Applied physicology." 25, 1968, 695-663.
- 60) 宮下充正:「スポーツとスキル」, 大修館, 1978. P. 116~118.
- 61) Tones, M.B.: "Rate and terminal processes in skill acquisition," American Journal of Psychology, 83, 1970. PP.222-236.
- 62) Jones, M.B.: "Individual differences " In E.A. Bilodean (ed.)" Acquisition of skill," N.Y.: Academic press. 1971. PP.101-146.
- 63) 調枝孝治:萩原仁:「人間の知覺運動行動」, 不昧堂, 1975. P.253.

- 64) Rose, J.E. and Mountcastle, V.R.: "Touch and Kinesthesia," In J. Field (ed), "Hand-book of physiology: Neurophysiology, Vol. 1., Washington, D.C.: American physiological Society, 1959.
- 65) Rasmajian, J.V.: "Muscles Alive," Baltimore;Milliams and Wilkins, 1967. P.38.
- 66) Hill, A.V.: "Living machinery." Harcourt: Brace and Company, 1927. P.64.
- 67) Welford, A.T.: "Ageing and Human Skill." Harcourt: Oxford university press. 1918.
- 68) 矢部京之助:「習熟過程の生理的要因——猪飼理論を中心にして」, 體育の科學, 24, 1974. P.432.