國立臺灣體育學院體育研究所

碩士學位論文

體溫過低對運動表現影響之研究

Effects of Motor Ability under Hypothermia

研 究 生：廖朝輝　撰

指導教授：陳全壽　教授

協同教授：呂欣善　教授

中 華 民 國 九十二年六月

摘 要

本研究旨在探討人體在失溫狀況下的運動表現。洞悉人們處於低溫環境下對競技運動及休閒活動之影響，希藉以提供環境急症之意外失溫者和緊急醫療救護和運動競賽與訓練及休閒活動方面之參考。

筆者以為問題之重要性在於宇宙萬物皆受溫度影響，存在於地球上廣大的生物及人類活動也受溫度變化之作用。人體之運動機能也在無形中悄悄受到遷引。當體溫處於過低狀態時，其生理和心理所受之衝擊更是無可避免。人們日常的活動能力也在無聲無息中受到改變。　生活中那些人？那些環境？那些因素容易發生體溫過低現象呢？當發生體溫過低時之活動情境、行為能力、運動表現...等方面是否受到影響？置身於低溫環境從事休閒活動者之安全及滿意度，再則不幸處於低溫環境待援者之求生能力或救援者之救援效力...等，運動員在低溫環境之運動成績是否受到影響？

理論上體溫過低會使情緒低落、神經傳導變慢、肌肉收縮頻率趨緩、動作遲鈍與不協調，這一切對於運動表現影響之差異為何？不同身體組成與身材在相同之低溫環境下對降溫速度之影響是否也不同？其差異程度為何？　本研究為探索這些欲知之答案，乃經研究設計後施行實驗，將結果加以分析進而得到結論並提出建議。

本研究首先發掘了體溫過低問題的重要性，鎖定研究目的並提出假設、確立範圍、再涉入文獻探討進而著手實驗。在實驗設計方面以人體實驗為方式，採受試者浸泡於冰水中藉以快速降低體溫至體溫過低指標為手段，本研究人體受試樣本為 10 人，並分為；一、身體組成及身材對降低體溫時間之相關分析，二、體溫過低對運動表現之影響...等 2 個方面進行測量與測驗。

在身體組成與身材對體溫降低時間之相關方面，經 7 個項目之測量後得到指標再與降溫時間，進行皮爾森積差相關比對及分析，獲得其結果後發現，在身高與體脂率二項比其他 5 個項目達到較顯著之相關水準。 在體溫過低對運動表現影

響方面，經 10 個變項之前測、後測得到指標，再以相依樣本 T 檢定進行資料處理及分析，結果顯示除了背肌力與準確能力 2 項未達顯著之外，其他 8 個項目之運動表現受體溫過低之影響均達顯著水準。

本研究結果值得提供休閒界、醫療界、緊急救護界、體育運動界、產業界、軍事...等方面之應用與參考。

關鍵詞：人體實驗、體溫過低(低體溫、失溫)、戶外休閒活動、核心體溫、回溫、水上救生、緊急醫療救護、環境急症。

Abstract

This research explores the effects on motor ability under hypothermia. The conclusions we make can be used as reference for activities taken in low temperature environments.

Everything is influenced by changes in temperature. All living creatures including humans are no exception. Human motor function is affected by temperature quietly but surely. Under the influence of hypothermia, human psychology and physiology cannot avoid being affected. Human motor function will be shaped by it as well. Certain settings, and factors lead to hypothermia. And certain psychological qualities, physical activities and sports will be affected. Safety, satisfaction, survivors' abilities, rescuer's abilities and athletes' performance will all be under the influence of hypothermia. In theory, hypothermia causes depression, slows neurotic response, impaired muscle control and coordination. Different body fat, muscle mass, body size will also play different roles in the interaction. This research intends to find out the answers to the various topics. After research design and experiment, this study analyzes the results and comes to my conclusions and recommendations.

At first, the significance of hypothermia was established. Then this study set the purpose of the research, presented hypotheses, defined range of experiment, collected literature and designed the experiment. The design of my study is based on human experiment. The Total number of samples was ten. The first part of the experiment is a relational analysis of body size, body fat and muscle mass and the speed of lowering temperature. The second part of study was concerned with the measurement and testing of hypothermia's influence on physical motions. In the first part, this study measured seven variations and created index to be compared with the time of the lowering of temperature. After making Pearson product-moment correlation and analysis, we have the following results: there is significant correlation in body fat and height. In the second part, after measuring ten variables through pre-testing and post-testing and completing the t-test data analysis, experimentation found that eight out of ten variables were significant except back muscle strength and precision.

Hopefully, the result of this study will be of value to the recreation industry, medical profession, rescue workers, paramedics, sports medicine, and the military.

Key words: Human Experiment, Hypothermia, Outdoor Recreation Activity, Core Temperature, Recovery of Temperature, Water Life Saving, Emergency Medical Services (EMS).

獻 辭

首先向不吝指正並耐心看完本論文之學者們致意。　筆者以近半百之齡的珍惜能在碩士班學習研究之難得機會，雖然此次的研究無法完成對人類做出最大貢獻之心願，但筆者仍不放棄，相信未來的再持續研究仍不會停止，希望有生之年能為人類盡微薄之力。

筆者苦於取得學位時限之急迫因而倉促交差，但本研究尚有多處未能完善而嚴謹乃遺珠之憾，但相信後續的研究會更積極。　也預期未來加入與本研究相關領域之學者會更多，且對於溫度方面之學術篇幅將會如雨後春筍般的林立，並會有更多更有深度水準之作品發表，預估必能一篇比一篇更加精緻及石破天驚之發現，愚衷心期盼與樂觀其成。

宇宙萬物皆受溫度影響，舉凡一切的存在、生長、活動、變遷也無法脫離溫度之作用。萬物之靈的人類對大自然的力量雖無法改變，但卻有能力藉由設備的防護，空間、時間的改變來克服，舉凡為了養生與保健、自我極限之超越、休閒與安全、運動成績之提昇等，人們對於自身或環境的溫度值得重視。

學術乃智慧之結晶、經驗的累積、人文之字典、文明的燈塔。實驗有如神農嚐百草般的實證，更是定理成為真理所必經之考驗與挑戰。最後；願後進的研究學者們能趁年輕為年老寫回憶，趁健康為病老做保養，留得青山以源源不斷的靈感為全體人類增進健康與福祉。

筆者謹以野人現曝之誠意，將此拙拙之研究獻給孕育栽培愚生之母校與諄諄教誨的全體師長及悉心閱讀本文之同好與學者們，此刻懷著如臨深淵如履薄冰的心情，希不辱師門乃筆者肺腑之言。

最後；頌祝　國立台灣體育學院 校運昌隆、師長康泰。

廖朝輝 謹獻

中華民國九十三年三月五日

謝 誌

本論文承蒙國立臺灣體育學院陳校長全壽博士、運動健康科學學系呂主任欣善博士與國立臺灣師範大學林教授正常博士之悉心指導與諄諄教誨及陳副校長相榮博士與導師蘇教務長金德博士之引導、陳教授重佑博士忠懇之賜教與不吝指正…等方得以順利完成，同時感謝及體育學系主任兼所長許教授壬榮先生、暨休閒運動學系主任兼所長陳教授定雄先生及前休閒運動學系主任兼所長李教授明榮博士、杜教授登明先生、趙教授叔蘋博士、許組長光應博士、鐘組長瓊珠教授、余組長瑞梅教授、沈組長易利教授…等多位未能一一書明之師長的關懷與鼓勵。

在學期間屢獲體研所的育恩、明霞、彥皓、凱立、柏慧、寧瑄、子閎、淑樺及學長的：文耀老師、燕明老師、良漢教授和學姐怡靜及同學的：國誠教授、永和老師、惠鈴老師、卿欽老師、美惠老師、德財老師、桂香老師、正淮同學等在行政及學術上的支援，無論 A 班或 B 班的學長、學姐及同學或學弟、妹們也常在余遲滯無法進展之際惠予關鍵之精神滋潤和鼎力相助。

值得一提的是台中市立長春游泳池的沈老闆昭錦先生，免費提供該泳池之三溫暖的冰水池及溫水按摩池，作為本研究之前驅實驗和正式實驗之設備與場所才能完成這艱鉅的實驗。 更要感謝的是源煌及休閒系所的睦盛、志鴻、豐宇、逸翰、晟航、慶章、雨青、政良、孟男等 10 位同學以捨命賠君子之誠意擔任本研究受試者，並經 10 個項目之前、後測運動及浸泡在 15℃之冰冷水池中至核心體溫降至 35℃，因為這並非一般人所能承受，更加上護士宇軒全程在場擔任醫護人員維護安全，還有；秀瑾、思親、楷雲、惠美等拔刀相助擔任本研究之實驗助手，方能順利而安全獲得本研究各項珍貴之數據。 此外新民高中同事梅老師育民先生、劉老師國賓先生、陳老師美容女士、蔡老師屏美女士等位英文老師之全力幫忙及李主任教官孟典先生、蔡教官敬寅先生、湯教官志平先生、周教官健民先生等在資源上的支援及實習教師亦呈的方能突破瓶頸與困境。

在學攻讀期間，幸得雙親及胞弟與岳父母之鼓勵與支持和愛妻麗勳無怨無悔在家教養吾兒英廷及女兒英洵、英筑等三幼之含辛茹苦的付出與包容，衷心無限感恩。 最後，謹以本研究之結果獻給最執愛的家人及所有關心運動醫學、生理學、休閒活動、緊急救護...等相關研究的朋友們，但願能為人類社會盡微薄之貢獻。

廖朝輝 謹誌

中華民國九十三年三月五日

作 者 簡 歷



筆者青年時期曾為 1984 年奧運現代五項運動儲訓選手，服務於教育界工作二十餘年，擔任游泳教學及訓練工作與救生員班總教練近二十年，為國家社會造就游泳及救生人才數以千計課餘也積極培育及訓練擊劍運動人才，為體育界孕育優秀擊劍國手二十有餘。筆者多次代表我國赴日本、俄羅斯等體育進修

專長：

一、體育教學。二、游泳教學。三、緊急救護。

四、水上救生。五、水上活動。五、擊劍運動。

六、現代五項運動(擊劍、游泳、馬術、越野、射擊)及各類休閒運動等。

相關證照：

一、教育部中等學校體育教師證書。

二、國家級游泳教練證書。

三、國家級游泳裁判證書。

四、國家級擊劍教練證書。

五、全國級水上芭蕾教練證書。

六、中華民國水上救生協會教練暨考試官證書。

七、中華民國水上救生協會激流救生教練證書。

八、中華民國紅十字會急救員及救生員證書。

九、行政院體委會游泳池管理水質處理證書。

十、日本 K.S.G 競賽游泳教練證書。

十一、俄羅斯 U.C.K.A 擊劍教練證書。

十二、英國皇家自動心臟去顫(AED)教練證書。

十三、PADI RESCUE DIVE 潛水證。

相關獎勵:

一、民 78 年經中華民國游泳協會獲頒全國基層優秀游泳教練。

二、民 79 年赴西德參加 1990 年世界水上救生大賽並獲第四名。

三、民 79 年經中華民國擊劍協會獲頒全國基層優秀擊劍教練。

四、民 82 年獲教育部頒授三等三級國光體育獎章。

五、民 77 年及 88 年經台中市政府獲頒推行體育有功人員獎。

目　錄

中文摘要……I
英文摘要……III
獻辭……V
謝誌……VI
筆者簡歷……VII
目錄……VIII
附錄……XI
表目錄……XII
圖目錄……XV

第一章 緒論……1

第一節 問題背景……1
第二節 研究目的……2
第三節 研究假設……3
第四節 研究範圍……3
第五節 研究限制……5
第六節 名詞解釋……5

第貳章 文獻探討 ……12

第一節 以宏觀角度洞察溫度對萬物之影響……12
第二節 溫度對人類活動之影響……13
第三節 體溫過低為臺灣潛在的環境急症……18
第四節 熱壓力與溫覺……23
第五節 動物體溫之種類……27
第六節 體溫與測量……28
第七節 能量與化學反應……31
第八節 體熱與新陳代謝……33

第九節 體熱之散失……42
第十節 體溫調節與恆定……46
第十一節 不同身體組成與散熱速度之差異……56
第十二節 正常體溫與異常體溫……58
第十三節 低體溫對醫療之貢獻……58
第十四節 人體處於低溫環境下之反應……59
第十五節 體溫過低之定義……60
第十六節 體溫過低之生理反應……62
第十七節 體溫過低之生化反應……65
第十八節 體溫過低之表徵……66
第十九節 體溫過低對人體各系統之影響……69
第二十節 體溫過低之心理與行為表徵……73
第二十一節 造成體溫過低之原因……76
第二十二節 人體處於風中或水中之熱散失……80
第二十三節 對體溫過低患者之處理……85
第二十四節 防止體溫散失與保暖措施……91
第二十五節 溫度對運動之影響……98
小結……105

第參章 研究方法與步驟……106

第一節 研究方法……106
第二節 研究對象……106
第三節 實驗時間與地點……107
第四節 實驗設計……108
第五節 操作性定義……111
第六節 前驅嘗試和實驗……112
第七節 實驗方法……115
第八節 資料蒐集與處理……134
第九節 研究進度預定表……135

第肆章 結果分析與討……137

第一節 受試者基本資……138
第二節 受試者身體組成測量結果……140
第三節 受試者體溫測量結……148
第四節 身體組成與降溫時間之相……151
第五節 筆者自我部份前驅實驗與受試者正式實驗結果之對……155
第六節 運動表現測驗結果分析……157
第七節 各變項之前、後測平均數之對照分析……180
第八節 各項測驗之描述性分析與討論……183
小 結 ……190

第伍章 結論與建議……191

第一節 結論……191
第二節 建議……191
總 結 ……195

參考文獻……196

一、中文部份 ……196
二、外文部份 ……202
日文 ……202
英文 ……203

附　　錄

附錄 A 受試者健康狀況調查表……208
附錄 B 受試者須知……209
附錄 C 受試者同意書……210
附錄 D 擔任本研究醫護人員之護士證書影印本……211
附錄 E 受試者各項指標之原始資料……212
附錄 F 受試者各時間階段測得體溫記錄表……213
附錄 G 各階段降溫及心理感受與外在反應記錄表……214
附錄 H 各階段之心理反應記錄表……215
附錄 I 全體受試者及協助人員大清早於校門口集合準備出發……216
附件 J Biospace 牌身體組成分析儀及使用操作示意圖 ……217
附件 J-1 受試者在身體組成測量儀上測量身體組成 ……218
附錄 K 降溫前核心體溫測量 ……219
附錄 L 以浮水性溫度計隨時監測並維持 15℃水溫……220
附錄 M 受試者靜坐浸泡於冰水池中降溫……221
附錄 N 隨時以耳溫槍監測於冰水池中受試者之核心體溫……222
附錄 O 手指協調前、後測照片……223
附錄 P 全身反應後測照片……224
附錄 Q 平衡能力測驗照片……225
附錄 R 握力測驗照片……226
附錄 R-1 背肌力前、後測照片……227
附錄 S 手掌反應測驗……228
附錄 T 水平瞬發力前後測……229
附錄 U 柔軟度測驗照片……230
附錄 V 準確能力測驗……231
附錄 W 備有熱薑湯幫助受試者驅寒回溫之熱飲……232
附錄 X 以烤箱回溫之照片……233
附錄 Y 進入蒸氣室回溫前之照片……234
附錄 Z 全體受試者與助手於測驗後至餐廳補充熱量回溫……235
附錄 Z-1 全體受試者與助手於測驗後至餐廳補充熱量回溫-2……236

表目錄

表 1 體溫與腦部氧消耗量對照表……63
表 2 體溫過低影響生理變化對照表……64
表 3 不同程度體溫過低之表徵……74
表 4 人體曝露於不同水溫中影響生命現象之時間參考表……83
表 5 處於不同低水溫之意識不清及存活時間表……83
表 6 不同程度體溫過低生理變化表徵及治療……90
表 7 受試者基本資料……101
表 8 研究者前驅測試身體組成指標表……113
表 9 研究者之前驅實測溫度下降時間指標示意表……113
表 10 全體受試者基本資料表 ……138
表 11 全體受試者基本資料 T 檢定總表 ……139
表 12 全體受試者年齡參考表 ……139
表 13 全體受試者年齡 T 檢定 ……139
表 14 全體受試者身體組成基本資料表 ……141
表 15 全體受試者身體組成基本資料 T 檢定總表 ……141
表 16 全體受試者身高測量結果參考表 ……142
表 17 全體受試者身高測量結果 T……142
表 18 全體受試者體重測量結果參考表……143
表 19 全體受試者體重測量結果 T 檢定……143
表 20 全體受試者肌肉重測量結果參考表……144
表 21 受試者肌肉重測量結果 T 檢定……144
表 22 全體受試者體脂肪重測量結果參考表……145
表 23 全體受試者體脂肪重測量結果 T 檢定……145
表 24 全體受試者體脂肪率測量結果參考表……146
表 25 受試者體脂肪率測量結果 T 檢定……146
表 26 全體受試者身體質量指數測量結果參考表……147
表 27 全體受試者 BMI 身體質量指數測量結果 T 檢定……147
表 28 受試者體溫測量結果總表……148
表 29 受試者體溫測量結果 T 檢定參考表……148
表 30 全體受試者前測體溫測量結果參考表……148

表 30-1 前測體溫測量結果 T 檢定參考表……149
表 31 全體受試者降溫度數測量結果參考表……149
表 32 降溫度數測量結果 T 檢定……149
表 33 全體受試者降溫時間測量結果參考表……150
表 34 降溫時間測量結果 T 檢定參考表……150
表 35 身體組成對降溫時間之相關……151
表 36 年齡與降溫時間之相關……152
表 37 身高與降溫時間之相關……152
表 38 體重與降溫時間之相關……153
表 39 肌肉重與降溫時間之相關……153
表 40 體脂肪重與降溫時間之相關……153
表 41 體脂肪率與降溫時間之相關……154
表 42 BMI(身體質量指數)與降溫時間之相關 ……154
表 43 前測體溫與降溫時間之相關……154
表 44 降溫度數與降溫時間之相關……155
表 45 筆者自我前驅實驗及受試者正式實驗對照表……156
表 46 各項運動表現前測資料 T 檢定……157
表 47 各項運動表現後測資料 T 檢定……158
表 48 運動表現前、後測之相依樣本 T 檢定……159
表 49 手指協調前、後測結果對照表……160
表 50 手指協調前、後測 T 檢定對照表……160
表 51 手指協調-相依樣本 T 檢定 ……160
表 52 全身反應前、後測結果對照表……162
表 53 全身反應前、後測 t 檢定對照表……163
表 54 全身反應-相依樣本 T 檢定 ……163
表 55 平衡能力前、後測結果對照表……164
表 56 平衡能力前、後測 T 檢定對照表……165
表 57 平衡能力-相依樣本 T 檢定對照表 ……165
表 58 握力前、後測結果對照表……166
表 59 握力前、後測 T 檢定對照表……167
表 60 握力-相依樣本 T 檢定 ……167
表 61 背肌力前、後測結果對照表……168

表 62 背肌力前、後測 T 檢定對照表……169
表 63 背肌力-相依樣本 T 檢定… ……169
表 64 手掌反應前、後測結果對照表表……170
表 65 手掌反應前、後測 T 檢定對照表……171
表 66 手掌反應-相依樣本 T 檢定 ……171
表 67 水平瞬發力前、後測結果對照表……172
表 68 水平瞬發力前、後測 T 檢定對照表……173
表 69 水平瞬發力-相依樣本 T 檢定 ……173
表 70 垂直瞬發力前、後測結果對照表……174
表 71 垂直瞬發力前、後測 T 檢定對照表……175
表 72 垂直瞬發力-相依樣本 T 檢定 ……175
表 73 柔軟度前、後測結果對照表……176
表 74 平衡能力前、後測 T 檢定對照表……177
表 75 柔軟度-相依樣本 T 檢定 ……177
表 76 準確能力前、後測結果對照表……178
表 77 準確能力前、後測 T 檢定對照表……179
表 78 準確能力-相依樣本 T 檢定 ……179
表 79 以數值大者為優勢之變項前、後測平均數對照表……181
表 80 以數值小者為優勢之變項前、後測平均數對照表……182

圖目錄

圖 1　大氣層溫度的垂直分佈圖……17
圖 2　雪崩中救出者之體溫分佈圖……18
圖 3　合歡山瑞雪紛飛積雪 60 公分 ……20
圖 4　不同溫度作用於皮膚引起痛覺程度分佈圖……25
圖 5　皮膚之感受器……26
圖 6　溫度、溼度與氣流對實感溫度關係對照圖……26
圖 7　人體正常體溫之範圍……28
圖 8　人體深部(核心)溫度示意圖……29
圖 9　體溫計……31
圖 10 卡路里之定義示意圖……34
圖 11 異化作用與同化作用示意圖……37
圖 12 身高、體重與體表面積函數示意圖……40
圖 13 兩性在不同年齡之正常基礎代謝率……41
圖 14 人體熱散失示意圖……44
圖 15 熱量得失之平衡示意圖……45
圖 16 熱的產生與消失……45
圖 17 顱內部溫度與表皮血流及出汗之定量關係……51
圖 18 改變下視丘之定點對體溫之影響……53
圖 19 下視丘溫度對產熱與散熱調節示意圖……53
圖 20 人體對冷之生理反應……54
圖 21 下視丘感受冷刺激時喚起神經及內分泌反應路徑圖……54
圖 22 皮膚與皮下層構造圖……56
圖 23 不同程度過低核心體溫對人體不同影響示意圖……69
圖 24 正常之竇性節律心電圖……70
圖 25 心房纖維顫動心電圖……71
圖 26 心室纖維顫動心電圖……71
圖 27 心跳停止心電圖……72
圖 28 患者核心體溫於 31.5℃之 J 型波之心電圖 ……72
圖 29 風速對於對流散熱百分率之影響示意圖……81

圖 30 遇難船員曝露於不同海水溫度之影響……84
圖 31 人體處於不同溫度冷水中可存活預測時間……84
圖 32 加溫腹膜透析法之示意圖……87
圖 33 單人 H.E.L.P.待援姿勢……94
圖 34 多人 H.E.L.P.待援姿勢……95
圖 35 攀附翻覆未沉之船身待援……95
圖 36 處於不同水溫之存活時間示意圖……96
圖 37 穿著救生衣保暖……97
圖 37-1 穿著充氣式浮力救生衣……97
圖 38 Q_{10} 效應……99
圖 39 不同水溫與與游泳速度對耗氧量之關係圖……102
圖 40 溫度對肌肉收縮之影響……104
圖 41 實驗流程圖……109
圖 42 研究者前驅測試之陸上及浸泡冷水之核心體溫測量……114
圖 43 研究者前驅測試之水溫及降溫後手指協調能力後測……114
圖 44 紅外線耳溫槍……118
圖 45 用酒精棉片消毒……118
圖 46 測量耳溫……118
圖 47 螺絲與螺帽……119
圖 48 碼錶……119
圖 49 手掌反應速度測驗(落棒)……120
圖 50 Gold Cup 牌氣壓式 BB 槍……121
圖 51 150psi//10kg/cm^2 之空氣壓縮機……122
圖 52 描準目標射擊……122
圖 53 指針式握力器……123
圖 54 本研究因環境限制以坐姿測試……123
圖 55 坐姿測試圖……124
圖 56 TAKEI 牌 背肌力計……125
圖 57 TAKEI 牌 指針式背……125
圖 60 立定跳遠-預備……127
圖 61 全身反應測試器……128
圖 62 注視訊號燈-預備 ……128

圖 63 訊號燈- 亮……129
圖 64 快速跳起……129
圖 65 垂直跳測量錶……130
圖 66 站立並將線收好……130
圖 67 屈膝-預備 ……131
圖 68 盡全力向上跳躍……131
圖 69 柔軟度測試器……132
圖 70 預備……132
圖 71 體前彎側視圖……133
圖 72 體前彎俯視圖……133
圖 73 預備……134
圖 74 開始……134
圖 75 本究計劃之時間進度甘特圖……136
圖 76 實驗研究者與全體受試者及實驗助手合影……137
圖 77 實驗前之資料填寫與建康狀況調查表及實驗說明……137
圖 78 全體受試者年齡對照圖……140
圖 79 全體受試者身高對照圖……142
圖 80 全體受試者體重測量結果對照圖……143
圖 81 全體受試者肌肉重測量結果對照圖……144
圖 82 全體受試者體脂肪重測量結果對照圖……145
圖 83 全體受試者體脂肪率測量結果對照圖……146
圖 84 全體受試者 BMI 身體質量指數測量結果對照圖……147
圖 85 全體受試者降溫度數測量結果對照圖……150
圖 86 筆者自我前驅實驗及受試者正式實驗對照圖……156
圖 87 手指協調前、後測結果對照圖……161
圖 88 全身反應前、後測結果對照圖……163
圖 89 平衡能力前、後測結果對照……165
圖 90 握力前、後測結果對照圖……167
圖 91 背肌力前、後測結果對照圖……169
圖 92 手掌反應前、後測結果對照圖……171
圖 93 水平瞬發力前、後測結果對照圖……173
圖 94 垂直瞬發力前、後測結果對照圖……175

圖 95 柔軟度前、後測結果對照圖……179
圖 97 以數值大者為優勢之變項前、後測平均數對照圖……181
圖 98 以數值小者為優勢之變項前、後測平均數對照圖……183

第一章 緒論

本研究旨在探討體溫過低對於運動表現之影響，本章內容包含：問題背景、研究目的、研究假設、研究範圍、研究限制、名詞解釋等。　本文首先提出宇宙萬物皆受溫度之影響論點，發掘體溫過低問題之重要性，闡明本研究之目的再提出研究假設進而確立範圍及限制，並陳述相關名詞之解釋，俾利釐清對於本研究範圍內容易發生混淆之理念。進而施行人體實驗得到結果，以求真、善、美之結論。

第一節 問題背景

宇宙萬物皆受溫度影響，生命也必需在一定溫度範圍內生長，存在於地球上的恆溫動物－人類，其實也無法倖免脫離溫度變化的威脅，且其能承受之限度卻是脆弱而又狹隘。人體較能忍受高於正常體溫之限度，然而核心體溫的絲微低於正常溫度卻將強烈作用在生理及心理上。

時下體育界研究高體溫方面者眾，但有關體溫過低方面者寡，但在四季分明的臺灣，加上週休二日戶外休閒活動盛行之際，發生體溫過低之案例層出不窮，對於活動情境與安全及滿意度或運動成績方面也呈負面影響。到底影響之層面有多大？有多少，某些因素是否有相關？是否顯著？實有待實驗證明得到數據釐清盲點。

休閒活動(Recreation)即為遊戲。日人稱為「遊び」則有遊玩、旅遊、出遊、郊遊、遊山、遊獵……等意味(陳定雄，民 83)，加上週休二日休閒時代的來臨，從事戶外休閒活動

(Outdoor Recreation Activity)者眾，增加曝露在惡烈而寒冷環境之機率，使造成意外體溫過低對活動安全構成威脅，連帶降低休閒活動情境之滿意度與安全指數。　再則；競技運動比賽，勝負成敗之間，往往只是差之毫釐失之千里。為此；溫度實在影響人類活動甚鉅，有意或無意間的失溫，內在或外在之降溫將對於運動表現及活動能力造成負面影響。

戶外休閒活動的增加使水域活動頻繁，連帶水難事件有增無減而使溺水機率增加。然而體溫過低更是溺水合併創傷之一(林世崇，民 90)。　臺灣冬季海水溫度約 15～20℃之間，冬季落水事件，實有多例因體溫過低致死，但國內對於落水者之體溫過低現象相關研究者鮮，急救者常將落水者誤為一般心肺復甦術（C.P.R.）急救之，殊不知體溫過低患者可能因低的體溫而使可急救之黃金時間延長而得救。

為此筆者以為進一步對體溫過低問題之探討，有助於從事戶外休活動者之安全及滿意度方面做出貢獻，進而提供運動員維持比賽之成績與穩定表現之參考，所以；筆者以為對於體溫過低及其影響運動表現之相關問題值得深入研究。

第二節　研究目的

基於上述研究問題背景與重要性，本研究之目的如下：

一、探討不同身體組成對於體溫降至降至體溫過低指標之速度是否有差異。

二、探討體溫過低前、後影響對於本研究設定之各項運動表現是否有差異。

第三節　研究假設

基於研究目的和文獻探討結果，提出以下研究假設：

一、不同身體組成對於體溫降至體溫過低指標之速度將有顯著差異。

二、體溫過低後影響本研究設計之各項運動表現將有顯著差異。

第四節　研究範圍

本研究以10名平均年齡23歲且未曾接受過體溫過低測驗之健康大專男子為受試對象，並進行兩個方面的調查和兩個方面的測量及十個測驗項目、研究結果僅適合推論於相同年齡層或相同背景之群體。

一、本研究之調查方面有二。

(一)年齡調查。(二)健康狀況調查：如(附錄 A)所示。

二、本研究之測量方面有二。

(一)溫度測量方面：

1.氣溫。2.水溫。3.核心體溫(本研究採鼓膜溫度測量)。4.前測體溫 5.降溫度數 6.降溫時間等六個溫度測量項目。

(二)身體組成測量方面：

1.身高。2.體重。3.肌肉重。4.體脂肪重。5.體脂

(BF)。6. BMI(身體質量指數)等六個溫度測量項目。

三、本研究之測驗方面為運動表現測驗，共計有 10 個項目，如下：

(一) 手指協調能力。(二)全身反應。(三)平衡能力。(四)握力。(五)背肌力。(六)手掌反應。(七)水平瞬發力。(八)垂直瞬發力。(九)柔軟度。(十)準確能力等 10 個項目為範圍。

四、本實驗之自變項包括：

(一)年齡。 (二)身高。(三)體重。(四)肌肉重。(五)體脂肪重。(六)體脂肪率(BF)。(七)BMI(身體質量指數)。(八)前測體溫(九)降溫度數。(十)降溫時間等十個變項為指標。

五、本實驗之依變項包括：

(一) 手指協調能力。(二)全身反應。(三)平衡能力。(四)握力。(五)背肌力。(六)手掌反應。(七)水平瞬發力。(八)垂直瞬發力。(九)柔軟度。(十)準確能力等十個變項為指標。

第五節　研究限制

一、理論上核心體溫之測量以肛溫測量較為精確，但在操作上受試者難以接受，故本研究採以鼓室溫度測量值間接推估應用。

二、限於設備條件，若干儀器不適於水中操作，乃於岸上進行體溫過低狀態之前、後測操作之，無法一致全程於水中操作。且受試者必須長時間處於低溫水中降低核心溫，因此；受試者意願低落，不易覓得大量之實驗樣本數。

第六節　名詞解釋

為幫助釐清本研究各相關名詞之意義以確立研究方向，以避免困於膠著之憾，乃書明下列各項名詞解釋之。

一、何謂運動：

本研究主題為「體溫過低對運動表現影響之研究」，所以在進行研救之前，必先瞭解並釐清「運動」為何？據體育大辭典及各家學者將各類型之運動詮釋如下：

(一)競技之運動(Sport)：

任何種類的遊玩，消遣，休閒，運動，遊戲或競爭，無論在室內或室外，一般通例；以個人或團體之比賽為主要部份，這種比賽的操作，包含著某種技巧和身體的超越技能。

(二)物理之運動(Motion)：

物體向任何方向移動，稱為運動。運動有：直線Linear motion和旋轉 Rotary兩種。

1.直線運動(Linear Motion)：

物體或身體沿一直線所作之運動，如短跑選手所經路線，其身體各部位都在相同方向相同距離移動。如；動者恆動之狀態下，物體不受任何作用力改變角度者。

2.旋轉運動(Rotary Motion)：

乃質點沿一軸作圓形或弧形運動，如跳高選手過竿的動作。或鐵餅在空中的旋轉等。當軸(它通過跳高選手的身體或鐵餅中心)的位置固定時，在軸外的所有質點均沿軸而運動。

3.原動力之運動(Motor)：。

“運動”係以物理性之「內力與外力引起而產生的結果」解釋之。

(三)運動生物力學之運動：

研究人體在運動時，作用於身體的內力與外力及所產生效果的科學。所謂；內力：包括肌肉、韌帶與骨骼在體內所產的力量。外力：為地心引力，空氣阻力與作用在地上或其他物體時所產生的反作用力。而內力與外力引起而產生的結果，就是「運動」。

(四)學者 Flexner 之運動定義如下：

1. 身體活動(Physical Activity)：使身體肌肉消耗能量的體能活動。
2. 運動(Exercise)：改善身體或心理對健康所做的活動，如休閒性質的運動；如慢跑、散步等。
3. 運動（Sport）:符合正式的競賽運動，以力量、技術之競技型運動。如賽跑、棒球、網球等(Flexner S.B，1987)。

（五）學者<u>譚天錫</u>之看法與見解如下：

運動是生物與生命之特徵。舉凡生物以物理或化學現象表達其生命跡象。如；單細胞生物之變形蟲運動(Amoeboid Movement)及植物的生長運動、睡眠運動、趨光運動、有韻律的泳動或澎壓運動等。動物體具有高度的運動能力，可蠕動、爬行、奔跑、飛翔、游泳...等。也有少數低等附著性動物無法自如移動，仍以纖毛或鞭毛運動等進行攝食活動,如；海綿、珊瑚等(譚天錫等，民 81)。

（六）學者<u>林清和</u>之看法與見解如下：

肌肉運動包含隨意與不隨意的動作，人與其他動物之行為皆由運動(Motor)所組成。其含義較廣，單一肌肉收縮或全身活動,皆可謂之運動，如爬行、站立、跑、跳、擲、唱歌、繪畫、進食、消化、說話等皆為動作(Movement)。可指單一動作,也可以是一系列的動作，構成有情境目標的技能

(Skills)。個體的動作都是神經控制的肌肉群的收縮模式的產物(林清和，民 85)。

本研究係以本節一、(二)、3 之原動力所指運動(Motor)為界定之應用標準。

二、肌力(Muscle Force)：

在生物力學中被稱為「內馬達 Intenal Motor」，肌肉可視為人類動作之引擎，其收縮所產生之力量即為「肌力」。發生肌力之肌肉會拉動骨骼肌而產生動作(教育部，民 73)。 肌力與爆發力是競爭性運動之重要體能基礎，舉凡鉛球、鏈球、跳遠、跳高、空手道、柔道、足球、排球、籃球、網球等運動都需要(陳全壽，民 87)。

三、背力(Back Strength):

或稱背肌力，為附著於軀幹背部之伸肌同時發力所產生之力量稱之，其主要功用是維持姿勢和作功，通常背力也是全身力量的象徵。

四、平衡(Balance；Equilibrium)

指平均或均衡之意，為物體之穩定狀態而言。在運動方面乃指身體在運動中依靠中樞神經與肌肉的收縮(緊張與放鬆)，能在有意中維持身體之穩定能力而言。

五、協調性(Coordination):

正確圓滑而有效的進行各項運動能力。其與準確

度、平衡性、時機、柔軟性及敏捷性及體力等有一連串的密切關係。

六、柔軟性(Flexibility)：

受關節及肌肉韌帶的運動所產生之關節可動性稱之。其可以保障工作之效率、動作之確實、防止意外、並降低受傷機會至最小程度，是極重要的體能之一。

七、握力(Strength Grip)：

緊握五指所產生的力量稱之，通常測量上肢力量是以握力器來測量。

八、瞬發力(Pwer；Explosive Muscular Strength)：

肌肉瞬間收縮所發揮之肌力，乃基本體能要素之一。是跑、跳、投擲等基本運動之主要動力來源。

九、反應時間(Reaction Time)：

為敏捷性測驗之一，通常給予聲或光或觸覺之刺激以後至產生反應之時間。其依序由感覺器官傳導至中樞神經，再到神經肌協調，最後經由運動器官產生反應等一連串過程之時間稱之。

十、身體組成(Body Composition)：

其為分析探討身體內是由那些物質所構成及所各佔比例為何稱之。

十一、體溫過低：

係指人體核心體溫比正常體溫下降約 2 度(即 35 度以下)之體溫程度而言(遊啟義，民 82)。

十二、表現：

其有不同解釋如下：

(一)一般的表現：

把內情呈現出來(康繼堯，民 77)。

(二)舞臺上的表現 performance：

用肢體、行動將情境展現傳達出來。

(三)心理學上的表現 Expression：

心理學上稱為表出。指情緒之表見乎運動者。體育大辭典指出：精密言之當稱表情(教育部，民 73)。

本研究之”表現”係以一般的表現”把內情呈現出來”解釋之。

十三、服習(Acclimatization)：

為配合環境而改變自我狀態，在一段時間內對環境應激發生的生理補償過程。乃生理機能的一定身體變化，以提高對水土、環境之適應性與順應。(Books. 2000)。

十四、適應(Habituation)：

配合環境但不改變自我狀態，對某種環境應激物產生的感覺減弱。學會在應激物存在的情況下習慣其環境與生活(楊錫讓，民 80)。

十五、身體質量指數(BMI)：（陳俊忠，民 91）。

BMI=體重(Kg)/身高(M^2)。

第貳章 文獻探討

為探索體溫過低對運動表現之影響，本章乃上探宇宙下探生物體之深入瞭解溫度對人體生理、生化、心理、行為等之影響，藉以國內、外之文獻廣為探討。希對本研究之學理及方法上獲得更客觀與更有力的支持。如下各節所示：

第一節 以宏觀角度洞察溫度對萬物之影響

一、溫度與生命誕生及衰亡：

古往今來天地萬物皆受溫度影響，宇宙間無時無刻不斷重演著同樣的戲碼：分裂與融合、誕生與死亡、燃燒與冷卻、運動與停止、酸鹼與中和、星球在宇宙溫度達 10 的 32 次方攝氏溫度中大爆炸而生成，也因溫度的下降與衰亡等。一切所謂「廣義生命」，乃至於存在地球上有機體之「狹義生命」等現象。(路甬群，2001)。

二、溫度與宇宙形成：

1932 年勒梅特首次提出現代宇宙大爆炸理論(何香濤，2003)及美國物理學家伽莫夫於 1948 年提出宇宙大爆炸理論，認為宇宙開始是個高密度又高溫的火球，因劇烈核變反應使火球爆炸，向各方迅速膨脹使密度和溫度的降低，逐漸形成今日宇宙之天體狀態。其與天象的天體運行，氣候的季節變化，物質的體積、密度、型態，運動速度，動、植物等在瞬息萬變中生長及活動。 除

了南北極低溫的地表上，其溫度、濕度、酸鹼適中的環境呵護下有了些許生機。 孕育豐富而繁忙的生命演化中，微至細胞、分子、原子、核子、電子、質子中子誇克(Quark)、輕子(Lepton)及構成地球上一切生命的重要物質-蛋白物質等無不深受溫度變化之影響（路甬群，2001）。

三、能量不滅：

上述溫度變化亦為能量轉換之現象，可以位能轉換為動能視之，其能量(光、電、熱及運動...等)彼此間可互換，且在轉換過程中之能量鯖記既不會增加也不會減少，謂之「能量不滅」。 該定理闊及浩瀚的宇宙，也微至地球上各類奈米物質與生物細胞(張振隆，民 84)。

第二節 溫度對人類活動之影響：

一、環境溫度影響人類行為及安全：

人類存在地球深受環境影響，隨時得對抗生物的、物理的、化學的、高山的、深水的、飛航的、冷熱的及與水有關的眾多環境急症問題， 所以,有機體是組成的萬物之靈的重要物質，其在常溫狀態下生長茁壯，生理及心理受身體內部或外界環境溫度改變而改變。核心溫度小幅的變化足以使行為或思考能力失常，甚至對生命構成威脅。人類的活動、行為、健康及生理、心理等也正悄悄而鉅大的受到溫度的影響(李偉峰等，民 91)。

二、低溫對戶外休閒活動者生命構成威脅：

處於低溫的季節並在濕度高而寒冷的環境更有造成體溫過低之疑慮，意外的弄溼身體或流汗加上高風速的吹襲更會加劇，人體落入冰冷的水中浸泡時，將更加快體溫散失之速度，使得美好休閒情境受挫及生命安全構成威脅。 腦部溫度的絲毫降低即影響思維，使定向能力發生障礙，對於分秒均需依靠細密思維來對抗惡劣環境之登山者、野營者、潛水者、游泳者……等之威脅甚鉅。(楊錫讓。民 80)。所以；體溫過低乃從事戶外休閒活動者之重大環境急症，其問題值得重視與探討。

三、低溫影響人類活動之歷史經驗：

歷史經驗中，拿破崙的首席外科醫師拉瑞在 1812 年曾說：「寒冷比敵人砲火更可怕」。 該陸軍第 12 師的 12000 人中，絕大多數因寒冷而死亡，只有 350 人幸存」。 而且拉瑞也知道利用寒冷的好處，他能在不用麻醉的情形下以低溫對傷患士兵施行手術(賴福明，民 81)。 另外；低溫學是現代醫學中較神祕而獨樹一格之技術，諸如：低溫下心臟移植及其他手術及時下流行而未證實的急凍人技術等話題，均如火如荼被研究及應用(見 13 節)。

四、地球環境劇變增加體溫過低之機會：

依據國際氣候預測研究學會預測，今年出現「聖嬰」的機率是百分之 50-60，比往常預估值百分之 25 高出不少。(路透社，2002)。由於地球增溫及溫室效應和生態

的不平衡，全球氣候變化劇變，是否加速大洪水時代的來臨？「歐洲的世紀水患從南歐淹向中歐，捷克首都布拉格於 2002 年八月十四日清晨 雖然力警戒嚴防豪雨，但當天傍晚卻洪潮滅頂，一百多年來最大的洪患從南到北貫穿布拉格古城」。（胡蕙寧，民 91）。

國人在週休二日以後，閒暇時間增多，摧化了臺灣休閒時代的全面來臨，海上或水域之休閒及商業活動日益熱絡。 因颱風、水災造成的水難事件，或因水上休閒活動、潛水活動乃至水域的商業等活動使加大與水的接處面、意外落水的傷害事件層出不窮，造成因體溫過低而喪命之案例也有增加的趨勢。

五、環境因素的體溫過低構成安全威脅：

（一）寒冷的環境影響人類活動：

除了高山症之外，寒冷是登山者的大敵，其為

影響登山活動成敗的關鍵，對生命更是一大威脅。寒冷曾改變軍事史，在寒冷天氣中作戰或演習時的受傷、保暖的不足及穿著不當、體力耗盡或先前舊有的其他疾病…等都容易造成體溫過低症（賴福明民 81）。 又如；美國每年約有 8000 名與水有關死亡之病歷，而其中多是因冷水而引起。浸泡在冷水中會迅速產生急遽生理變化使患者在 15 至 20 分鐘內死亡，或在短時間造成體溫過低現象，進一步的發生致命現象（梁金銅，民 78）。 所以人體浸泡於於低水溫環境中致體溫流失之速度，並非一般處於

低溫陸上淋溼身體或滿身大汗之失溫速度所能比擬。　冬季的溯溪者不慎弄濕了身體或泛舟者的落水所造成之失溫現象將意外的快速。寒冬潛水、夜間的潛水、深海潛水等活動或潛水迷失方位者及意外落水者，將構成體溫過低現象對其生命構成威脅。所以,人體曝露於惡烈而寒冷環境下皆有體溫過低之危險，陸上活動舉凡處於冷風、冰雪、寒雨、暴風雪等之中，或從事高危險的戶外休閒活動，如；登山運動、攀岩或攀冰、滑雪、在冰雪中長途的行進或駕駛雪車等。　水上活動諸如；長時間在冰冷水域或寒冷氣候中游泳、玩風浪板、滑水、衝浪、橡皮艇、操作船艇與不慎落水。　或激烈運動後又滿身大汗，或喝酒宿醉情況下的吹風，加上喝了有利尿作用之茶葉或咖啡飲料等，使體溫意外低落等因素皆為體溫過低之因素(Nick Olmos-Lau,2003)。

(二)處於不同海跋環境對體溫過低之威脅：

在對流層環境中其氣溫隨高度增加而下降，一般的溫度遞減率為每上升 100 公尺約下降 0.65℃，但每天皆有些微的變化，不同地區也有些微差異。(香港天氣資訊頻道，2004)。如圖 1 所示。臺灣位處於亞熱帶，海面年平均溫度 25℃，夏天則略高一些，雖此；長時間的浸泡加上風吹與夜晚之低氣溫仍是危險，登山活動在高海跋加上夜晚的低溫卻超乎一般人的想像。　登山時；領隊者如早期的體溫過低而影響其智力或判斷力，則可能造成全體隊員的迷路和危險(蔡漢謨等，民 70)。

近年來登山運動蓬勃發展人口日增，每年山難事件仍層出不窮造成憾事，但山難發生的比率仍遠低於一般事故如溺水、車禍等比率，確因其新聞性較高，所以常讓大眾誤認為山難發生率偏高之故（錢元康．民 80）。在山難方面仍是以墜落及體溫過低居多 (Auerbach,1995)。

新田隆三指出。於意外雪崩中被掩埋者之體溫，在遠心端末稍部位呈較低之狀態，與長骨起止之深部肌肉溫度次之，於胸腔與顱內之溫度降低最慢，但這些輕微變化足以造成內臟機能失調、凍傷及降低自我防衛能力（新田隆三，1999）。如圖 2 所示。

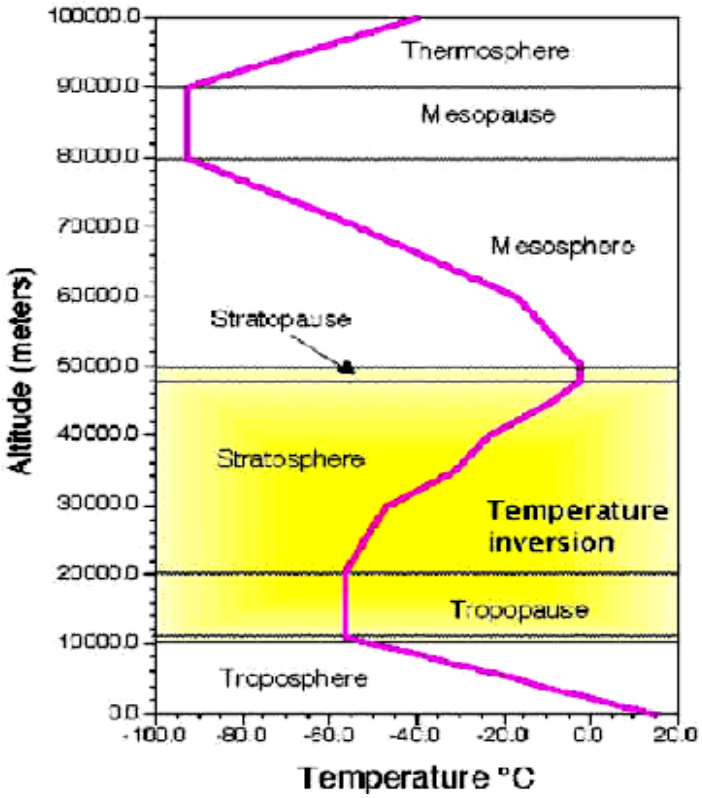

圖 1 大氣層溫度的垂直分佈圖（香港天氣資訊頻道，2004）。

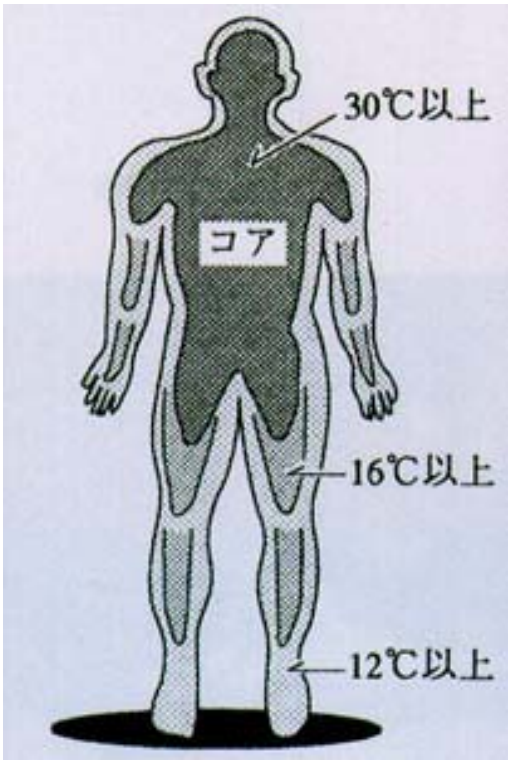

圖 2 雪崩中救出者之體溫分佈圖(新田隆三，1999)。

第三節 體溫過低為臺灣潛在的環境急症

一、臺灣冬季潛藏致命的低溫環境：

臺灣地處亞熱帶，夏季高溫可超過 37℃，冬季低溫可低至 10℃以下，山區也常見 0℃以下之低溫。相關案例如下幾則：

(一)「氣象局指出，強烈大陸冷氣團持續發威，淡水前天出現 3.5℃低溫，創十八年來低溫記錄。而嘉義清晨只有 5℃，新竹只有 5.9℃，臺北、台中、台南、宜蘭為 6-7℃，山區低溫都在 0℃以下，玉山零下 9.6℃，阿里山零下 2.5℃，連陽明山也降到零下 0.7℃，民國五十二年一月二十八日臺北也有零下 0.1

℃的計錄。(汪文豪，民 93)。」。

(二)「南投報導：今年雪季姍姍來遲，自春節前夕才見大規模降雪，今年台 14 甲線 26 公里的鳶峰段就有雪可賞，目前由昆陽以上之路面積雪都達 60 公分以上，如圖 3 所示(楊樹煌，民 93)。」。

(三)「臺北縣報導：來台幫傭的越南籍女子阮氏明前天被顧主發現陳屍床上，經檢警指出，由於連日來氣溫偏低，死者長期居住熱帶地區，可能因為氣候因素引發身體不適而心臟衰竭死亡(饒磐安等，民 93)。」。

(四)「臺北報導:臺北市消防局統計，大年初一到初三因天冷造成身體不適之救護案件達 484 人，路倒 68 人,今天也有 7 人路倒送醫,昨晨在萬華的老松公園廁所內發現 46 歲遊民潘武雄遭凍死之案件。(陶煥昌，民 93)。」。

(五)近日天氣濕冷,送到急診室之病患有不少體溫較低現象，來自倒臥濕冷路旁或醉患(林淑瑩，民 93)。諸如上述案例及報導證明瞭臺灣仍潛藏致命的低溫環境或因素。在臺灣對於冷急症雖少有正式統計報告，但各醫院卻經常有零星的報告。體溫過低問題卻無法因處於亞熱帶地區而倖免，根據陳自立大夫於 1992 年 1 月至 3 月在臺北榮民總醫院之統計,發現了 23 位體溫低於 35℃的體溫過低急診病患，以亞熱帶的臺灣地區仍有不少體溫過低病患，因此體溫過低問題在臺灣仍然值得重視。(陳自立等，民 82)。



圖 3 合歡山瑞雪紛飛積雪 60 公分。(沈揮勝，民 93)。

二、多元之休閒活動增添意外體溫過低之機會：

臺灣隨著時代進步與科學昌明，機器、資訊、電腦等高科技取代人力，使國人生活更富裕也更有時間從事休閒活動，然而在多采多姿的各種休閒活動中，少了與水有關的遊樂設施或活動卻難以盡興，位處於亞熱帶的臺灣，四面環海、河川、池塘、溪流遍佈，湖泊也散佈於若干縣市。游泳為青年朋友最佳消暑方法之一（李明榮等，民 90）。除此之外；戶外休閒活動也如雨後春筍般的蔚為風潮。無論是在空中的、陸地上的、水面上的、水面下的等四度空間，不分季節人們正如火如荼進行滿足心靈的描述及促進身體健康的活動。例如：天上飛的

有飛行傘、熱氣球、輕航機、滑翔翼、跳傘，陸地上的有登山、溯溪、溪釣、磯釣、滑雪等，水面上的有游泳、風浪板、帆船、衝浪、水上機車(噴射橇)、香蕉船、拖曳傘、泛舟、划船、海釣、賞鯨、搭乘船艇或渡輪等。水面下的有水肺潛水、浮潛、自由潛水(徒手潛水)、乘坐觀光潛水艇等，無論是高度的改變或不慎落水也會因所處環境之溫度改變體溫，這些看來是微不足道的改變，卻會是造成意外體溫過低的因素。(廖朝輝，民 90)。

三、寒冬水域的威脅：

溫帶海水溫度約為 24℃-26℃(武育勇，民 87)，而臺灣每年冬開始至次年元宵期間氣溫最低。南部約可降到-10，中部 7-8℃，北部 6-7℃，寒流來襲的嘉南平原可降到 4-5℃，使多處魚塭的魚也被凍斃。相關報導如下:「嘉義地區昨天清晨六時三十分創下今年入冬以來最低溫記錄，義竹鄉、東石鄉、布袋鎮沿海的虱目魚塭都出現遭凍斃或凍傷的大、小虱目魚。(王建訓等，民 93)。」。 如上述報導冬季的臺灣水域確實潛藏寒冷的致命危機。 人們在沿海或海上進行活動，其海風、海浪強大，並無陸地上的建築物及被植農作物保溫，使海上活動者遭受低溫之壓力更為劇烈。 人們若意外落水，無論發生在陸地上的溪流或湖塘及海域，所造成體溫過低的問題，將對生命構成重大威脅(廖朝輝，民 90)。

四、近年來在臺灣有關體溫過低之受難案例：

隨著科學昌明及世界休閒風潮，人們與水域的接觸

面大增，並提高了水上休閒活動的層面，同時也增加水難事件發之生率。其相關案例如下：

(一)2001 年 8 月 18 日上午在綠島海域潛水失蹤的四位遊客，在海上經一天一夜漂流後，19 日下午一時二十分於台東三仙台外海被經過的砂石船救起，其中女潛水客詹琇貞因體溫過低，經緊急請求海鷗部隊直升機送往花蓮的慈濟醫院救治，仍宣告死亡。(陳正王等，民 90)。

(二)2001 年 11 月 14 日一架編號 2058 號幻象 2000 戰 鬥機，在新竹外海失事墜海，其中一飛官失蹤，另一位 獲救的飛行教官張健翔，由於落海時間過久導致嚴重體溫過低，雖經國軍新竹醫院全力強救，院方仍於下午五時 四十分宣告不治(蔡彰盛，民 90)。

(三)2003 年台灣四季溯溪協會 12 名會員利用雙十節，結伴前往新竹縣泰崗溪及塔克金溪登山溯溪，10 日下午成員之一的林明輝途中遭激流沖倒失足，致使腳部卡在溪流石縫中而動彈不得，危機發生後會員們自行解套但無法化解，加上山區天候不穩與饑寒交迫，經尖石分隊及民間 911 救援隊 21 人及 2 輛救護車於 11 日上午 6 時 30 分發現目標展開救援，但林某因半身浸泡水中過久已嚴重失溫、意識模糊及生命跡象微弱，經消防署直昇機於 8 時 21 分抵達現場吊掛後，於 9 時 10 分送下山轉往竹北的東元醫院急救，但林某到院前已氣絕身亡(何高祿等，民 92)、(廖雪茹，民 92)。

諸如上述幾則案例證明在臺灣環境或進行戶外活動，確

實潛藏致命體溫過低之危機，所以；體溫過低之問題在臺灣值得重視。

第四節　熱壓力與溫覺

環境之內在或外在溫度變化可視為一種壓力現象，其可經由計器物理反應或生物感受反應呈現得之，相關理論如下：

一、熱壓力(Heat Stress)：

學者梁金銅指出；一般周圍溫度只是環境熱壓力之一，但並非唯一因素，其他如濕度、空氣流動、輻射熱等。然而揮發是重要的散熱方法，且取決於相對濕度。所以可以用濕球溫度計 Wet Bulb Temperature,WBT)來測量相對濕度，其為測量環境熱壓力之重要指標。「相對濕度」就是濕球與乾球的比較。(WBT)可用以檢查於某記錄溫度下的揮發效果。揮發作用取決於風速和空氣中之蒸氣量。濕球溫度計可偵測到空氣中 70%的熱壓力，而乾球濕度計只能偵測到 10%，所以；美國軍方發展較理想之濕球面溫度計(Wet Bulb Globe Temperature,WBGT)，其周圍溫度以乾球溫度計測得數值(T_{db})，濕度以濕球溫度計測得數值(T_{wb})，球面溫度以黑球溫度測得數值(T_g)，並以公式 $WBGT=0.7\times T_{wb}+0.2\times T+0.1\times T_{db}$ 換算求得可廣泛適用℃之值。溫和又濕度大的天氣比乾燥而炎熱天氣之熱壓力的「感受溫度」感覺更熱。相同溫度指標之空氣，濕度高者比濕度低者之「感受溫度」更強烈(更冷或更熱)。以低於一般常溫狀

態下，若加上風吹之感覺會更冷，且風速越快感覺越冷。（梁金銅，民 78）。

二、溫覺 (Temperature Senses)：

溫覺分可為熱覺和冷覺，熱覺為皮膚溫度上升的感覺，冷覺為皮膚溫度下降的感覺。 溫覺之刺激是由於外界溫度或皮膚內血液循環之變化引起皮膚溫度之改變。所以皮膚潮紅是有熱的感覺，而皮膚血管收縮就有冷的感覺。 皮膚之真實溫度應為生理的零度 (Physiological zero)，也就是無冷或熱感覺的溫度。（薑壽德，民 56）。

三、溫覺感受器 (Thermoreceptive Receptors)：

皮膚對於感覺有其不同之感受器，如；觸覺、壓覺、溫覺、冷覺、痛覺等。 為了保護人體避免因過高或過低溫度之破壞，在皮膚上擁有對溫度有關之感受器藉以痛覺發出警訊機制之溫覺感受器，並可分為對高溫敏感及低溫敏感之感受器。（李文森，民 86）。

（一）對溫暖敏感之感受器 (Warmth-Sensitive)：

其感受器為路氏小體 (Ruffini Corpuscle) 位於真皮深層部，因溫度高於 45℃ 將造成組織傷害，所以開始反應使感覺變成痛覺，如下圖 4 所示。為此；筆者以為此種 (痛覺) 即為一般人所稱之 (燙的感覺)，其溫度再升高及時間再加長將會燙傷。此感覺乃防止高溫傷害之警訊。

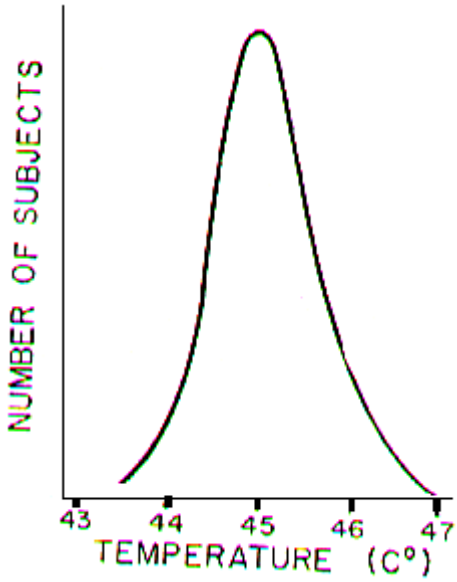

圖 4 不同溫度作用於皮膚引起痛覺程度分佈(Guyton，1980)。

（二）對冷敏感之感受器(Cold -Sensitive)：

其感受器為克氏小體(Kruase's Corpuscle)位於真皮深層部，冷受器於 10℃以下反應使感覺變成痛覺。（許世昌，民 84）。如下圖 5 所示。為此；筆者以為此種(痛覺)即為一般人所稱之(凍的感覺),其溫度再降低及時間再加長將會凍傷。此感覺乃防止低溫傷害之警訊。

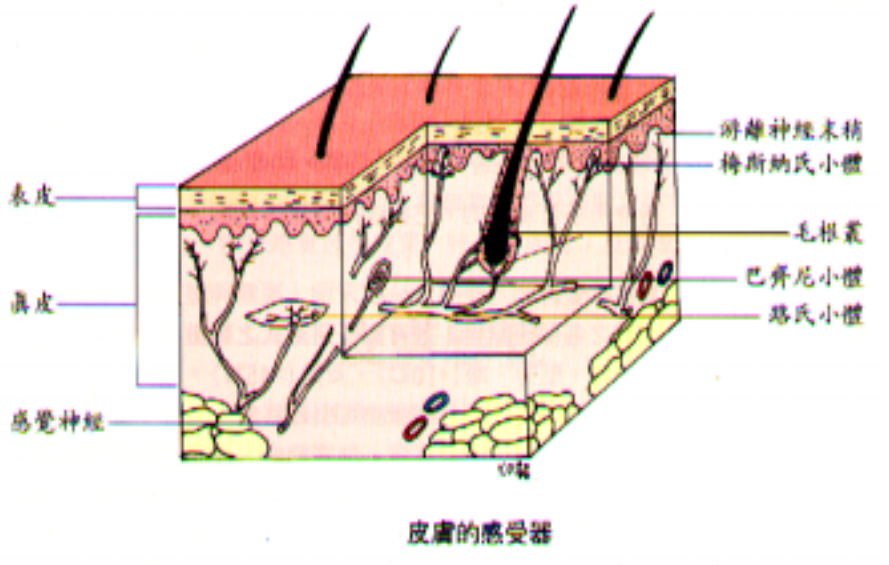

圖 5 皮膚之感受器(許世昌，民 84)。

綜觀上述之溫度、溼度、溫覺與氣流對實際之感覺溫度之關係如下圖 6 所示。

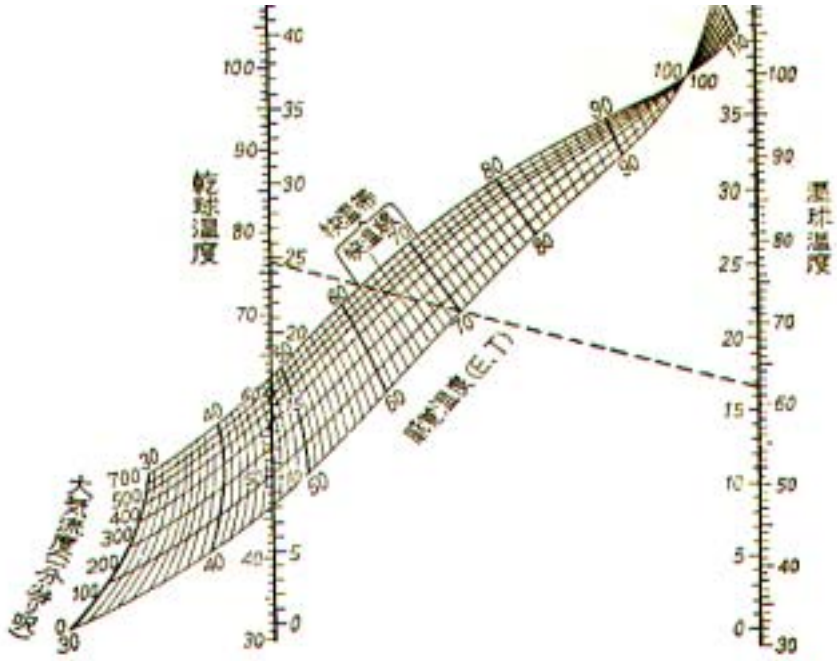

圖 6 溫度、溼度與氣流對實感溫度關係對照圖(豬飼道夫等，昭和 42)。

第五節　動物體溫之種類

學者張振隆及 George 等指出動物之活動皆需要溫度，而其溫度獲得方式概略可分為：恆溫動物、變溫動物、異溫動物等型態，其各類型態及闡明如下：

一、恆溫動物(Homothermic animal)：

又稱溫血動物（Warm-Blood Animal）。其體溫不受外界環境影響而改變。如；動物體溫有些是保持不變的（溫血動物）如；人、猴、狗、鳥等高等動物，都屬於溫血動物。它們能夠相對的不依賴環境而活動，因為他們能夠保持恆定的體溫，只要內部溫度不變，對於氧運輸、細胞代謝和肌肉收縮等過程在冷和熱的環境中不致受到損害，假如；人類不是溫血動物，就無法統治世界。 有些則隨環境而變化（冷血動物）。如；蜥蜴、青蛙和昆蟲之類的冷血動物只能任自然界的擺佈。

二、變溫動物(Poikilothermic Animal)：

又稱冷血動物(Cold-Blood Animal)。其體溫受外界環境溫度改變而改變。如；兩棲類、爬蟲類、魚類等無脊椎動物。

三、異溫動物(Heterothermic Animal)：

非常少數有冬眠之哺乳動物，除了冬眠期間之體溫為隨環境溫度而改變，其他期間均為恆溫狀態(George，2000)、（張振隆，民 84），。

第六節　體溫與測量

一、人體之正常體溫(Temperature)：

人體以生理學的角度而言，體溫和血壓之指標可顯示身體健康狀況是否恆定之重要指標（湯銘哲　民90）。尤其法醫界對於體溫的低下也為象徵並作為早期死體之參考(若杉長英，1988)。　正常的人體體溫約36.9℃ ±0.5℃，體溫過高或過低即為異常，異常的體溫將對生命構成威脅。如圖7所示。中原先生則界定在37℃前後，如圖8所示。體溫是傳統所指的四個生命徵象之一，例如：體溫、脈博、呼吸和血壓。體溫也是身體健康或不適之最敏感且可信賴之指標之一。當身體健康時體溫不受環境及生理之影響而保持驚人的恒定，因此體溫上任何可見的變化是生理受擾的信號。(趙玫珍，1989)。

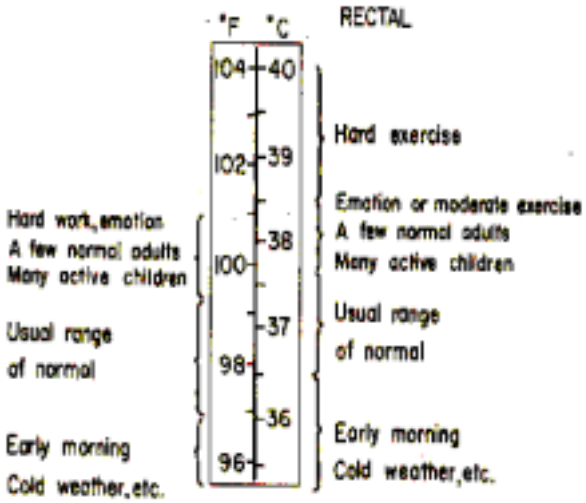

圖 7 人體正常體溫之範圍(Dubois,1948)。.



圖 8 人體深部(核心)溫度示意圖(中原，2002)。

二、體溫的測量：

依據趙玫珍在基本護理學中指出：一般人體溫度測量可分為；皮膚溫度(Skin Temperature)測量和深層體溫(Deep-Body Temperature)測量等，其闡明如下：

(一)皮膚溫度測量：

一般皮膚溫度之測量可利用熱敏電阻感覺器(Sensors)黏貼於全身各部位之之膚上，如；額頭、胸部、前臂、大腿、小腿、腹部、背部等七個黏貼點，其數值相加再除以七，為皮膚平均溫度。

(二)深層體溫測量：

深層體溫之測量工具可利用水銀溫式溫度計(Mercury Thrymometers)和熱電(Thermocouples)及熱敏電阻(Thermistors)及紅線式等計器之物理反應來偵測。常用來偵測體溫的部位(Sites)有：口腔(Mouth)、肛門(Rectum)、腋下(Axillary)、食道

(Esophagus)等四個部位。測量體溫在國際上慣用度量單位有攝式(Centigrade，簡稱℃)及華式(Fahrenheit，簡稱℉)兩種度量衡標準方式來讀取。（本文採攝氏簡稱℃為指示標準)。 由於一般體溫計最低只能量到35℃，因此必須使用特殊的體溫計，(如耳溫槍、肛溫計或食道溫度計等)才能量到較低之體溫。 一般體溫計之刻度範圍多為35℃-42℃（90℉-106℉），發燒警示之標記為37-37.5℃，另有婦女基礎體溫計之偏高範圍則有特別標示。另外臨床溫度計則擴充至33℃(92℉)，其略可測得顯示體溫過低之指標。但可測得再低下之體溫計器則較少。(趙玫珍，1989)。

三、體溫計之種類：

體溫計(Thermometers)之類型有：玻璃和水銀式(Glass and Mercury)(如下；圖9所示)、電子式(Electronic)、嬰兒奶嘴式等其包含刻度型及數字顯示型、另外；還有耳溫槍(Ear Thermometer)為近年來風行即快速方便又可精確偵測到鼓室溫度(Tympanic Temperature)之深層溫度之溫度計。 另外較特殊的有紙條式或紙片式(Tape or Patch)及使用一次即丟式(disposable，single-use)等。 但水銀溫度計，因其危險性較高，已逐漸被歐洲國家所禁用(林正常，民91)。 學者 Harker、Gibson P 等表示；一般體溫計最低只測到35℃，因此必須使用特殊的體溫計，如；肛溫計、食道溫度計或耳溫槍等，才能量到低的體溫。若無特殊的體溫

計，可將手掌放在患者上腹或前胸，如感覺冰冷時即疑有體溫過低之可能(Harker、Gibson，1995)。

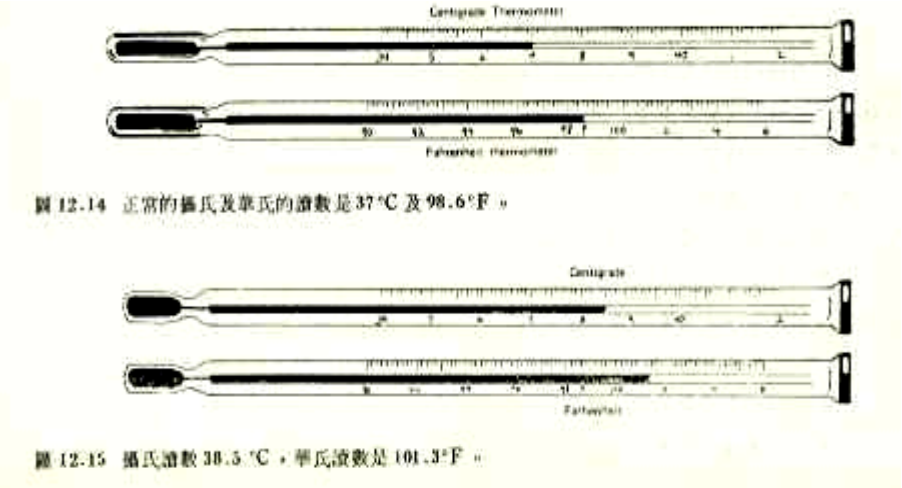

圖 12.14 正常的攝氏及華氏的讀數是37°C及98.6°F。

圖 12.15 攝氏讀數38.5°C，華氏讀數是101.3°F。

圖 9 體溫計(趙玫珍，1989)。

第七 節 能量與化學反應

一、熱力學之二大定律與物系能量：

學者王文憲指出熱力學二大定律之第一定律為物系(包含其環境)之總量不會無故消失，此乃所謂「能量守恆定律」。第二定律為物產之總「熵 Entropy」必需增加化學反應才會自然發生(王文憲，民81)。

二、生物能：

在體內進行分解代謝食物中的養份可產生與該物在體外燃燒所釋放相同的能量。其在體內分解過程中所釋出之能量，可形成「熱」也可變成「儲能物(如；ATP等)和「生物功(Biological work)例如；肌肉收縮」，而「生物功」之進行最後皆「產熱」，所以輸出之能量大部

份以「熱」為產物，只有少部份用於「工作」，在生物「功」所利用之能量必先有合成之 ATP 分子再分解後，方可迅速成為工作所需的「能」。　即：「熱」＋「儲能」＋「生物功」＝輸出能量。（張振隆，民 84）。

三、化學能：

體內發生化學反應，就是分子內的原子與原子間之鍵的形成或斷裂會有能量參與，化學鍵型成需要能量，斷裂時則釋放能量，其以三種形式表現。如下：

（一）熱能 (Heat Energy)：

食物的分解為分解反應，會釋出能量供身體建造使用，其以熱能形式發生使人體保持溫暖。

（二）位能 (Potential Enegy)：

部份食物則分裂形成可以儲存體內之化合物，以供在需要更多能量時將保存之化合物完全分解，如此儲存能量稱之位能。（張振隆，民 84）

（三）動能 (Kinetic Energy)：

醣類、脂肪、蛋白質等可被用來合成大量 ATP（三燐酸腺苷酸）供為細胞之能源，其對生命是非常重要之能量形式（賈皓琪等，民 70）。　當細胞主動協助物質通過膜時，必須消耗能量甚至對抗濃度梯度使物質運動，其物質常為離子係由低梯度區，通過細胞膜送往高梯度區，此運送過程是利用 ATP 供給能量以對抗濃度差（李文森，民 86）。 ATP 為體內重要的能量，因為細胞可利用醣類、脂類和蛋白質合成大量的 ATP，而生物中最重要的高能量

傳送物質就是 ATP，並利用它來執行功能，其有如能量儲存庫是能量的來源，所以；ATP 不僅能備合成也能被利用，可視為能量的流通物(EnergyCurrency)，其可供作合成細胞本之材料及生長、肌肉收縮、腺體分泌、循環及代謝等。(張振隆，民 84)。　且肌肉收縮時需要能量，當神經衝動刺激肌纖維時，ATP 於 ATPase 之存在下分解成為 ADP＋Pi 將能量釋出。ATP 也是肌肉收縮時之直接能量來源(李文森，民 86)。　骨骼肌運動透過三大能量系統，如；1、ATP-PC 系統。2、乳酸系統。3、有氧糖解系統等，且主要利用 ATP 為能源;而 ATP 主要是來自血中葡萄糖的氧化,故會消耗能量、氧、血糖(Mcardle,1996)。

第八節　體熱與新陳代謝

一、熱的測量(Measuring Heat):

能量代謝與體熱概念如下；熱(Heat)是能量的一種形式，可以用溫度來測量，多以仟卡為能量單位。(張振隆，民 84)。

熱可以用溫度(Temperature)來測量。並以熱量單位(卡 Cal)表示之。Calorie=Cal 指一公克的之水自 14℃升高至 15℃所需之熱量，如下圖 10 所示。Cal 是小單位，儲存於食物中的的高熱量以仟卡(Kcal)表示之(1Kcal=1000Cal)。而 Kcal 為度量食物中所含熱量及之身體代謝率之單位(許世昌，民 84)。

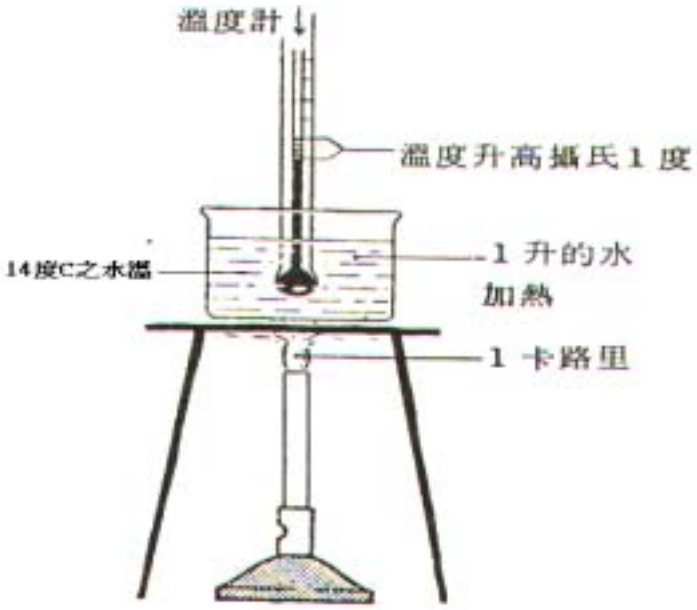

圖 10 卡路里之定義示意圖(林茂村，民 76)。

二、人體熱能之產生(Production of Body Heat)：

皮膚和血液之溫度上升，體溫調節中樞即啟動，促使皮膚血管擴張，並引起出汗散發體熱。相反的，皮膚溫度下降時，體溫調節中樞即發生作用，使皮膚血管收縮，增高肌肉緊張程度，以防止散熱並促進產熱(陳相榮，民 69)。 在寒冷狀態下，可經由骨骼肌不斷收縮(發抖)產熱以提昇體溫。(Savage,1994)。

人體所產之熱大多來自人們所吃食物之氧化物。及下列方式產生如下：

(一)基礎代謝：

人體熱量依靠組織氧化作用，安靜時之產熱來自體內物質之氧化作用。

(二)骨骼肌收縮：

肌肉運動時因消耗能量而產熱，發抖也是恒溫

動物曝露於寒冷環境而產熱之一種反應。如；不隨意的肌肉收縮-發抖，或隨意肌的骨骼肌收縮，去寒的暖身操等(蔡翹，民 35)。 骨骼肌之收縮為最多產熱來源，因為；每公克骨骼肌每次收縮可產生 0.0035 大卡的熱，所以；當全身運動時將大量產熱，故此乃引起體溫改變之內分泌腺體「甲狀腺」為何利用組織呼吸促進代謝，及利用血鈣調節肌肉收縮顫抖以產生體熱之原因(蘇雄飛等，民 67)。因此；筆者以為其有如寒冬之排尿後的寒顫，乃因藉以骨骼肌的快速收縮來快速產熱，迅速補充經由尿液將人體核心所帶走部份「熱」的不足。

(三)食物之攝取：

人體對食物或飲料的需求,以滿足生理或心理的慾望。即；想吃的慾望。(Flexner,1987)。腦部結合生物及心理系統協同作用，以蒐集有機體相關之能量需求、營養狀態、饑餓、食物偏好及社會、文化的要求等訊息，後將此訊號送到神經系統、荷爾蒙系統、器官和肌肉系統中引發覓食、進食及抑制等反應(Zimbardo,1991)。.尤其蛋白質實物能刺激組織細胞之代謝作用而產生額外之熱量(張振隆，民 84)。 若在冰冷的水中游泳、泡冷水或在冬季等情況，體溫比平常更低時將使食慾增進(劉建恒，民 85)。

(四)生化熱能之轉換：

1.碳水化合物氧化產生之熱量為 46%。

2.脂肪所產生之熱量約佔 38%。

3.蛋白質所產生之熱約佔 16%，（蔡翹，民 35）。

4.特殊的熱轉換方式：

另有特殊現象如下：　一些研究指出，處於冷的氣溫幾星期後，顫抖發生延遲，使冷服習的人可以增加非寒顫的產熱過程以保證產熱，使寒顫減輕。其增加了去甲腎上腺素的分泌，產生脫耦聯的氧化磷酸化過程，因此產生了熱而不生成 ATP，棕色脂肪組織被認為是最豐富的非寒顫產熱來源。（楊錫讓，民 80）。

（五）甲狀腺激素及腎上腺激素對於細胞之影響：

人體因分解食物而釋放熱能，而基礎代謝率為測定人體分解食物之速率，也可代表甲狀腺產生多少甲狀腺素，因為甲狀腺素可調節食物分解之速率。（許世昌，民 84）。

甲狀腺激素及腎上腺激素皆可促進細胞氧化作用而增加熱產量，但甲狀腺激素之作用緩慢，不足以應付身體突來寒冷之反應，但對於適應長時間居於寒帶者有顯著貢獻，而腎上腺激素促進細胞產熱之功效較迅速，可應付身體突來冷環境之反應（張振隆，民 84）。

三、產熱量因不同環境與運動強度而異：

產熱之來源，正常狀態下身體熱量可由內源性的細胞代謝產生，或者外源性的從外界環境獲得。在正常狀況下人體的基礎代謝，每小時身體約產生 100 大卡(Kcal)之熱量，或 50-60 大卡/小時/平方公尺體表面積的熱量。

以體重 70 公斤者為例，若是熱量完全沒有散失，70 大千卡的熱量則將會使體溫每小時上升 0.8℃ (Harker ,1995)。 但在劇烈運動下，體熱的產生可每小時高達 900 千卡。若在太陽直接照射情況下，每小時則又可增加熱能達 300 千卡，所以，在炎熱陽光下從事劇烈運動，將會使產熱增加並增加熱急症的危險 (Tom,1994)。

四、新陳代謝（Mentabolism）：

能量的釋放和吸收若以釋放大於吸收其總能量變化仍為釋能，其以熱能表現出來，其餘能量為化學能。在生化反應方面釋能就是異化作用(Catabolism)，是將分子分解或氧化，合成反應就是同化(Anabolism)，如下圖 11 所示，二者合稱新陳代謝，（王文憲，民 81）。

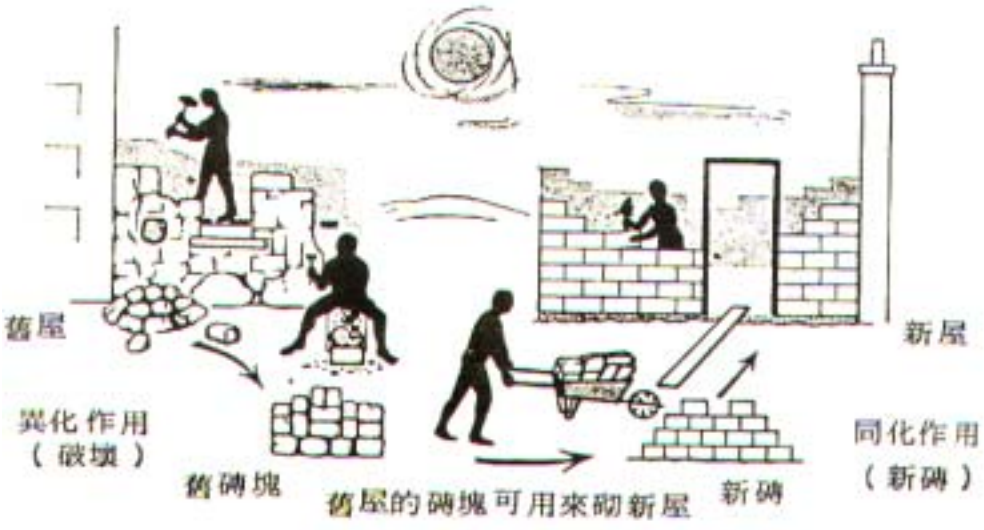

圖 11 異化作用與同化作用示意圖(林茂村，民 76)。

其指發生在體內所合成與分解反應之總合，即體內所有同化與異化作用之總合。新陳代謝率高者其進食大

量食物也不會增加體重，由於迅速分解反應產生能量及熱量，如此「神精質」的能量使其經常抱怨太熱。 相反的；新陳代謝率低下者其養份被利用較慢，僅少部份被利用，大多被儲存在體內使體重增加，也因消耗能量少使其經常覺得冷(李文森，民 86)。 人體進行新陳代謝包括分解食物的異化作用(Catabolism)，及將分解後的物質合成為身體所需的蛋白質之同化作用(Anabolism)。身體需要的蛋白質、葡萄糖及脂肪需在血液中保持一個均衡狀態，此現象受吃入食物及荷爾蒙之影響，如胰島素(Insulin)其將影響脂肪之儲存及肝臟活力。代謝活動也會影響體內熱平衡，過多的葡萄糖可當作燃料，也可使身體產生脂肪以對抗寒冷環境(洪惠珍，民 78)。

五、代謝率(Metabolic Rate):

人體大部份熱的產生(Production of Heat)來自攝入食物之分解及氧化而產生，其速率謂之代謝率。以 Kcal 量度之。(李文森，民 86)。而熱的製造速率，以仟卡來表示。

六、影響代謝率之因素：

影響代謝率之主因為瘦肌質量(Lean Body Mass)之多寡或稱肌肉重和成長期(Growth Period)及體溫(Body Temperature)等。(張蓮及，民 89)。 其他影響代謝速率因素另有：1.年齡。2.性別。(如下圖 13 所示)3.營養狀態。4.氣候。5.種族差異。6.情緒。8.循環血中之荷

爾蒙。9.工作或運動。10.進食。11.神經系統刺激。12.睡眠。13.其他。(張振隆，民 84)。14.蛋白質的特殊動力作用。15.甲狀腺素。16.發燒等。(賈皓琪等，民 70)。.學者李文森及許世昌等對影響代謝率因素之進一步觀點如下：

(一)運動：

在激烈運動時，代謝率高達正常值 15 倍，優秀運動員則達到 20 倍。

(二)神經系統：

在緊急情況下，交感神經係統釋放正腎上腺素以增加體細胞代謝率。

(三)激素：

除正腎上腺素外，甲狀腺素、睪丸素酮及生長激素皆能提高代謝率。

(四)體溫：

體溫越高則代謝率越高，體溫每升高 1℃生化反應之速率即增加 10%，且發熱時代謝率可能持續增加。

(五)攝入食物：

攝入食物可以增高 10%～20%之代謝率，其稱為特殊動力效應（Specific Dynamic Action;SDA），也謂之食物產熱效應(Diet Induced Thermogenesis;DIT)。以攝入蛋白質所產生之 SDA 最大，醣類與脂類次之。

(六)年齡：

代謝率隨年齡而降低，孩童之代謝率為老人之

兩倍。

（七）其他：

如性別（除懷孕或授乳期之外，一般女性低於男性）、氣候（住熱地區較低）、睡眠（偏低）、營養不良（偏低）……等（許世昌，民 84）、（李文森，民 86）。

七、基礎代謝率：

基礎代謝率(Basal Metabolic Rate 簡稱 BMR)，人們在身體的及心理的休息狀態下維持生命所需的能量（熱值）。（張蓮及，民 89）。 基本條件下之代謝率，即：可維持生命所必需消耗之最小能量。而 BMR 是動物於安靜狀態下之產熱量與耗能量，產熱量之大小取決於其活動細胞數及皮膚散熱量，體溫之維持在於「熱」產生與散失之平衡，而產熱與體表面積成正比。如下圖 12 所示：（張振隆，民 84）。

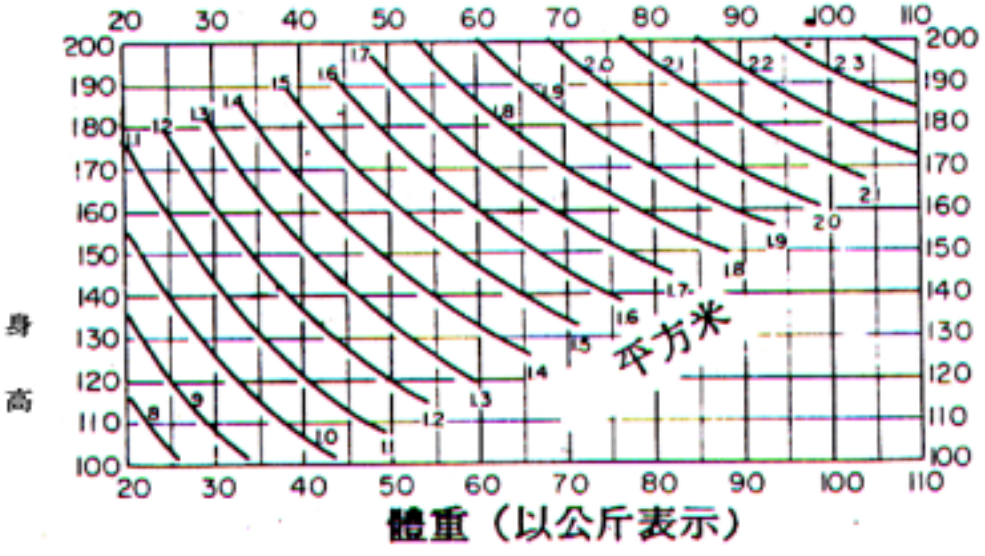

圖 12 身高、體重與體表面積函數示意圖（劉華茂等，民 72）。

其可維持生命必需的最小能量代謝，也是進食經過 14 小時並保持空腹狀態，處於適當溫度房間內橫臥所消耗之能量（蘇雄飛，民 63）。經標準設計狀態下所測定之代謝率稱為「基礎代謝率」簡稱：BMR。其測定之標準狀態為：1.受測者測定前 30～60 分鐘前不可運動，保持清醒中完全休息。2.保持 20～25℃之溫和氣溫。3.禁食 12 小時以上。4.正常體溫狀態。 一般基礎代謝率成年男子為：1 仟卡／公斤體重／小時。 成年女子為：0.9 仟卡／公斤體重／小時。如圖 13 所示。 其範圍在±15%均屬正常，在此範為之外則為甲狀腺素分泌過多或不足（許世昌，民 84）。

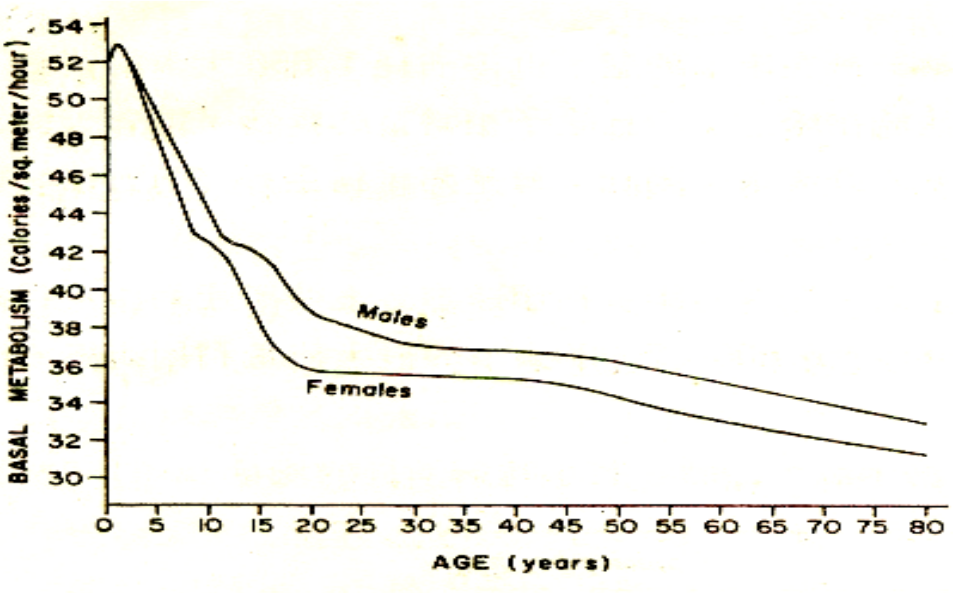

圖 13 兩性在不同年齡之正常基礎代謝率(Guyton.AC：1980)。

第九節 體熱之散失(Loses of Body Heat)

一、人體散熱之四種途逕：

欲探討體溫過低之原因，得先瞭解人體之散熱(Heat Loss)的途逕，學者 Richard 等指出有四，如下：

(一)Radiation 輻射 。

(二)Evaporation 蒸發。

(三)Convection 對流。

(四)Conduction 傳導。

人們攝入食物氧化所產生之熱必需適度的不停移除，否則將使體溫不斷上升而過熱，熱散失之途徑如上上述之輻射、對流、傳導及蒸發，而人體熱量藉由溫差之機制(Gradient mechanism)進行熱量交換和冷卻機制(Cooling mechanism)以達熱的散發。 (Strauss,1991)。對於人體熱量散失，主要經由上述四種途逕來進行，學者 Savage 將其詳述闡明如下：

(一)輻射：

熱不經接觸而直接散射到環境中。一般狀況下，當外界溫度低於體溫時，有 60%的體熱經由輻射作用散熱之，並以頭部（約佔 50%）為最多及雙手及腳來散熱。當環境溫度超過 32℃時，身體難以藉輻射作用散熱之。若環境溫度超過體溫時，環境的熱反而會藉輻射傳入體內，成為身體自外界獲得熱量的來源。即：熱以紅外線熱自一物體傳到另一物體，體溫未經接觸而將熱由身體轉移至週圍冷的物體上而散熱使較冷物體增溫，有如；發光燈泡之熱輻射

照射使物體增溫。以身體處於室溫 21℃環境為例時有 60%的熱因此散失。但若週圍物體溫度較高則身體時反而吸收得到了「熱」。如冬季藉燈來孵小雞。

(二)傳導：

體熱由直接接觸而散失，水的傳導作用比空氣快 24 倍。因此；若穿著濕衣服，熱量將會快速的散失。即：經物理性之接觸將熱由身體傳至物體，例如；坐冷板凳後板凳留有餘溫等。約有 3%之體熱因此散失。

(三)對流：

熱經由周圍空氣的流動而散失，因此在強風中，體熱也將隨之快速散失。熱在不同溫度之氣體或液體間移動，比體溫低之流動空氣與身體接觸時帶走體熱，也使空氣溫度升高。移動速度越快則對流速率越快。一般有 12%之體熱由空氣對流而散失。

(四)蒸發：

人體曝露於惡劣溫度環境下，如在炎熱天氣下進行馬拉松賽之選手，可經由皮膚分泌出汗水將高溫帶出以降低體溫。而汗水經由蒸發而成為水蒸氣，氣溫超過 32℃時，身體熱量的散失，主要即是靠流汗，蒸發水蒸氣來散熱，約每蒸發 1.7ml 的汗水，可散發 1 千卡的體熱。環境相對濕度超過 75%時蒸發散熱能力則隨之降低。(Savage,1994)。

大部份有生命之細胞內含有 85%之水份，而水是「溫度穩定劑」可以做為避免細胞受到過熱與過冷傷害之理想物質，為了避免細胞被熱傷害，水之

氣態作用可藉水蒸氣將發可將體內液體或水份經由蒸發成汗水或水蒸氣將較高的體熱帶走。但若於 30℃時 1 公克之水蒸氣所需之熱量稱為蒸發潛熱(Latent Heat of Evaporation)。 因為水的蒸發潛熱很高，因此自皮膚蒸發每公克之水，會帶走大量的熱(約 0.58 仟卡/1 公克水)。一般狀況下有 25%體熱因此散失，若每小時蒸發 150 克的時，將會使基礎代謝率所產生之熱全部移走，但相對溼度愈高則蒸發速率愈低。(許世昌，民 84)、(賈皓琪等，民 70)、(葉偉成等，民 81)、(Tom,1994、Harker,1995)。人體熱散失示意圖如下：圖 14 所示。

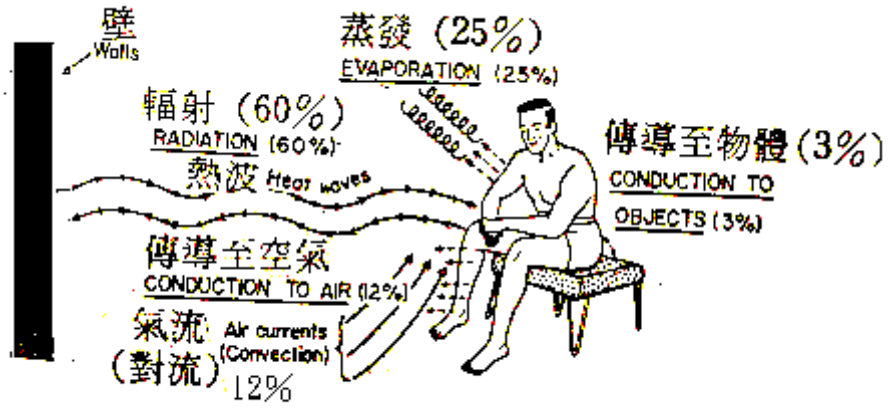

圖 14 人體熱散失示意圖(賈皓琪等，民 70)。

綜觀上述之熱量散失與幅射、蒸發、傳導、對流等有關，然而；基礎代謝、肌肉活動、甲狀腺素對細胞之影響、交感

刺激對細胞的影響、溫度對細胞的影響等之產熱及散熱之熱量得失平衡關係如下圖 15 及圖 16 所示。

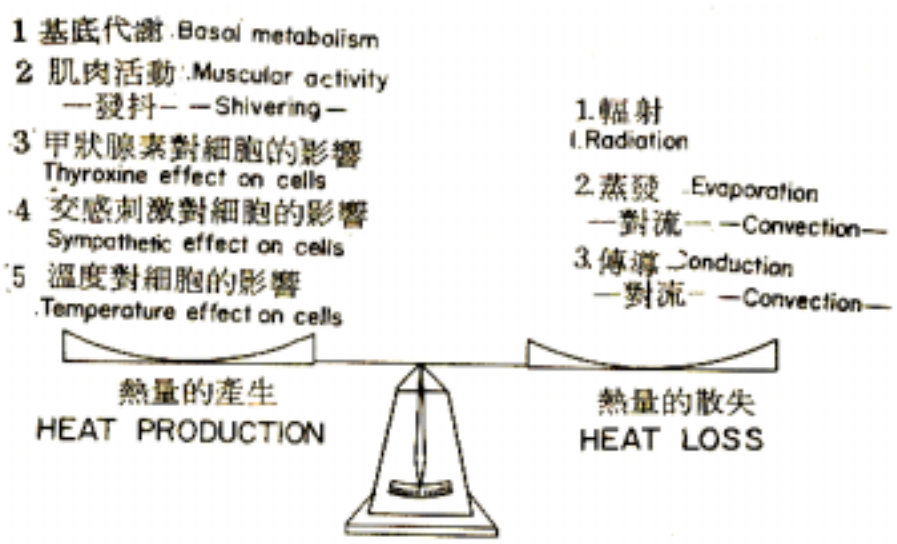

圖 15 熱量得失之平衡示意圖（賈皓琪等，民 70）。

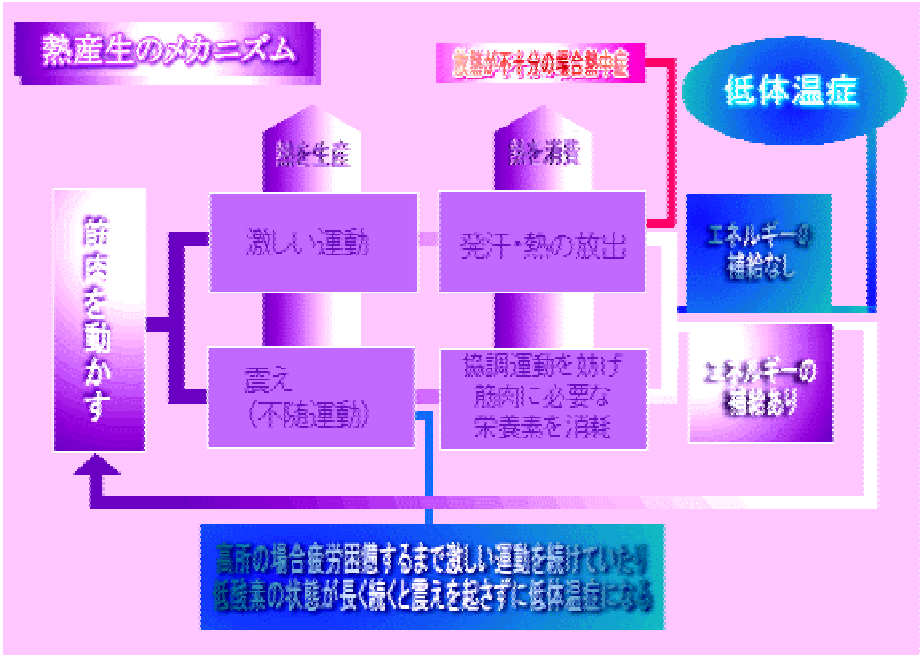

圖 16 熱的產生與消失（石原千秋，1999）。

第十節　體溫調節與恆定

一、維持適當體溫之重要性：

人是恆溫的動物，藉由身體活動及食物之代謝作用來產生熱量，以維持適當體溫及活動能力，大部份產熱之代謝作用則發生於肌肉及肝臟。　體溫的保持則藉由身體皮膚表面薄薄的暖空氣層來達成。低溫、風、雨、水皆會帶走空氣層的熱量造成體溫下降，若身體再無法產生足夠熱量來抵抗，體溫之持續下降則可能導致體溫過低或在冰溫下造成凍傷之慮。　反之在高溫、悶熱或活動過度之情形下，體內所產生的熱量若散出效果不良，則有導致體溫過高而造成中熱衰竭、中暑等熱病之慮，這和體溫過低同樣會造成致命的傷害。要保持舒適的體溫最佳辦法就是穿著適當而乾爽的衣服，以免散熱不良（賴錫欽，民 90）。

二、恒定現象(Homeostasis)

學者賈皓琪等指出:要保持體溫恒定有賴於皮膚及下視丘之溫度受納器之偵測與分析，再藉由神經衝動將訊息傳送到汗腺、動脈週圍之平滑肌與骨骼肌、內分泌腺等溫度反應器上發生作用，使血管收縮或豎毛或顫抖以利絕緣保溫或產熱，及加速血液循環或排汗以利散熱，在散熱與保暖及產熱間調節，使核心體溫維持在一定範圍內。

(一)體溫之恆定現象(Homeostasis of Body Temperature)：

內在環境維持恒定狀態，即為生理學家們所謂之

恒定性(Homeostasis)。而體內所有的器官和組織皆能執行其機能，以助於恒定之維持，通常體溫每小時雖不相同，但為保持恆定其上下波動幅度並不超過 1℃，除非是長時間激烈運動、生病或處於極熱或極冷環境時，體溫才會偏離較大幅度，而體溫可反應身體之熱平衡，而要維持體溫之恆定，必需在產熱與熱散失之間取得平衡，(賈皓琪等，民 72)。其他相關理論如下：

1.體內環境控制系統調節體溫：

早在一世紀前，法國生理學家 Claude Bernard 已觀察到人體溫度的變化，其指出:「人類面對運動情境、氣候變化和飢餓狀況等外在環境變遷時，仍透過複雜的內部環境(Internal Environment)控制系統調節體溫，並維持體溫穩定於不變狀態」。（林正常，民 91）。

2.人體生物性功能在狹窄的溫度範圍內運作：

經有效的保護措施，人類可忍受克服-100℃至 100℃之極大外變化，但細胞的生命力範圍卻甚小，因為在 1℃時，細胞內的水會因結冰而遭破壞，在 45℃時細胞內的蛋白質則有變性的危險，且人體內能忍受 41℃之時間也甚短。 生物性的功能必需在溫度變化極小的範圍內才能正常維持，核心體溫增加或減少 2℃就會導致心理和肉體功能方面的破壞。（梁金銅，民 78）。

3.核心體溫變化幅度微小：

人體日常溫度之變化幅度是狹小的，狹小的變

化也是健康問題之警訊，所以在健康狀況下核心體溫是保持在常態指標的(Hardy,1938)。

（二）、體內恆定與穩定狀態：

學者對於體內恆定與穩定狀態提出看法如下：

1.體內恆定：

Walter Cannon 於 1932 年創造了(體內恆定 Homeostasis)之專有術語，並定義為「維持內部環境恆定不變」。 安靜而正常狀態之人體溫度為「體內恆定」。

2.穩定狀態：

這也是經常出現於運動生理學界之專有名詞，穩定狀態(Steady State)，其意指「穩定之生理環境」(Physiological Environment)」。運動生理界定義運動期間之恆溫現象為「穩定狀態」。亦可視為動態的恆定（Dynamic Constancy）。而體內恆定與穩定狀態二名詞常在同一篇文章中被重複交替使用，但事實上二者確有岐異點（Adolph,1968）、(Marieb,1998.)。

（三）、壓力(Stress)與平衡(Balance)：

臺北醫學院醫學研究所教授李文森所指出之定義為：身體內部環境(細胞外液)保持在某個範圍內之穩定狀態。身體細胞之生存，其細胞外液Extracellular Fluid；ECF)、細胞間液(Intercellular Fluid)或組織液(Tissue fluid)、血漿(Plasma)、細胞內液(Intracellular Fluid；ICF)等組成在任何時間都必需維持平衡狀態。而不穩定或不平衡可視

為壓力，如下；

1.壓力與恒定現象：

有機體之恒定現象均不斷受到壓力干擾。壓力係指促使內在環境不平衡之刺激，區分如下：

(1)外在壓力：如；熱、冷、噪音或缺氧等。

(2)內在壓力：

高血壓、痛、腫瘤、不愉快的感覺等。所幸身體有很多調節(恒定)機轉可以對抗壓力之壓迫，內在環境調整至平衡狀態。如；某些人整天在 0℃以下工作，核心溫度仍可維持在 37℃左右。

2.肌肉(Muscle)與恒定現象：

在維持身體溫度的恒定狀態扮演著重要的角色，例如；耗氧、攜氧與產熱之關係。而骨骼肌所產生之熱量對維持正常體溫扮演著重要的恆定機制地位。(李文森，民 86)。

(四)視丘(Thalamus)與下視丘(Hypothalamus)之功能：

學者許世昌對於視丘及下視丘功能之敘述如下：

1.視丘：

亦作為某些感覺衝動，如；痛、溫度、粗觸覺壓力等之詮釋中樞。

2.下視丘：

定溫度範圍內運作，所以；維持體內溫度之恆定是極重要之生理功能。體溫必需維持在恆定狀態才能順利運作，即使外界溫度時常改變，

人為了保持體內溫度在一定正常範圍，除了藉由行為反應來產熱或散熱之調節之外，下視丘於體內自動的偵測與進行生理功能之調節作用，整合許多自主性的反射來達成恆定狀態扮演無可取代之地位(許世昌，民 84)。

其他學者對下視丘也提出一些看法如下；下視丘為間腦的一小部份，雖然體積很小，其前端有溫度統合中樞(Integrating Center)，與皮膚末稍可視為溫度的受納器，可將核心體溫與預設度數(Set Temperature)作比較分析，若有不同立即啟動調溫反應(張振隆，民 84)。

其控制人體多數與恒定現象有關之作用。尤其主司控制正常體溫，某些細胞有自動調節器之功能，也是調溫中樞(Hypothalamic Temperature Regulating Center)，其資訊來源有前下視丘之溫度敏感細胞(Temperature-Sensitve Cells)和皮膚之溫度感受器，特別是冷感受器，對於有關抗高溫活動刺激主要來自下視丘之溫度敏感細胞之研究，其答案在鼻腔後面，耳內部等靠近下視丘處溫度與應付外界溫度變化之溫度調節反應有關(彭英毅等，民 72)。顯示其頭部中樞刺激與皮膚溫度刺激交互協調作用，使頭部溫度低落至某閾值下開始產熱反應，但皮膚溫度上升時，該閾值則降低使反應減少，如圖 17 所示。

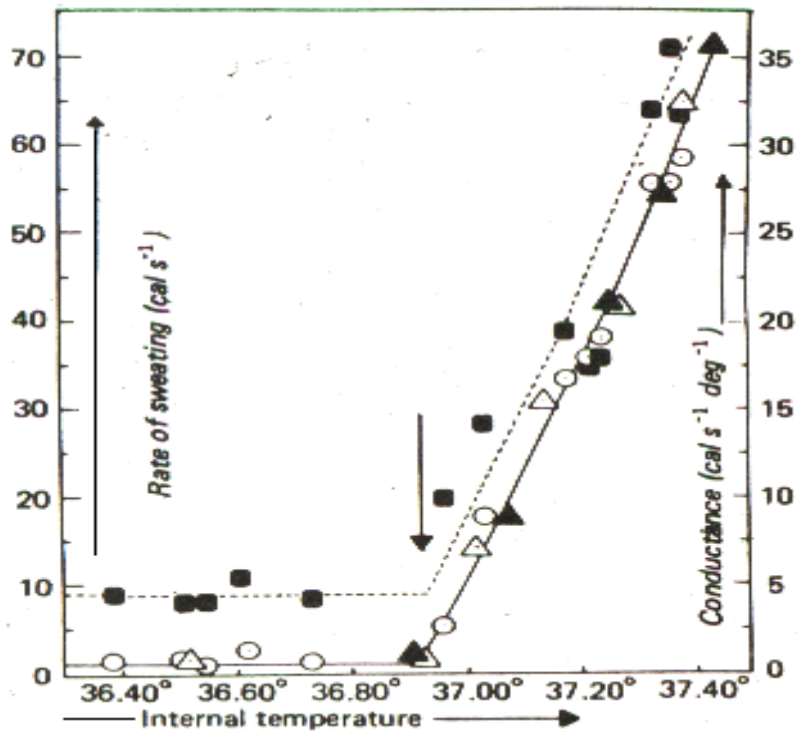

圖 17 顱內部溫度與表皮血流及出汗之定量關係。(Benzinger TH，1960)。

諸如上述下視丘之主要功能綜觀各家學者看法如下：

(1)熱散發之功能：

若溫度較正常為高之血液流經下視丘時，則下視丘將衝動沿著自主神經系統導向刺激以促進散熱，熱量可經由皮膚血管的擴張而由皮膚散發，或以流汗方式散熱(李文森，民 86)。

(2)熱保留之功能：

若溫度較正常低下之血液流經下視丘時，則下視丘將衝動沿著自主神經系統導向刺激以促進熱的保留，熱量可經由皮膚血

管的收縮停止排汗及開始發抖產熱而被保留（李文森，民 86）。

(3)食慾控制之功能：

為維持體內一定能源物質來原，及使體內環境保持恆定，細胞中的組織液不只需維持一定性狀的血液循環之物質作用，且還需調節身體溫度。 其體溫維持在 36.5±1℃之範圍內，此溫度相當於體內酵素作用之活性適溫，當保持一定溫度時，體內化學反應速度方可維持恆定，而食慾的產生即為化學反應，一旦體溫改變其食慾也產生變化（蘇雄飛等，民 67）。下視丘控制體溫之整個機轉稱為「下視丘恆溫系統」 (Hypothalamic Thermostat)，當刺激原破壞下視丘恆溫時，即引發下視丘之體溫調節中樞以調節體溫，其刺激原包括外來之過冷與過熱之氣候溫度或內因之發燒、中暑、病變或運動，值得注意的是：運動為改變體溫之重大因素（林富美，民 89）。如；天氣熱或剛激烈運動後之食慾不振，冬天游泳或浸泡在冰冷水中或在處於寒冷冬季等情況，體溫在比平常更低時易感饑餓等現象，將使食慾增進以攝取熱量來源（劉建恒，民 85）。 另外以賈皓琪等之改變下視丘的定點對體溫之影響，如下圖 18、19、及 20、21 所示

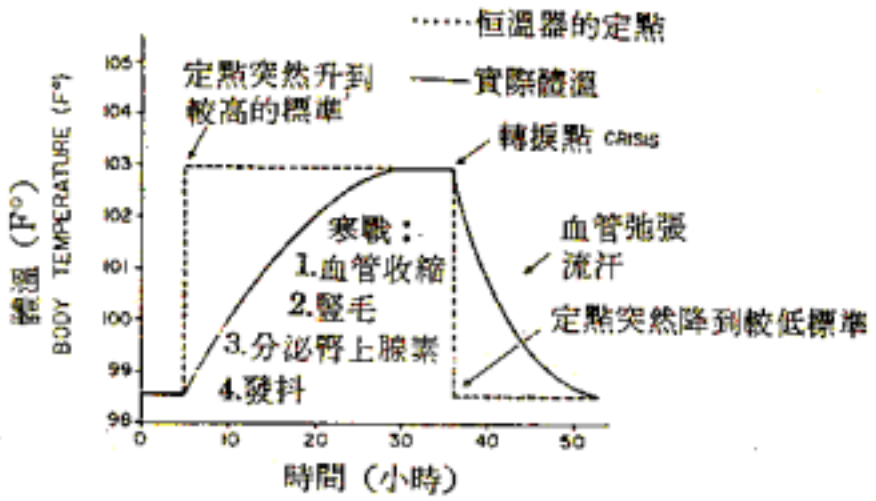

圖 18 改變下視丘之定點對體溫之影響（賈皓琪，民 70）。

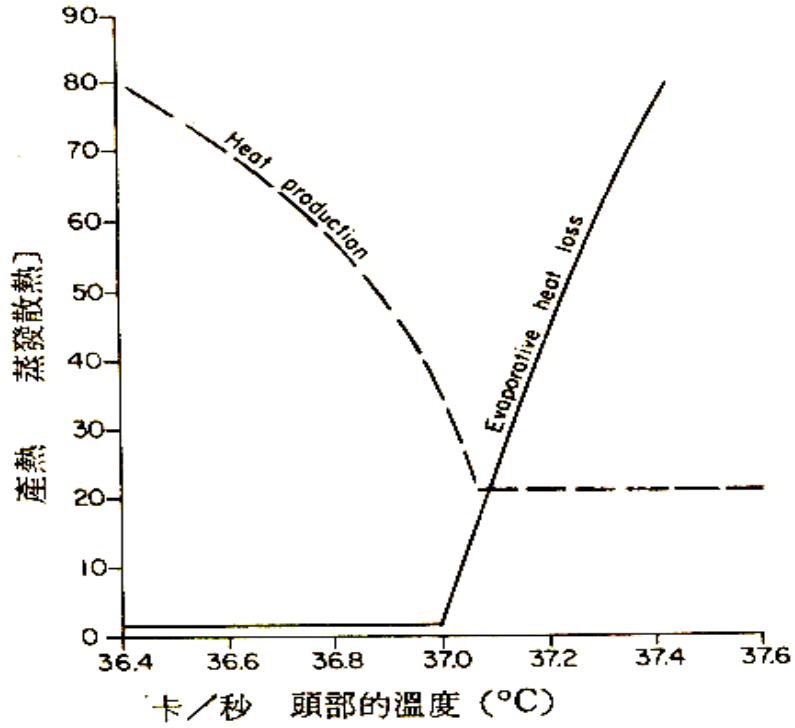

圖 19 下視丘溫度對產熱與散熱調節示意圖（賈皓琪，民 70）。

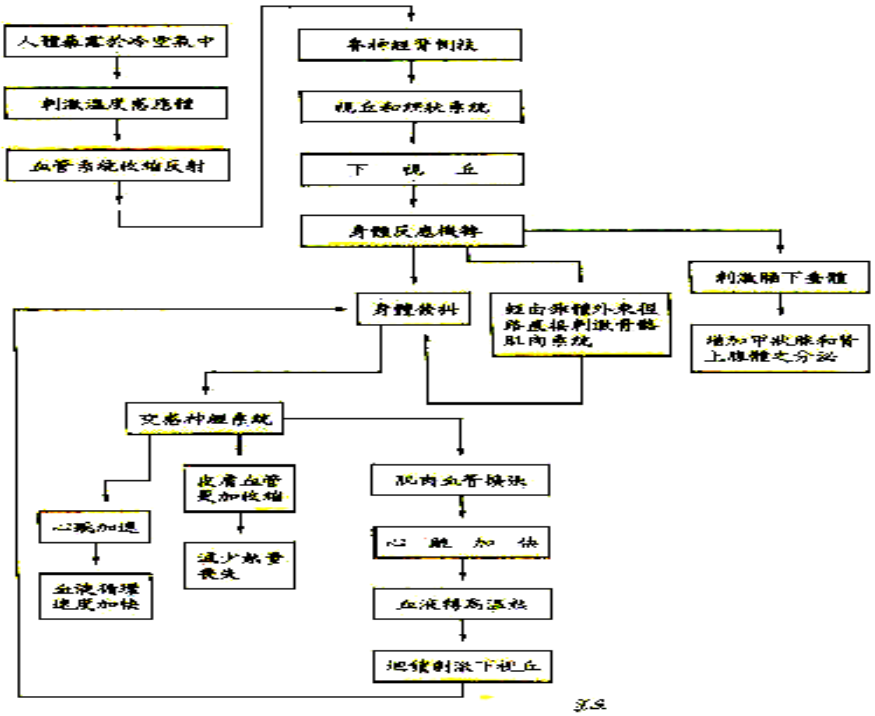

圖 20 人體對冷之生理反應。（林貴滿，民 83）。

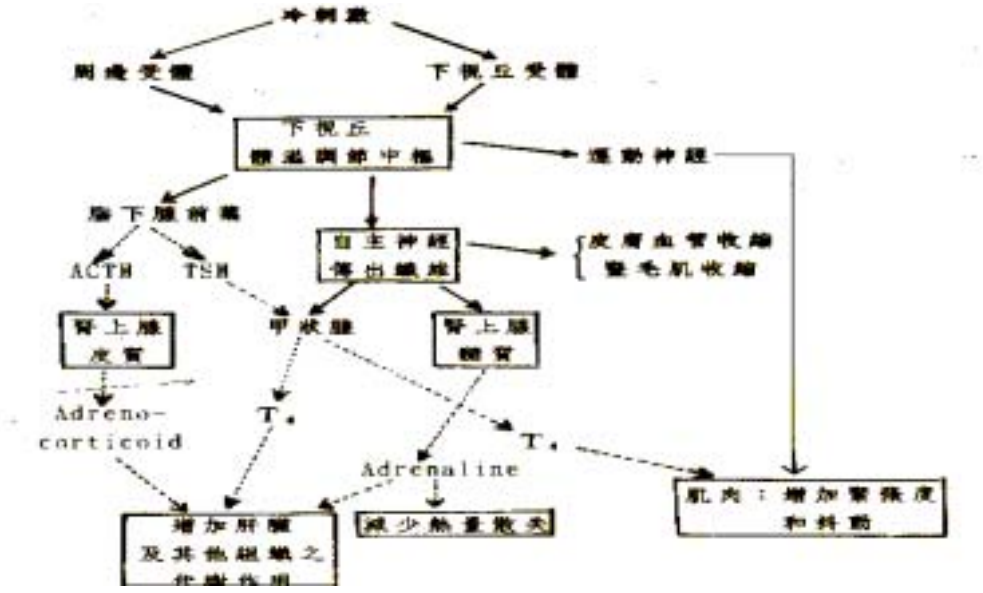

圖 21 下視丘感受冷刺激時喚起神經及內分泌反應路徑圖。（張振隆，民 84）。

三、產熱與散熱之平衡：

人體對熱環境之適應能力較優於冷環境，而處於寒冷環境中，主要需靠穿著遮蔽的衣物以防止體溫之喪失(Crawshaw,1995)。是否發生冷、熱急症的主因是由熱量的產生，其包含身體細胞代謝所產生的代謝熱及從外界環境所獲得的熱量之產生與散失兩個機轉來決定，當產熱過多或散熱不良時，即為熱急症。若產熱不足或散熱過多，則造成冷急症(Tintinalli,1996)。

核心體溫於運動時會增加，而平均體溫是產熱過程和散熱過程之間達到動態平衡之結果，其可用溫士樂（Winslow）及其他發現的公式來表示，如下：

$$S = M \pm R \pm C_d \pm C_v - E$$

上述公式如下：S=貯存之熱量。M=代謝產熱量。R=由幅射所得到或喪失的熱量。C_d=由傳導所得到或喪失的熱量。C_v=由對流所得到或喪失的熱量。E=由於揮發所喪失的熱量(梁金銅，民 78)。

四、皮膚對體溫調節之功能：

皮膚是一種感覺器官，內含許多組織以共同完成多種重要功能，如維持體溫及觸覺感應，其對於保暖及散熱之體溫調節也扮演重要的角色，(張蕙芬，民 78)。如下圖 22 所示：

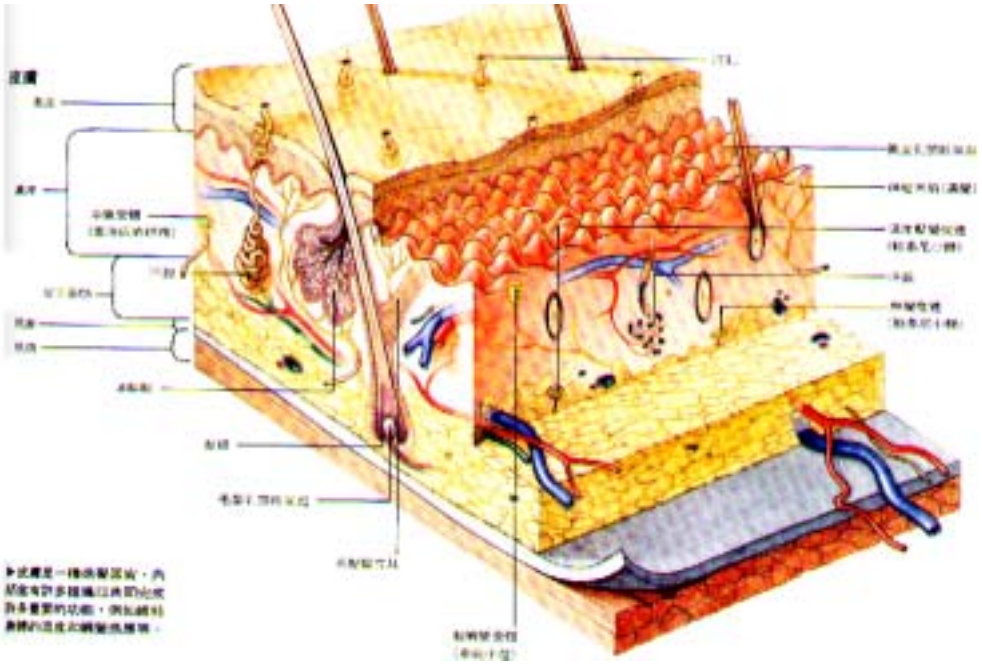

圖 22 皮膚與皮下層構造圖(張蕙芬，民 78)。

五、衣服對體溫調節之功能：

學者 Savage 指出：衣服的質料之隔離效果與穿著方式也是外在體溫調節之方式(Savage,1994)。賴錫欽也提出：要保持舒適的體溫最佳辦法就是穿著適當而乾爽的衣服，以免散熱不良或過快(賴錫欽，民 90)。

第十一節 不同身體組成與散熱速度之差異

一、人體失溫之速度因不同體質而異：

失溫的速度變化，視個人體力消耗之程度或身體組成(體質體脂肪與骨骼肌之比例)或當時身體狀況(是否生病或饑餓)而異。一般而言：體力消耗大(多)者之失溫速度比體力消耗小(少)者快。 瘦者失溫速度比胖者

快。 生病者發生體溫過低的速度比健康者快。(林正常，民 91)。

二、體脂率影響冷水中之散熱能力：

環境溫度、環境溼度、空氣流動速率、衣服之厚薄與質料、攝取食物之熱量與多寡等影響體溫是否恆定。而在吸熱快速的水中，體脂率是水中熱傳導速度之關建因素，高體脂率提高絕緣效果，使游泳之散熱速度減緩而延長處於冷水中之時間(George,2000)。 曾有學者以人體暴露於水中三小時而不寒顫之最低水溫為「臨界水溫」。並發現皮下脂肪越厚其臨界水溫就越低，且男、女有別，另外發現體溫的下降與皮膚褶皺脂肪層成反比(武育勇，民 87)。

三、不同體質與體組成對忍受低溫之差異 ：

人類忍受外界溫度以耐寒優於耐熱，這與體內身體組成之脂肪含量有關，當皮膚溫度降低四度以上，即引起血管收縮及顫抖，以減少熱量散失，且顫抖時骨骼肌收縮會產熱，較胖者可忍受皮膚溫度下降達 12℃(洪惠珍，民 78)。 人體對低溫的忍受能力，脂肪含量高的人在低溫環境中，對低溫忍受力佳，因為大量的皮下脂肪能夠多一層低溫隔絕保護作用，基於上述理由胖子與女性的低溫忍受能力會高於瘦子與男性(林正常，民 91)。

四、身體組成因順應環境而有服習之改變。

人體為長期適應冰冷環境，會漸進改變出具服習性之較高體脂率之身體組成，例如；長期處於低水溫訓練之長距離游泳運動員也具有較高之體脂率。為此應可被解釋為人體對冷水「服習」之生理機制，乃自體為順應環境所發生的變化(George,2000)。

第十二節　正常體溫與異常體溫

脫離正常體溫之範圍，如；發燒或體溫過低。以生理學的角度而言，體溫和血壓之指標可顯示身體健康狀況是否恆定之重要指標。正常人體體溫≒36.9℃（一般人簡稱 37℃)±0.5℃，超出此限度之體溫過高或過低即為異常，異常的體溫將對人們情緒心理、身體活動能力、運動表現等產生影響，嚴重者更將對生命構成威脅。(湯銘哲　民 90)。

第十三節　低體溫對醫療之貢獻

一般認知在正常狀態下之過低體溫雖是有害的，但近年來醫學界卻對低體溫方面深入研究，得知可藉由低體溫而得到醫療上的利益，甚至希望將來能應用急凍技術，幫助人類存活在幾百年後的世界。其它正在研究應用的理論技術如下：

一、利用低下體溫延長急救黃金時間：

大多數動物進入冬眠狀態時體溫變得低下，人體體溫的低下也使代謝機能趨緩，食物和營養攝取之需求減少。然而；當腦部溫度降低時將進入類似冬眠狀態，使

腦組織細胞之耗氧與營養等新陳代謝需求量減少，也因此保住性命延長救命之黃金時間(Kammersgaard,2000)。

二、腦低溫療法使患者重獲生機：

在日本大學之板橋醫院急救中心，所採行的「腦低溫療法」乃將冷卻之血液輸送到腦部將其冷卻低於 34℃，以終止「血流轉移」之現象，使能順利將氧及葡萄糖送到腦部，以讓瀕死的細胞恢復功能，此方法能使陷入重度昏迷或瞳孔放大之患者重獲生機，（林成之，民87）。

三、利用低溫進行醫療產生正面效益：

日本醫科大學救急醫學教授山本保博及神經外科學教授寺本明在其著作低溫療法文中表示：低下的體溫雖對人類正常活動構成負面影響，但現代人也利用低溫來進行醫療行為產生正面效益。如；貧血性神經細胞傷害、重度頭部外傷、腦血管障礙、腦缺血、呼吸與循環管理、能量代謝與營養管理、內分泌機能與電解質異常、感染和免疫及看護…等療法之應用。（山本保博等，1988）。

第十四節　人體處於低溫環境下之反應

人體處於低溫環境若無適當保護措施，其生理及心理將產生異常反應並健康造成不良影響，相關理論如下：

一、生理反應：

（一）低溫促使基礎代謝率及耗氧量增加：

人體曝露在低溫時，不僅基礎代謝量會大於高溫時的基礎代謝量，且耗氧量也大於高溫下之運動耗氧量（翁正哲，民 86 等）。

（二）血流量與體表面積影響散熱速度：

人體保持為恆溫其血液流動分佈區域和麵積扮演重要的角色，當天氣炎熱時使微血管擴張，流經體表之血液面積加大利於散熱，當處於寒冷環境時微血管收縮，使流經體表之血液面積縮小保溫，並集中於軀幹部位保護重要臟器之運作(Wunderlich CE，1871)。

二、外在反應：

動物遇冷會呈如球形捲曲(Curing up)狀為常見反應，人們上了冰冷的床舖也會有相同反應，因為身體呈捲曲狀可減少曝露的體表面積。骨骼肌也出現不隨意的顫抖(Shivering)，寒冷也會增加如頓足、與跳躍之半意識運動活動(Motor Activity)以利產熱。（彭英毅等，民 73）。

第十五節　體溫過低之定義

體溫過低（Hypothermia)指身體溫度異常過低，醫學界之國際性的將核心溫度低於 35.℃（95℉）界定為**體溫過低**，32-35℃為輕度體溫過低，28-32℃為中度體溫過低，低於 28

℃為重度體溫過低。原因包括寒冷潮濕、疾病，但患者體溫不會低於環境溫度。其徵狀包括呼吸短淺、顫抖、動作緩慢、虛弱、意識不清等可能是危險警訊。(鄧樹楨，民 91)另外；一般的對於體溫過低之定意及原因如下：

一、定義：

係指人體溫度比正常溫度（核心體溫）下降超過 2 度(即 35 度以下)之狀況而言（游啟義， 民 82)。體溫過低(Hypothermia)稱失溫或低體溫，係指患者之核心體溫（核心「Coretemperature」 和殼層體溫「shell temperature」)，核心體溫通常以直腸(肛門)、食道或鼓膜溫度為代表(三者誤差約 0.1-0.2℃)，其溫度低於 35℃稱之體溫過低。(蔡漢謨等，民 70)。

另外；美國創傷協會指出：核心體溫低於 36℃就稱為體溫過低。依程度之不同，可分為輕度、中度及重度。核心體溫 34-36℃為輕度體溫過低，30-34℃為中度體溫過低，30℃以下為重度體溫過低(Committee on Trauma，1997)。 趙玫珍譯自 FUNDAMENTALS OF NURSING PRACTICE 之基本護理學書中指出：體溫過低，是體溫的逐漸下降加上產熱或保暖不足之後果。通常會導致失去知覺或死亡。 體溫過低可能是意外與偶然的，也可能是發燒後有意降溫的、在控制下的、治療性的。體溫過低經常是長時間暴露於雪地、寒風或冷水中所造成；但也常發生於寒冷的房子或公寓內的老人。無論體溫過低的原因為何，其症狀皆有共通點，徵狀如：呼吸速率減慢，血壓、脈博微弱、意志性動作減少，逐漸失去意識，

由嗜睡至昏睡後死亡(趙玫珍，民 78)。　筆者觀其現象之心得，以為其過程有如蠟燭逐漸燒盡終至熄火一般。

二、體溫過低之三個類型：

梁金銅將體溫過低分為三個類型，如下：

(一)沈浸性或急性：

由於在水中沈浸過久而急速產生低溫狀態。

（二)慢性或暴露性：

健康人由於意外暴露於冷環境而導致的低溫狀態。

（三)都市性：

此種體溫過低型態，常發生於都市內健康不良者，其促成因數如；年紀太大、身體衰弱、營養不良、濫用藥物或酒精。(梁金銅，民 78)。

第十六節　體溫過低之生理反應

體溫過低之略使核心低下的體溫，即無法使重要臟器與新陳代謝順利運作，造成一些身體機能與生理反應失常。

一、體溫過影響知覺使四肢痲木：

體溫過低係指身體內部的溫度(核心體溫)降低。核心體溫低於正常體溫不到 3.5℃就會有危險。但在一般狀況下，手和腳的溫度下降到低於正常溫度二十度仍然能夠生存，然而手腳和臉部凸出之部份，長時間受到冰冷致體溫過低者，在冰溫下可能因此而凍傷，其重症者會潰爛、麻痺，輕症者由於麻木影響了正常的知覺，其只是皮肉之痛苦而已(響訓急救，1997)。

二、體溫過低患者身體機能以逐步化趨於凋零：

但若身體中心(軀幹部位)內部溫度降低少許可能就會致死。寒冷時；全身會處於備戰狀態，除了骨骼肌不斷以顫抖方式的”收縮”來發熱之外，其他自發性之保護作用，如皮下小血管收縮，使熱血減少流至身體表面，減少熱量的散失等。 患者體溫在 32℃以上，其身體仍保有對抗低溫的反應，經由顫抖來以增加產熱，使血壓升高、心跳加快並以加速代謝速率以增加身體產熱...等反應。 當體溫降至 30-32℃時，顫抖能力即消失，逐漸減緩身體的代謝速率使心跳減慢、血壓降低等表現。 若體溫低於 30℃時心跳則愈慢，使脈搏逐漸微弱至幾乎不易察覺，患者看來近似死人但未死亡(Tintinalli,1996)、(Committee、Trauma，1997)、(MaCauley,1995)。

不同體溫其耗氧量之比率乃有所差異，可容許停止血液循環之時間也不同，如下表 1 所示。

表 1 體溫與腦部氧消耗量對照表:(浦井直幸，2003、船木上総，2002)。

溫度℃	氧消耗量%	可容許停止循環時間
37	100	4 分鐘。
32	75-80	10 分鐘。
30	65-70	15 分鐘。
27	50	30 分鐘。
23	35	1 小時。
20	25	1 小時 30 分鐘。
15	15	2 小時。

體溫過低對於生理變化影響之程度也有差異，如下表 2 所示。

表 2 體溫過低影響生理變化對照表（栗 棲 茜 ， 1989）

程度區分	核心溫度	症狀
微度	36℃	基礎代謝率增大。
輕度	35℃	為了產熱，顫抖似乎達到最大程度。
	34℃	健忘、語言障礙。
	33℃	運動失調。
中度	32℃	昏迷、氧消耗量減少 25%。
	31℃	為了產熱之顫抖似乎消失。
	30℃	心房微顫心律不整、心跳率僅達 1/3，肌肉僵硬。
	29℃	瞳孔放大。
	28℃	發生心室微顫之危險現象。
高度	27℃	肌肉僵直現象開始消失。
	26℃	反射、痛覺消失。
	25℃	腦血流量減少 2/3。
	24℃	明顯的低血壓。
	23℃	角膜反射消失。
	22℃	心室顫動之危險現象達到最大值。
超高度	20℃	腦波圖形呈平坦狀（看似死亡但未死亡
	18℃	發生不全之心臟收縮現象。
	16℃	成人之最低有效急救溫度。
	15.2℃	新生兒之最低有效急救溫度。
	10℃	氧消耗量減少 92%。
	9℃	人體最極限之有效急救溫度。

第十七節　體溫過低之生化反應：

根據醫學報告顯示，體溫影響氧氣調節與酸鹼平衡，體溫過低初期會有過度呼吸之現象，溫度持續下降則因呼吸抑制而造成缺氧及 CO_2 的囤積，血液中含涵氧量檢查則呈現呼吸性與代謝性酸血症合併情形，其來自呼吸過緩、CO_2 的堆積，使肝血液循環不良，使有機酸肝代謝的降低，致使週邊及骨骼肌血流量不足，因顫抖而造成乳酸堆積指標升高。低溫同時影響所有器官功能，它抑制抗利尿素（ADH）的作用與降低腎小管的功能，致使尿液增加及水份喪失，血液容積也因為脫水與脾臟收縮之因素而上升（張國頌（民 89）

增加兒茶酚胺(Catecholamine)分泌是內分泌對寒冷之主要反應，經實驗將腎上腺髓質切除的老鼠曝露在寒冷時，比正常的對照組較早死亡(彭英毅等，民 73)。

寒冷作用於身體會使血管收縮、皮膚呈現淡灰藍色。冷也會降低組織溫度及細胞之代謝、增加血液黏滯性，並使血液、淋巴流動、白血球之機動性低下(蘇麗智等，民 83)。正常人要達到體溫過低指數時，理論上會消耗身體大量熱能，依據 Acevedo 等學者於 1997 為了評估橫渡英吉利海峽所作之研究顯示，當健康受試者處於 15.5℃之水溫中，心跳率 HR 由原來 63/min 升高到 130/min，攝氧量 VO_2 和心跳率 HR 也有同步直線上昇之趨勢，而使產生 4mM/ L 之乳酸堆積和 470Kcal/hr 葡萄糖之熱量消耗。而體脂肪提供了對冷的阻絕之外也可以供應熱能消耗之基礎(Acevedo,1997)。

第十八節　體溫過低之表徵

一、不同程度體溫過低之臨床表徵：

體溫過低影響體內所有器官及系統。基礎代謝率在28℃時會降至正常之50%，22℃時則降至22%。體溫過低者典型之臨床症狀視核心體溫下降程度而定（賴福明，民81）。

學者游啟義將體溫過低之外在表徵分為三個程度（遊啟義，民82），如下：

（一）輕度（35℃-32℃）：

由第三者觀察一眼即可看出，患者出現無法控制之動作，行為異常，時而有跌倒的現象，開口講話時會含糊不清，用手輕觸身體會有較平時敏感的反應，以及有身體不由自主的彎曲並打抖打顫之現象，血壓、脈博、均低落減緩。

（二）中度（32℃-28℃）：

行動遲緩，眼睛瞳孔反應呆滯無光，肌肉僵硬。

（三）重度（23℃以下）：

少有會微微動作或幾乎不能動彈，身體僵硬，瞳孔直而不動，呈現死相但還未死亡。

此外；洪惠珍也指出身體若部份低於正常溫度12℃以下太久時將造成永久性傷害（洪惠珍，民78）。

二、不同程度體溫過低之徵狀：

相關醫學報告顯示：人體處於10℃以下之皮下血管會擴大，使血液流動到變冷的皮膚組織中，這現象稱為

低溫血管擴張，同時體外的冷水又不斷奪取人體熱量，因而使得體內溫度隨之下降。然而，人體的熱量被水溫吸收到某一程度時，就形成失溫之狀態，因而引起顫抖來產熱加入體內溫度之提昇。若持續發抖之現象仍未獲改善時，人體便會因體溫過低而導致休克，甚至死亡。(ADS，2001)。

依據美國高山救護協會研究發現，人體體內溫度下降至各不同程度之徵狀細分如下說明及圖 23 所示：

(一)35.5℃時：

身體開始顫抖此類顫抖乃為正常之反應，其藉由骨骼肌不斷收縮的顫抖現象來產生熱以補償所散失的熱，不過；如此會消耗體力及熱量(仟/卡 Calorie/kilo)。再持續下降，顫抖就越厲害，此時頭腦就越遲鈍。

(二)35℃時：

當體溫下降至 35℃時體溫過低之徵狀更加明顯、將造成昏迷現象。手、腳遲鈍得近乎麻木，使兩手無法拉開小刀子。35℃以下時，熱量調節系統會有被破壞的趨勢，進入體溫過低狀態，其症狀為：感覺寒冷、四肢冰冷、皮膚蒼白、嘴唇發紫、眼眶發黑、劇烈而無法控制的顫抖、肌肉無法受意志控制、言語含糊不清、反應遲鈍、性情改變或失去理性(如：疲氣暴燥等)、脈博減緩(嚴重者心跳極慢)、呼吸細微、失去意識等，患者一但進入體溫過低狀況，可能在數小時之內死亡。

(三)34.5℃時：

整個生理組織系統，自動排出 CO_2 和乳酸並釋放出血醣和少量之腎上腺素。此時身體更加顫抖和震動，頭腦麻木，失去知覺，若不及時設法救護，可能在顫抖 1-2 小時，即有死亡的危險。

(四)32.2℃時：

肌肉和神經系統功能變得更差使得肌肉僵硬、無法走路。

(五)30℃時：

其瞳孔放大反射遲鈍等。在血液動力學上，約 30℃時造成脈搏、血壓、週邊血管的阻力、中心靜脈壓與心輸出量的增加。小於 30℃時則產生脈搏過緩、心律不整、低血壓與心輸出量低下。骨骼肌停止顫抖。，

(六)28℃時：

心室顫抖、心跳過慢有如停止一般，呈近似死亡狀態。在臨床上體溫過低患者 80%在心電圖 V3 或 V4 明顯看到 Osborne wave(J Wave)之如小駝峰之 J 狀特有波型（陳自立等，民 82)。

(七)27℃時：

深層的核心體溫下降到 27℃以下時，血液黏稠度增加使心臟失去功能。另外；胰島素的分泌與血糖利用受到低溫的影響，使患者呈現高血醣之情形。

(八)25℃時：

人體深層體溫下降至 25℃時，會有立即的生命

危險。

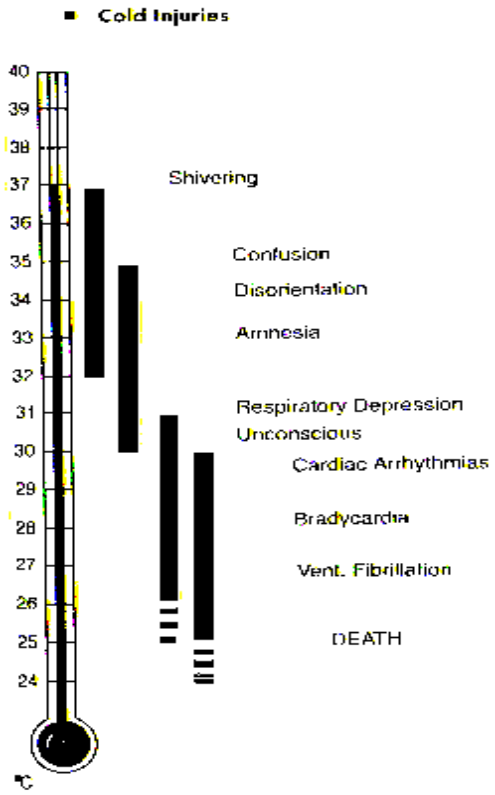

圖 23 不同程度過低核心體溫對人體不同影響示意圖(Strauss,1991)。

第十九節 體溫過低對人體各系統之影響

人體四肢及體表溫度降低幅度可達攝氏十幾至二十度，但核心溫度卻只能降低 2℃，下降這小幅的 2℃身體便無法經由體溫恆定機制再溫暖起來，此時謂之體溫過低，當核心溫度降低時血紅素釋氧能力之效率也會下降，此時會造成心律不整並影響大腦功能。（洪惠珍，民 78）。

以下為學者賴福明將不同程度受體溫過低影響及重要系

統之徵狀加以描述如下：

一、中樞神經系統：

35℃-25℃：每降 1℃則大腦代謝減少。其功能也隨之下降。

30℃-26℃：意識開始喪失。

26℃以下：出現昏迷、反射消失、肌肉僵硬等現象、瞳孔固定而擴張。（此時患者看起來像死亡，但實際上此種中樞系統受抑制的狀況反而保護腦部不受缺血、缺氧所傷害；所以即使出現上述現象之後數小時在施以急救，仍可救活，對於此種體溫過低之患者不應輕易放棄-宣佈死亡。只有在體溫恢復至高於 32℃時仍無生命現象才考慮宣佈死亡。（賴福明，民 81）

二、心臟血管系統：

體溫正常之心律由竇房節發出規律的節律，使心房產生每分鐘 60-100 次去極化、心房去極化向下及向左方向的進行，因此在 lead1、2 及 aVF 的 P 波為正向波型。如下圖 24 所示。

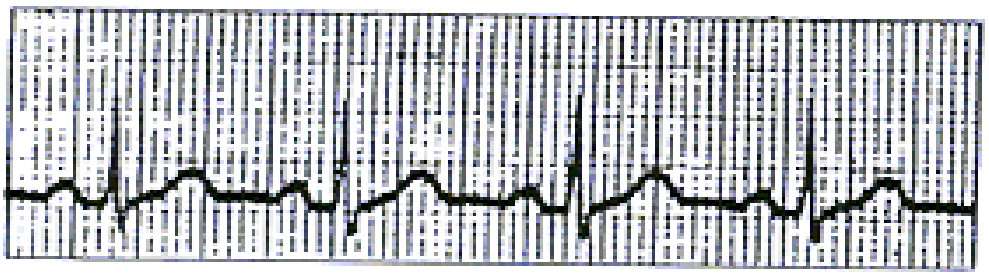

圖 24 正常之竇性節律心電圖（陳宗瀛等，民 71）。

寒冷會使心跳變慢；當體溫下降至如下：

32℃以下時：會出現心率不整，此時常見心房纖維顫動，但這種不整脈博可在體溫恢復時消失。如下圖 25 所示。



圖 25 心房纖維顫動心電圖（胡勝川等，1993）。

28℃以下：若任意搬動患者可能引發心室纖維顫動。如下圖 26 所示。

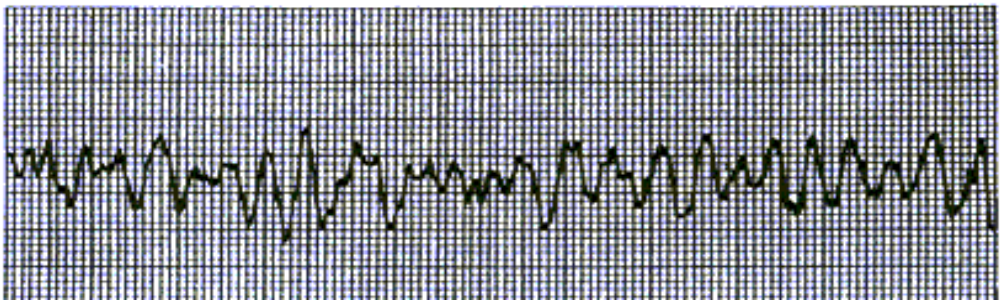

圖 26 心室纖維顫動心電圖（胡勝川等，1993）。

25℃以下：出現心室纖維微顫動與心跳停止，如下圖 27。

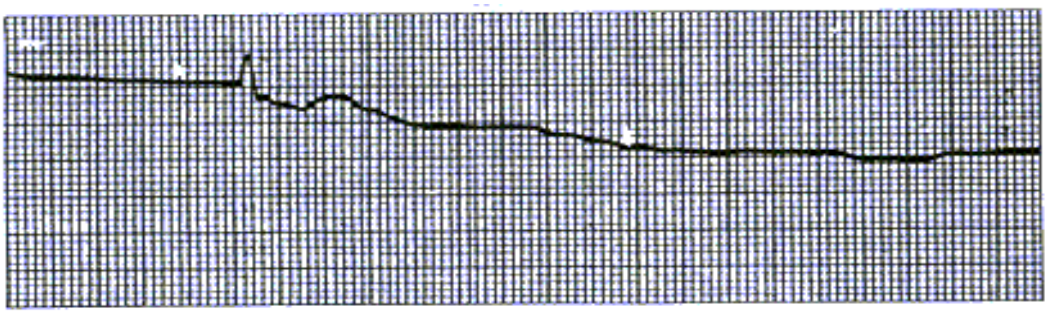

圖 27 心跳停止心電圖（胡勝川等，1993）。

20℃時：每分鐘 10 次的心跳率可以是正常的。

10℃時：每分鐘 3-4 次的心跳率可以是正常的。此時心肌收縮力下降，造成低血壓與脈博變弱，有時甚至完全摸不到脈博。造成上述心跳異常的原因仍不清楚。可能是低溫時心肌傳導速度變慢與心臟電流紊亂所致此時心電圖上可出現體溫過低的特有現象：J 波或 Osborne 波（如下圖 28 箭頭所示於波谷突隆起處之 J 型波），當我們看到這樣的波型時幾乎可以看出是體溫過低之症狀。

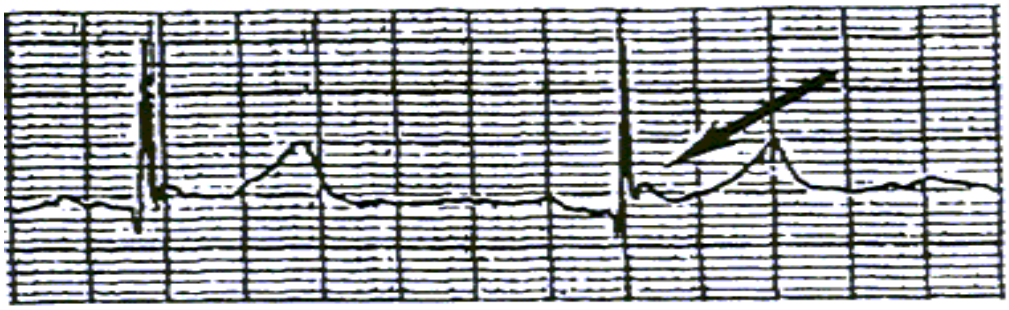

圖 28 患者核心體溫於 31.5℃之 J 波心電圖（陳自立等，民 82）。

三、神經肌肉系統：

溫度下降至 31℃以‘下時：顫抖現象消失。反射與肌肉活動在 26℃以下時消失，此時肌肉張力常會增加，患者常被誤認為頸僵直或死亡。

四、呼吸係統：

體溫開始下降時會先有呼吸變快後來逐漸變慢。至 24℃時呼吸停止。此時 CO_2 在體內積聚。呼吸道分泌物變稠變多。最後出現非心因行性肺水腫。

五、腎臟及代謝係統：

體溫下降後，腎臟血流率及濾過率下降。但體溫下降的初期，會有一段多尿期，造成血量下降及血濃縮現象；估計溫度下降１℃血濃度增加２％，因而容意造成血拴現象，此種現象可能是造成局部凍傷因素之一。雖然急性體溫過低可造成血糖上升，但在長期體溫過低與體力耗盡時則會導致肝糖降低和低血糖(賴福明，81)。

第二十節 體溫過低之心理與行為表徵：

一、各種程度體溫過低之表徵：

以下為學者 Danzl 和 Pozos 歸納不同程度之體溫過低徵狀描述，由輕度的 36℃開始發抖進而呼吸加快心跳加速，再下降到中度體溫過低之 29℃時呼吸及脈博反而低落且知覺變差，再下降到 19℃之重度體溫過低程度時腦波與心電圖則呈平坦狀態，如下表 3 所示：

表 3 不同程度體溫過低之表徵：(Danzl DF. 1994)

程度	核心溫度(直腸) ℃	表徵之描述
正常	37(98.6℉)	正常之直腸溫度。
輕度	36	開始發抖呼吸心跳加速。
	35	呈現劇烈發抖及產熱現象。
	34	健忘、判斷能力變差。
	33	運動能力失調，表情冷漠。
中度	32	精神恍惚，耗氧量為正常的 75%。
	31	發抖停止。
	30	心跳及心輸出量為正常的 66%
	29	知覺變差、脈博、呼吸低落。
	28	脈博及耗氧量為正常之 50%。
	27(80.6℉)	喪失自發運動能力反射動作衰退
重度	26	血乳酸偏高，從痛苦表徵到冷漠。
	25	大腦血流量為正常的 30%。可能有肺水腫跡象。
	23	目光呆滯。對光反應變差。
	22	心室纖維顫動達最大值，耗氧量為正常之 25%。
	20	脈博為正常之 20%。
	19(66.2℉)	腦波與心電圖呈平坦狀態。
	18	如同死亡狀態。

二、體溫過低之心理與行為表徵：

一般而言，當體溫下降至 32℃以下時，顫抖就會降低。在早期患者心理表徵和外在行為如下：

(一)心理表徵：

1.面無表情。

2.退縮。

3.態度低沈。

4.對活動無意願。

5.急於離開處身現場環境。

6.對身處該環境感到恐懼。

7.精神恍忽無法集中。

8.判斷及反應能力變差。

9.協調感衰退。

(二)行為表徵：

1.想睡覺。

2.不喜歡也不想說話。

3.消極無精打采。

4.肌肉僵硬緊直。

5.動作遲滯無力。

6.走路姿態蹣跚。

7.平衡感變差而易於絆倒或跌倒。

8.無法從事有意義的工作包括-走路。

9.失去保護自我免於寒冷的能力。

10.嚴重者有時會矛盾性的解開衣物。

11.要為存活問題做決定時也常錯誤百出。(廖朝輝，民 91)。

第二十一節　造成體溫過低之原因

核心溫度太低時，將降低下視丘對體溫之控制能力，抑制中樞神經系統，並不斷顫抖、困乏、最終而昏迷，使大腦代謝率降低，終致發生體溫過低。(George, 2000)。其他肇因如下：

一、發生體溫過低之原因：

（一）一般因素：

1. 環境因素：如；溫度、水蒸氣壓、風速、水流速…等。
2. 絕緣因素：如；衣著、皮下脂肪…等。
3. 身體產生熱能因素：如；食物、運動…等。意外的外傷、長時間浸泡冷水或暴露於低溫的環境中。一般而言；嬰兒和老年人或病人較易發生體溫過低的狀況。因為嬰兒比成年人產熱少，體表大使散熱快，所以容易致體溫過低。而老年人卻因為體內代謝率較低，所以老年人也容易體溫過低。生病發燒或喝酒的人，因散熱快其體溫過低也較容易發生。然而生病發燒或喝酒的人，若再下水游泳，發生體溫過低的速率也會加劇。(吳昭新，民 90)。

（二）運動員的體溫過低-在此狀況下，身體體溫會比平常低許多，常起因於：

1. 長期曝露在溼、強風及冷的環境下。
2. 極端的疲勞，如：馬拉松比賽或在三項鐵人賽之

賽後，由於運動的換氣量的增加，增加透過呼吸的散熱。雖然運動時皮膚的血管有收縮反應，由於身體裡外的溫度梯度增加，透過皮膚的散熱也增加。(黃啟煌等，1998)。其大量消耗熱量(Calorie)及散熱也是導致體溫過低的因素。 另外；在美國，大多數體溫過低病患都與酒精相關；而在臺灣，根據陳自立醫師等的報告，則以低血糖及敗血症為最多。然一般而言，對於溺水或跌倒多時的病患，都應懷疑有體溫過低的可能(高偉峰，民 84)。

(三)產熱不足：

如；營養不良、肌餓、厭食、低血醣、神經性厭食、腸胃道吸收不良、艾迪生氏症、內分泌障礙、黏液水腫、營養儲備之耗損大於吸收。

(四)體溫調節機制失常：

體溫過低除了發生在冷環境中之外。其他如飲酒或服用巴比妥鹽及營養不良等也是主因。(洪惠珍，民 78)。體質的老化或代謝失調、器官衰竭、頭顱損傷、膿腫、敗血症、心血管栓塞、心肌衰弱等或不當飲酒、不當使用藥物致使藥物 干擾等(如；巴比妥酸鹽(Barbiturates)及抗躁鬱藥(Tricyclic Antidepressants)或麻醉藥等，因為這些會阻礙了微血管收縮與發抖等產熱反射機制。

(五)體溫異常快速的流失：

長期曝露於低溫或容易帶走溫度之環境，如在冰冷的手術台、寒冬季、高冷山區、衣著不足或身體潮濕及處於冰冷之冷凍庫、或在冰冷水域潛水、

寒冷溪流之溯溪、受寒風之吹襲、長時間運動使熱量消耗（如；馬拉松加上大量流汗後的吹風等，上述因素均會帶走熱量使 體溫流失(Charles Stewart,1998)。另外；筆者以為在炎熱夏季灌飲大量冰品藉以快速消暑，甚致四肢冰冷，此乃因大量低溫物質進入人體核心之腸胃道，使迅速降低核心體溫之故。

二、林貴滿提出之各種因素說明如下：

（一）年齡：

如；基礎代謝低下的老人及體表面積大與體溫控制不良的嬰兒…等。

（二）皮膚受損：如燒、燙傷等。

（三）藥物：

如：下視丘體溫調節作用受 Barbiturate 或 Alcohol 及 Phenothiazines 等藥物之干擾。

（四）敗血症。營養不良。

（五）有意：

因治療.代謝率升高之病患或外科手術治療及麻醉等，由醫師所控制之低體溫症。

（六）意外曝露於太冷之環境或浸泡於冷水中之事件。

（七）甲狀腺機能過低或腎上腺機能不全等新陳代謝疾病。

（八）營養不良者。

（九）傷病：

如；神經性厭食症、自發週期性低溫症、腫瘤、

腦血管疾病、頭部外傷、脊椎外傷等。

(十)發抖機轉功能不良而使肌肉產熱不足。

(十一)因血管收縮機轉受損而無法儲存身體熱能。

(十二)下視丘體溫調節中樞受損。(林貴滿，民 83)。

歸納上述論點與劉士傑等與劉華茂等位學者於下列看法一致而獲得支持，如下所述：

當體溫低於 34.5℃時下視丘調節溫度之能力大為衰退，而低於 29.5℃時下視丘完全喪失調節體溫之能力，而失去體溫調節能力之部份原因是在低溫下，使中樞神經系統熱量控制機轉之活動大受抑制，而無法顫抖產熱(劉華茂等，民 72)。

人體熱的產生和喪失是由下視丘所調節(前視及後區)，暴露到會激發皮膚冷接受器，經外側脊椎視丘路徑傳遞訊息至下視丘前視區核，後下視丘活化交感神經系統增加肌肉張力，使血管收縮及引起顫抖，接著增加代謝速率，從每小時 40-60 仟卡增加到每小時 300 仟卡，即使在最大速率，身體熱能的喪失超過熱能的產生。當體溫降至 30℃以下，代謝速率變緩，顫抖停止，因此加速體溫過低的發展。另外；對冷行為的反應也是很重要，如穿上衣服，避開冷環境進入溫暖的室內，如因受傷或藥物中毒而喪失這些行為就更會造成體溫過低(劉士傑等，民 88)。

第二十二節　人體處於風中或水中之熱散失

一、人體處於水中之體溫比在空氣中快速流失：

人體處於水中環境之散熱速度比在一般相同溫度之環境更迅速。我們已知身體大部份組織皆可產熱，且熱的流失係經由下列因素及其流失百分比如：輻射(50%)、蒸發(30%)、傳導(15%)及對流(5%)，但因水的熱導較空氣快 20-30 倍，所以;人體若浸泡於水中環境更易快速導致體溫過低。(劉士傑等，民 88)。

學者 Clark 又指出，人體處於靜態水中時，身體週圍與水接觸面會形成一層相對穩定如薄紗般厚之對流質稱之”邊界層”，在相同溫度之水溫與氣溫之下，二者熱度消散之速度比率約為 24:1(Clark RP，1985)。

日本的戶外急救指南也指出，在海水中降溫速度是一般空氣的 25 倍(小浜啓次，2001)。

經由上述數為學者指出證實人體處於水中環境之體溫流失速度遠高於空氣環境之速度。

二、人體處於低溫水中更易發生冷的傷害：

在低於 15℃之寒冷的環境游泳，嚴重的體溫過低現象將造成判斷能力喪失，進而提高冷傷害(Cold Injury)之機率(林正常，民 91)。

三、潮濕的身體加上強風吹襲會增加感受溫度之壓力：

在陸上水氣蒸發是體熱散出的主因，當人體淋濕及

大量流汗造成衣服潮濕的情況下或落水，水會把衣服上的較暖溫層排擠掉，流散更多的熱量漸至”體溫過低”將威脅生命，穿著溼衣服比穿著乾燥衣服而失溫之速度快 25 倍，若再經風吹會發生(風寒效應「Wind Chill」)，當身體置於 8℃之環境加上每小時 20km 之風速時，其作用於身體會有如處於 0℃之感受溫度(李國麟，民 89)及如圖 29 所示。

另外；水的比熱為空氣的數十倍(賈皓琪，民 70)。**水中的導熱系數比靜空氣大 32 倍，所以；一樣溫度時，在水中將比靜空氣中「失溫」之速度將快 32 倍，這個問題值得重視**(張國頌，民 89)。

水中傳導的功能較空氣熱傳導功能大 25 倍，因此；如過果在等溫的水與空氣中，水中體溫流失之速度將比在空氣中快 25 倍。(Powers，2001)。

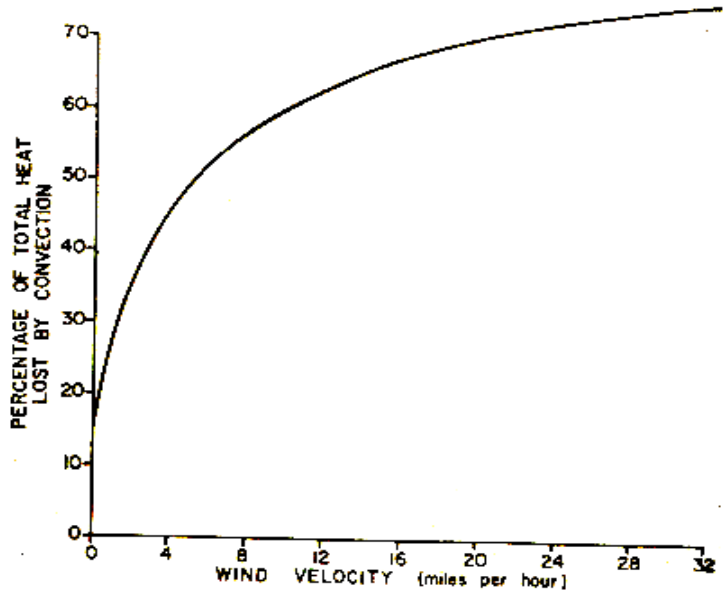

圖 29 風速對於對流散熱百分率之影響示意圖(賈皓琪，民 70)。

四、處於冷水中之溺者異於一般致命原因：

學者 Nick 指出處於低水溫之溺水者中，有相當比例並非死於喝水或嗆水，而是水溫過低使喉頭痙攣使之窒息而死亡(Nick Olmos-Lau,2003)。

學者 Tipton 等進行人體浸泡於低水溫之相關研究，將受試者分別處於 10-18℃之低溫水中，其結果顯示呼吸頻率和心跳率上升、攝氧量增加並有過度呼吸(hyperventilation)之現象(Tipton,1999)。

五、人體在低水溫中對生命現象之影響

無論海水、河流或湖泊中的水一般都是冷的，即使溫水游泳池的標準水溫也遠低於體溫，所以游泳可視為一種寒冷之活動，(武育勇，民 87)。人們常常處於過低仍不自知，所以；人體浸泡於 15℃之低溫水中數小時，體內重要臟器將會有失調的現象，若浸泡於 5℃之低溫水中則在短時間會有死亡的危險（豬飼道夫等，昭和 42)。人體曝露於不同水溫中影響生命現象之時間如下表 4 和表 5 及圖 30、圖 31 所示：

表 4 人體曝露於不同水溫中影響生命現象之時間參考表（劉寧生等，民 90）。

水　溫	無意識之時間	可能存活的時間
0℃以下	低於 15 分鐘。	低於 15～45 分鐘。
0～4.4℃	15～30 分鐘	30～90 分鐘
4.4～10.0℃	30～60 分鐘	１～３小時
10.0～15.5℃	１～２小時	１～６小時
15.5～21.1	２～７小時	２～40 小時
21.1～26.6	２～12 小時	３小時～未知
26.6 以上	未知	未知

表 5 處於不同低水溫之意識不清及存活時間表：（內田正洋，1997）

水溫	預測意識不清之時間	預測死亡之時間
0℃	15 分鐘以內	15-45 分鐘
0-5℃	15-30 分鐘	30-90 分鐘
5-10℃	30-60 分鐘	1-3 小時
10-15℃	1-2 小時	1-6 小時
15-20℃	2-7 小時	2-40 小時
20-25℃	2-12 小時	3 小時-不明
25℃以上	不明	不明

依表 4 及表 5 兩位學者所陳比較之結果略同。

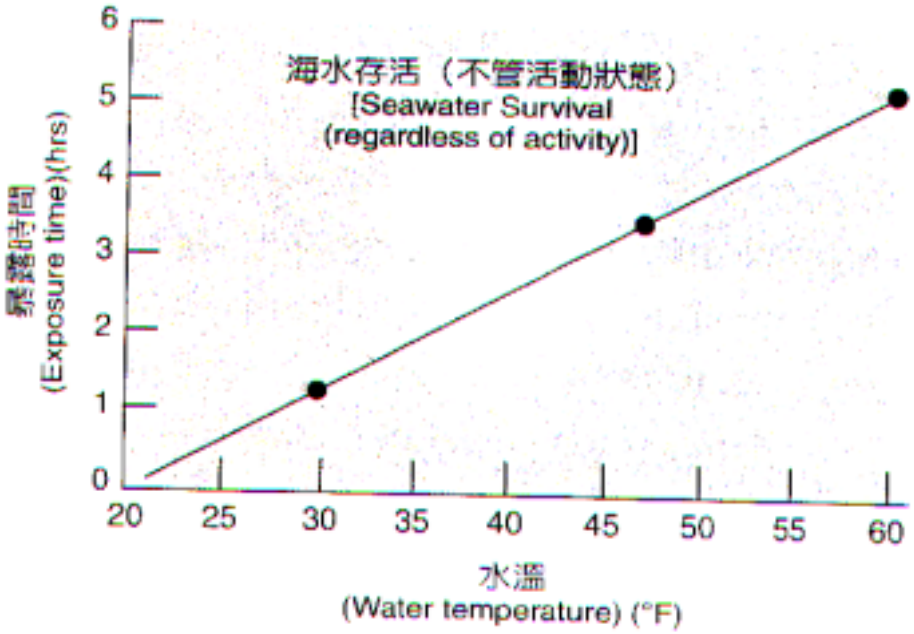

圖 30 遇難船員曝露於不同海水溫度之影響（林正常，民 91）。

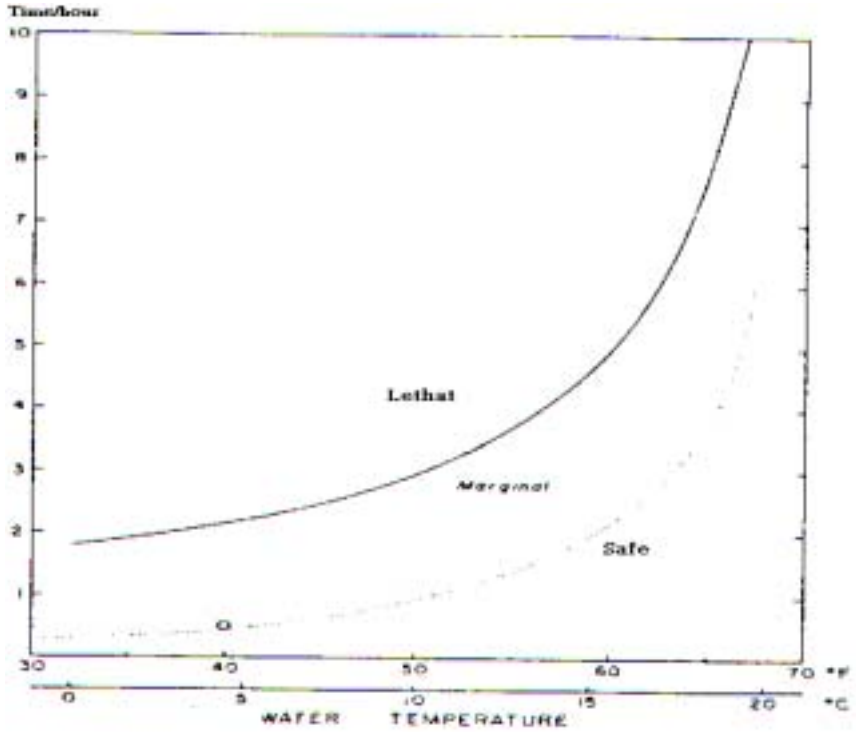

圖 31 人體處於不同溫度冷水中可存活預測時間 (Hayward,J.S. 1975)。

六、船舶事故及潛水受難者多源於體溫過低：

過去眾多船舶事故案例中，大多以溺水死亡來處理，但經過進一步觀察及統計後，實際上卻顯示多起因於體溫過低而死亡。另外；潛水運動事故案例中，有高比例肇因於體溫過低而影響運動能力及判斷能力致死（池田知純，1995）。

第二十三節、對體溫過低患者之處理

一、對體溫過低患者之急救勿輕言放棄：

發現體溫過低患者時，患者常看起來像死人而被輕易放棄急救，曾有文獻顯示，病患在 15℃的體溫下看似死亡，但經過四小時三十分鐘的急救後，卻仍有恢復存活之報告(Tintinalli,1996)。去今年(2003/11/7)發生於美國加州一名 20 個月大的女童為例，墜落游泳池經救起送醫急救後宣告死亡 40 分鐘後抽搐甦醒又奇蹟復活（陳泓達，民 92）。

二、初步的處理步驟：

又如學者 Sharkey 指出：體溫過低時會造成身體協調性變差、言語不清、影響對事務判斷之能力、且會導致死亡，所以不得不留意。其提及之體溫過低處理步驟如下；

（一）盡速協助患者脫離寒冷之環境。

（二）脫掉所有潮濕之衣物。

（三）對於中度傷患給予熱飲、乾燥衣物和睡袋。

（四）若患者處於半意識狀態，必需保持病患清醒、脫掉潮濕衣物，並與他人共用一個睡袋，同時提供熱源，如營火或熱水袋。（Sharkey, 1984）

另外；衛生署桃園醫院的急診室護理師林淑瑩表示：臨床上體溫過低的病患送至急診室時，護理人員會立即脫去病患衣物並採取保暖措施（林淑瑩，民 93）。

三、進一步對體溫過低患者之急救與醫療：

對於”低體溫”患者之處置應及時給予實施急救、檢查、保暖、送醫等。其他如下：

（一）選擇無風而較溫暖乾爽（切勿放置於金屬或冰冷之岩石處）之環境，再鋪上乾燥可保暖之衣物或毛毯之類。以防體溫被快速吸走（傳導）。

（二）依照 C.P.R.急救要領（叫.叫.A.B.C.D）準則施行基本檢查並施救之。

（三）快速脫掉潮濕冰冷之衣服（須快速並防止風吹。以免因此而更加劇”失溫”）更換乾燥溫暖之衣服並以乾的衣物被毯，先將軀幹部位覆蓋保暖。

（四）選擇進行保暖或回溫 Rewarming（重新加溫）之方法（蔡漢謨等，民 70）如下：

1. 消極法：

a. 消除環境之暴露（尋遮風避雨處）、B. 絕緣保護（如毛毯）等。

2. 積極體表加熱法：

a. 熱水中浸泡、b. 電毯、c. 熱水瓶或熱水袋、d.

體溫傳導（不得已時才使用）等。此方法易引發患者心臟病**（亦稱為反彈性失溫，起因於四肢冰冷的血液快速流回內臟所致）。**

3. 積極核心加熱法：如下：

a. 胃內氣球法、b. 大腸灌流法、c. 開胸做縱膈腔灌法、d. 血液透析法、e. 加溫腹膜透析法，如下圖 32 所所示、f. 體外血液加熱法、g. 吸入加熱法等。

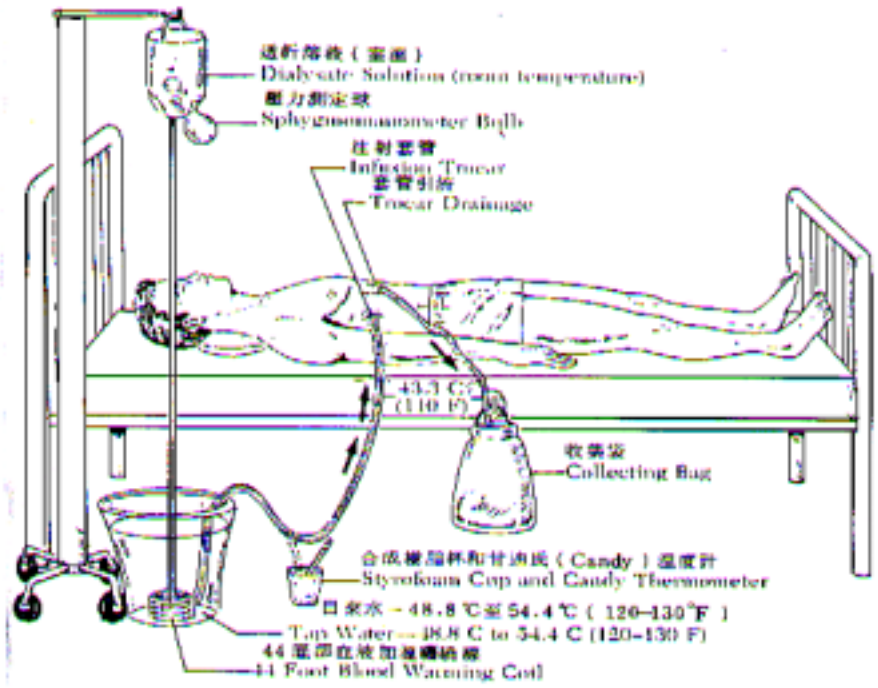

圖 32 加溫腹膜透析法之示意圖（梁金銅，民 78）。

積極的體表加溫可能造成初期內臟溫度下降和低容性休克等問題，治療結果死亡率多在 60%。但這對於體溫快速下降但未降至太低者仍不失為安全而簡便之方法。　另外；根據有限經驗核心加溫法其成功率達 100%，有的 V.F.心室纖維顫動：V.F.是

(左)心室衰竭或低血壓而引起，其死亡率相當高，只有 20%-25%病人可獲得有效之救治，其時間拖得越久，回復至有效心跳律之機會將越小，因此；應該盡早給予電擊。若用盡各種方法仍無法奏效者，應用血液體外加溫法可使心律回復竇性節律，使病人生命獲得支援而得救。 吸入加熱法是使病人吸入經過加熱富含氧氣之氣體，這種簡單而有效的方法，已有整套可攜行的裝置，可適用於野外急救之用。(胡勝川等，1993)

(五)可給予熱水袋或利用救者之體溫傳導，以防體溫再下降。

(六)沖泡熱水澡後再穿足夠衣物。(若無熱水可生火烤熱)讓患者喝適量之熱飲，如：可可茶、糖汁、薑湯、開水等藉以增加患者溫體(ADS 潛水教練手冊 VOL.2)。

為此；筆者以為寒冬之熱飲可以迅速得到補充受寒者熱流失之不足，所以；飲後會有由內而外竄升一股暖流之感。此乃經外界輸入的熱而溫暖了人體核心所產生之效益。

(七)注意對患者的所有動作都必須輕柔的進行，因為，太過劇烈的動作，極可能造成患者之心律不整，增添急救的困難度。

(八)若無溫暖乾爽之衣物或被毯及熱源可保暖或回溫時，可考慮利用救者之體溫貼附患者來保暖。

(九)若患者徵候與症狀趨於嚴重，應預防更多的體溫喪失和尋找醫療給予恢復其體溫(林輝宏，1990)。

（十）急救人員及健康照顧人員應瞭解，嚴重的體溫過低患者之生命現象是測不準確的，所以必需在加熱回溫後仍急救無效才可宣告死亡。（鄭聰美，民 77）。

（十一）應將疑為體溫過低患者之情形於送醫後告知院方醫師，以利盡早施以必要之急救措施。

（十二）體溫過低患者應逐步使其回溫(Rewarming)，方法如下：1.體溫高於 30℃時可在鼠蹊及腋下處使用溫毯。2.回溫速度不可過快(每小時不可超過 2℃)。3.選擇進行保暖或回溫（重新加溫)之方法，有消極法、積極體表加熱法、積極核心加熱法…等。（湯銘哲 民 90、游啟義，民 82、蔡漢謨等，民 70）。

四、不同程度體溫過低之生理變化及治療：

體溫過低之程度因環境溫度、保暖錯施及體溫流失之時間…等眾多因素而異，其各種程度之生理變化、表徵、治療法也所不同，如下表 6 所示：

表 6 不同程度體溫過低生理變化表徵及治療 (Hammond, B. B, 1984)

程度	輕度 32℃-35℃	中度 30℃-32℃	重度 30℃以下。
生理之變化	1.周邊血管收縮。 2.細胞及新陳代謝率增加。 3.中樞循環血量及尿量增加。	使細胞失去完整性使細胞內液分流至皮膚、新陳代謝率低、肝臟溫度降低連帶降低對藥物結合能力與解毒能力、容量耗竭使冷的血液濃縮及血漿黏稠度增加致缺氧、循環遲緩，血管出現沉積物造成微血管阻塞、酵素作用減緩降低產熱能力。	因換氣過低造成氧合血紅素解離效果偏弱、心肌受刺激、身體喪失溫度、看來如同無生命體。氧氣溶於水之程度減少，造成氧供應細胞代謝率低下。
表徵	呼吸、心跳率、心輸出量增加，頻尿、發抖，血壓上升等。	寒顫，全身水腫，心跳、呼吸率降低及心輸出量下降，中樞神經系統受抑制，深腱反射減弱，疼痛感覺度降低。	使呼吸率減緩、心率不整、身體僵硬，如死亡狀態。
治療法	使用毛毯或進入溫室之被動式回溫法。	可採被動式體外回溫法。也可採注射加溫後的靜脈溶液、吸入加溫後的氧氣、管餵加溫後的流質食物、洗熱水澡、使用體溫調節器等主動回溫法。	左列方法外若心血管系統穩定者以加熱之腹膜透析。心血管系統不穩定者以加熱血液透析。心血管系統塌陷需進一步生命支援

第二十四節　防止體溫散失與保暖措施

一、保暖：

選擇保暖良好質料或多穿衣服是首要考量，寒冬環境中宜選擇汗水易於蒸發之質料，或多穿衣服以增強身體之隔熱保暖效果(George A. 2000)。

二、防止體溫散失之措施：

(一)人體需要攝取足夠而適當營養的食物，以增加身體熱能的產生。(游啟義，民 82)

(二)從事水域活動時，若不幸即將落水而未落水前，迅速打電話或盡可發出各種訊號求救，落水後切勿驚慌盡量少動並將口鼻露出水面以維持生命現象等待救援，並避免因水的流動而散熱過快和加速熱能的消耗。(林建盛，民 90)。

(三)從事或可能導致失溫之休閒活動或環境時應事前做好瞭解及事前防患措施。

(四)選擇適當季節時間及環境地點從事活動。

(五)活動當中切勿逞強好勝而身處導致失溫之環境過久仍不知脫離而發生危險。

(六)於較低溫水域活動時應穿著防寒衣或救生衣。尤其救生衣之質料應當選擇有隔絕效果及保溫之浮力救生衣，依據 1944 年九月美國海軍做了保護寒冷之實驗，一組為長羊毛絨內襯救生衣，另一組為加了泡棉內襯之救生衣，結果；有加泡棉內襯者之保溫效果良好，確實有保暖並延長降溫之效果(Hartmann,

1994)。

(七)應結伴從事戶外休閒活動以便相互照應。

(八)從事休閒活動時，最好隨身攜帶手電筒、哨子...等於萬一處於急難時能發出求救信號增加得救機會。

(九)若使用直升機吊掛時，應先以被毯將患者覆蓋以利遮蔽保暖，並可避免直接受到直升機所發出強風之吹襲而加快體溫散失之速度。(廖朝輝，民 91)。

(十)日本學者池田知純表示:在寒冷環境從事戶外休閒活動之能量補充是重要的，因為；能量的消耗若高於補給就有體溫過低之危險，例如；潛水、登山、跑馬拉松前兩天，建議可攝取高能量之碳水化合物及高卡路里之食物(池田知純，1995)。

(十一)在寒冬或冰冷的水域意外落水或翻船時，依據中華民國紅十字會水上安全訓練教材指出可遵照水中保持體溫求生之姿勢 H.E.L.P.之英文縮寫原則保暖自救之(陳長文，民 91)如下：

1.H=Heat 熱：

穿著保暖衣物並將頭部保持在水面上，保持清醒可看到前來救援目標。

2.E=Escape 避免散發：

雙手肘交叉抱胸並抓住衣領，保持團身避免熱的散發。

3.L=Lessening 減少：

雙腳交叉盤起，縮小面積，使鼠蹊部及腋下都有保溫作用減少散熱面積。

4.P=Posture 姿勢：

背部朝向風口與浪頭，臉朝上使保持可呼吸狀態，不受冷風直接吹襲和浪的襲擊。 單人時可遵照H.E.L.P.原則，將口鼻露出水面，兩手交叉於胸前握住衣領，彎腰屈膝呈團身狀，全身放鬆漂浮等待救援。 若是一群人時，仍遵照 H.E.L.P.原則，相互擁抱在一起可共用體溫並可使目標加大明顯，便於救援者之目標搜索，全身放鬆漂浮以等待救援。人體在冷水中雖可用運動產熱，但過多卻會加速消耗熱量反而提早失溫，所以過多的運動來保溫乃不智之舉。乘坐小船翻覆時，若水比氣溫寒冷時且船未完全沈沒時，可爬上翻覆朝上之船底部避免冷水之浸泡，但氣溫比水溫寒冷時則慎重考慮待在水中並扶著未沈之船體，以減緩體溫之散失，延長生命及有效等待救援之時間，(Nick Olmos-Lau M.D，2003)。

上述 H.E.L.P.理論原則如下圖 33、34、35 所示：



圖 33　單人 H.E.L.P 待援姿勢(Riverboating,2004)。



圖 34 多人 H.E.L.P.待援姿勢(Nick Olmos-Lau M.D，2003)



圖 35 攀附翻覆未沈之船身待援(Nick Olmos-Lau M.D，2003)

三、人體處於水中有效防止體溫散失之措施：

熱度的消散經由皮膚到隔離層的傳送，而熱度則有在隔離層中循環之作用，以減緩熱度直接被水吸走，而熱度之消散速度 H 則和溫度改變系數 K 與皮膚之接觸面積、水溫、皮膚溫度有相關，如下公式所示：

$H=KA(T_W - T_{sk})$。H 為熱度之消散速度，K 為溫度改變系數，A 為水與皮膚間之接觸面積，T_W 為水溫，T_{sk} 為皮膚溫度(Bullard RW,1970)。

依據沈立仙譯自日本游泳聯盟之安全游泳文中之水中生存時間圖所示，以同樣體表面積者並同樣處於 15℃水溫中之存活時間，其穿著薄衣物者存活 5 小時，而脫衣者只存活 1.5 小時,如下圖 36 所示。

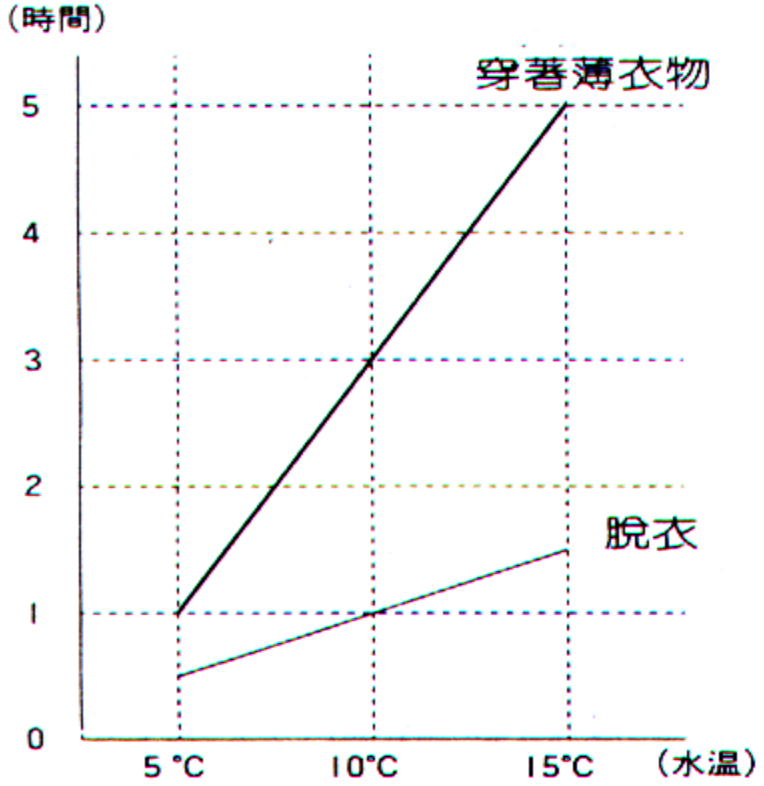

圖 36 處於不同水溫之存活時間示意圖(沈立仙，民 87)。

微細血管及汗腺的收縮、高比例的發抖並減少肌膚曝露在寒冷空氣及接觸冷水等環境之面積，可以有效降低熱量的散發，而減緩核心體溫之降低（Adams WC.1975）。 防止不慎掉落寒冷水域之快速失溫，可穿著救生衣或充氣式浮力救生衣保暖以避免體溫過低，如圖 37 及 37-1 所示：



圖 37 穿著救生衣保暖。



圖 37-1 穿著充氣式浮力救生衣

待援並保暖(Bethesda,1983)。

從事水上活動前應瞭解自我體能狀況，處於冷的環境中應防止失溫，例如；在水中應穿著潛水衣，即使穿著潛水衣，若於水中停留一段時間後仍然會覺得寒冷，於是不斷發抖為警訊，是嚴重失溫之情況，所以當不斷

發抖時，應儘快上岸擦乾身體並取暖，(中華民國水上救生協會，民 92)。

四、人體外在增進體溫之方式：

為了維持恆定體溫狀態，除了體內生理機制調節之外，以外加之方式來對抗人體曝露在惡劣低溫之環境，可應用與散熱之反向方式操作增溫之，如；幅射、對流、傳導、蒸發等。

(一)幅射：開啟紅外線電器或接受溫暖陽光的照射。

(二)對流：開暖氣或接受熱風的吹襲。

(三)傳導：

1. 在冰冷溪流游泳後躺在陽光曬熱後的岩石上回溫。(游啟義，民 82)
2. 浸泡熱水回溫。

(四)蒸發：進入蒸氣室回溫。

第二十五節 溫度對運動之影響

一、低下之肌肉溫度使運動成績受到影響：

肌肉溫度降低時使用較多肝醣，造成更多乳酸堆積，在寒冷環境中運動或冷水中游泳及穿著溼冷衣服運動可使成績大受影響(楊錫讓(民 80)。。

二、Q_{10} 效應：

美國學者(George A)等指出：雖然從理論上肌肉溫度在 50℃時會比 35℃之收縮速度還快，但實際上當增加到如此高的溫度時，肌肉將有如被蒸熟而受到傷害。其

可表示生物體或酶的反應速率對溫度是敏感的。通常以10℃的倍數之溫度變化來研究溫度反應的效應，在運動生理學的研究工作中，把這種變化的結果稱為 Q_{10} 效應。理論上溫度升高 10℃時，其的酶反應比率會增加一倍，在這種情況下 Q_{10} 是 2。 如下圖 38 表明了 Q_{10} 效應。該圖在 33℃至 43℃之黃色標示區塊部份範圍顯示，因溫度變化而使肌肉得到大的效應。

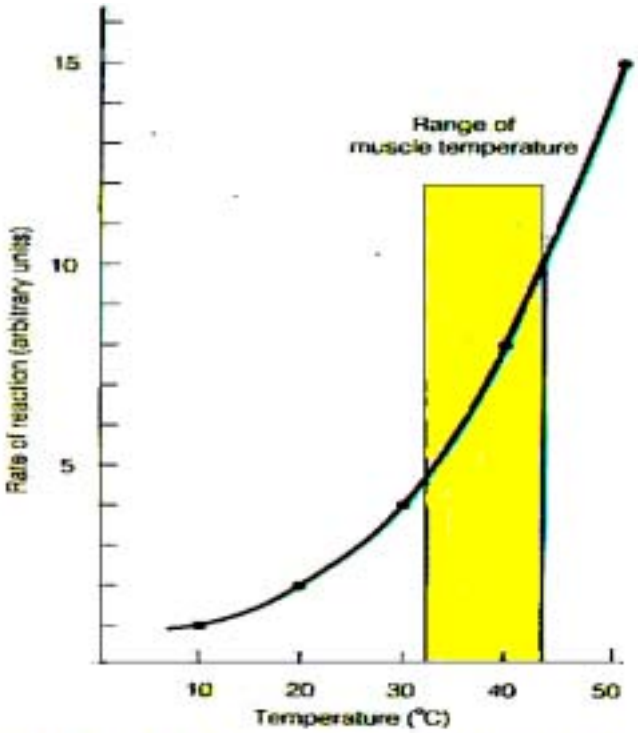

Figure 2-2 Illustration of a Q_{10} effect, where each 10°C increase in temperature doubles the rate of reaction. In the physiological range (shaded area) the curve is very

圖 38 Q_{10} 效應(George A. 2000)。

在描寫此一限制因素時，特殊之情況是涉及熱和溫度對生物體之作用。應當指出，溫度的改變對人體之影響有好的也不利的。例如；

(一)雖然壁虎或青蛙等爬蟲類不能自我產熱為細胞提供

能量，但卻可以藉由在陽光下自暖其身，由此從 Q_{10} 效應中獲得好處。因為爬蟲類在陽光下暖身，由此從 Q_{10} 效應中獲得利益。

（二）某些齧齒類動物在非常冷的環境下產生生物化學適應，以消耗更多的氧氣，而不依靠顫抖發熱。因此，他們可以不必用危及生命的廢料去維持日常的生活。

（三）另一例是很多運動員都有過的經驗，暖身活動 warming-up（準備活動）可以使運動成績提高。暖身活動的幾個良好作用，即是暖身活動時對肌肉從局部 Q_{10} 效應中得到利益(George,1999)。

因此；假設體溫若不升高，反而以不同程度之降低狀態，其運動表現之結果與 Q_{10} 效應狀態之運動表現結果是否一致，筆者乃採相同看法，其也應會隨之衰退，但，是否如此?有待實驗結果之證明來解答。

三、低溫環境對運動之影響：

常溫下運動時心跳反應與心輸出量似乎並無差異，但在寒冷環境下運動，由於末梢血管收縮，皮膚血流降低，肌肉的血流則較低或不變。　低溫環境從事運動的選手，可能面臨下列問題，例如；運動時暴露於低溫環境過久，因而造成雙手麻木現象，其成因之一是神經傳導速率降低，以及肌肉收縮造成血流量降低為重要因素。如此結果導至人體靈活度及肌力降低，同時會影響投、擲、跑、跳等相關動作技能（Powers，2001）。

四、低溫對手部工作效率之影響：

手部皮膚溫度低於 15.5℃時其工作效率深受影響，Lockhart 及 Kiess 等二人發現在-18℃之環境溫度溫度下從事齒輪裝配工作，在未加裝紅外線加熱器前，以 41 秒之時間完成，加裝之後則以 25 秒完成，使工作效率提高了 61%。 另外；若穿戴足夠的禦寒衣物，人體在 25℃環境下，經 8-14 天之後，仍可保持頭腦與視覺之清晰，但齒輪裝配之效率大為降低(張一岑。民 86)。

寒冷使手部感覺器受到麻醉，造成需要靈巧控制的手指動作趨於笨拙，和需要運動技術的抓握能力受到極大影響。(George A, 2000)。

五、溫度改變運動中之耗氧量，

運動的換氣量，低溫環境高於常溫運動場合，另外；如下圖 39 所示，以每秒 0.25 公尺及每秒 0.50 公尺之速度均為處於 18℃之水中游泳之耗氧量偏高，而以每秒 0.75 公尺之快速游泳時反而以 33℃水中游泳之耗氧量指數偏高(George A, 2000)。

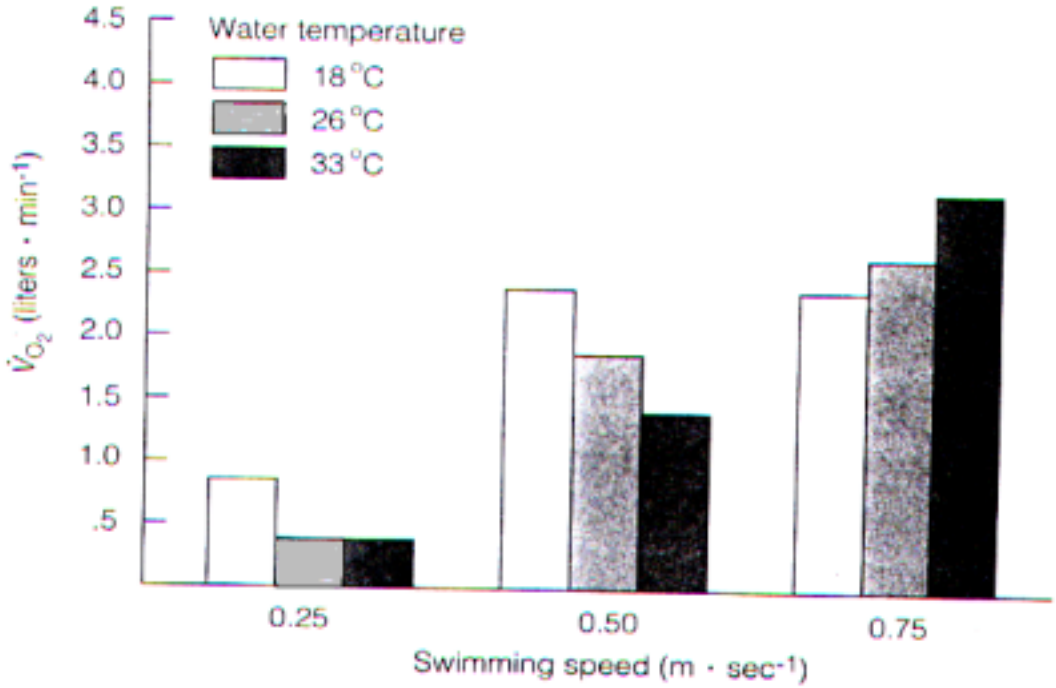

圖 39 不同水溫與與游泳速度對耗氧量之關係圖（Books, 2000）。

六、體溫過低影響判斷及協調能力：

Acevedo 等學者，經研究指出當人體核心體溫降低至 32℃時，將對協調運動及判斷能力與知覺造成影響，而且有死亡的危險。(Acevedo,1997)。

七、低下的肌肉溫度使運動傷害率提高：

體溫過低除了機能受影響之外，由於肌肉黏滯性增加或顫抖，可能會使運動損傷的危險性增加(George A, 2000)。 理論上，在冷環境中運動能力可能會受影響，尤其是短時間高強度之運動項目中。肌肉溫度略高於 40℃時機能最佳，但類似速降滑雪的間斷性運動中，每次

滑雪間的長時間在寒冷中乘坐纜車，促使運動員之肌肉溫度持續下降，因此除了機能受影響之外其肌肉之黏滯性增加或顫抖，可能使運動員受傷或增加運動危險與傷害機率，(楊錫讓，民 80)。

八、冰冷的水溫降低泳者挑戰橫渡海峽之成功率：

水中熱的傳導速度比空氣中快 25 倍，冷水中游泳會使運動能力和攝氧量峰值下降(George A,2000)。使有關挑戰冰冷海峽運動員之結果也受影響，以挑戰年平均水溫約 15℃，由英國多佛爾到法國加來兩點之直線距離 33.8 公里海域之英吉利海峽為例，受制於人體對寒冷的極限，歷年來約有 6000 人企圖完成挑戰，但成功率卻不到 13%，(Acevedo,1997)。 所以；世界趨勢的游泳比賽為了增進遊出好成績之公信力，乃明文規定水溫必需維持在 26℃±1℃之一定水溫，以維持選手在相同比重與水阻力與失溫水準下公平競爭(武育勇，民 87)。.

九、溫度影響肌肉收縮時間（速度）：

肌肉在低溫下之收縮表現，將增加潛伏期、收縮期和舒張期等，這三個時期之時間以舒張期所受之影響最大。如下圖 40 所示： 因此；運動員於賽前之暖身運動可提高肌肉溫度，以加速新陳代謝速率和減少原生質之黏度，而減少肌肉收縮各時期之時間。(彭英毅、黃奕燦，民 66)。 所以基於此一理論，筆者以為；運動員於賽前的暖身操使肌肉溫度提升，藉以得到利益提昇運動比賽之表現成績。

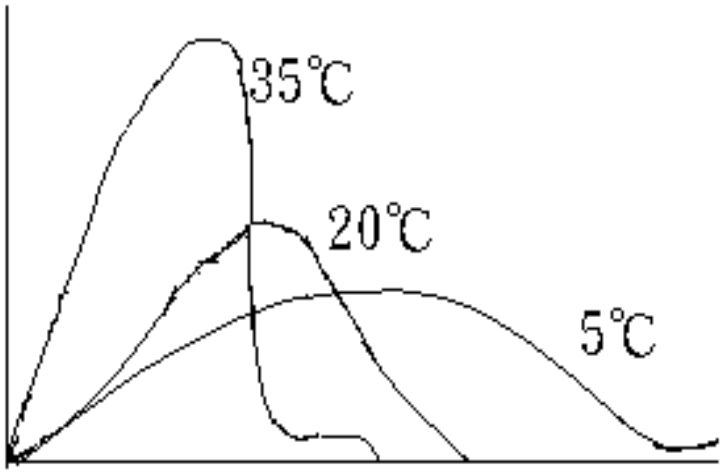

圖 40 溫度對肌肉收縮之影響(Bainbridge.Menzies，1940)

十、溫度變化影響生化反應之速率：

生物動力區溫度範圍在 10℃至 45℃，很少有機體能在此範圍之外生存，溫度變化為影響生化反應速率之主因。如 Q_{10} 效應，溫度改變 10℃速率改變為 2 倍(葉偉成等，民 81)。

十一、大腦溫度微幅降低影響思維與運動能力：

大腦的溫度稍有降低，就會影響思維，引起定向能力的障礙，對於野營者、游泳和潛水運動員特別的危險，因為在這種危險及致命的環境中，要時刻依靠他們的思維，環境也可以使運動能力產生變化。典型的經驗是在很熱、冷、高山和污染空氣中運動，運動員的成績將下降(楊錫讓等 民 80)。

小結

經上述文獻探討後，綜觀各家理論與案例，顯示天地萬物確實深受溫度之作用，然而體溫的降低對人們身心壓力趨於顯著，但核心體溫下降到體溫過低指標時，對於各項運動各影響何幾？不同對象與體質對體溫下降速度之間是否有差異或相關？其有待實驗結果來證明。

第參章 研究方法與步驟

經前二章論述與相關文獻探討後，得知體溫的降低對身心確實會產生影響，但不知其對於各項運動之影響指數何幾？不同對象與體質對降溫速度之影響是否有差異或相關？其有待實驗結果來證明，所以本研究特設計研究方法與步驟供實驗之參考和藍本，如下各節所示。

第一節 研究方法：

本研究方法採「實驗驗研究法」(Experimental Method)，在研究者足以控制影響與實驗結果無關之干擾變項（Extraneous Variables）之狀態下，以探討自變項（Independent Variables）和依變項（Dependent Variables）間是否有因果關係（Csausal Relationship）。且本實驗方法採介於實驗室實驗 (Laboratory Experiment)及實地實驗（Field Experiment）方法操弄之（黃光雄等，民 80）。

第二節 研究對象

本研究基於人道立場遵守紐倫堡法典(The Nuremburg Code)之規定與赫爾辛基宣言之精神，如下；(使受試者完全瞭解實驗內容)、(受試者必須出於自願)、(所有處置須符合人道原則)、(不可使受試者遭受不必要的痛苦)…等特點的十項原則(陳詩經，民 89)。

本研究將尋找完全出於自願之對象為受試者，並使受試者完全瞭解實驗內容、符合人道原則、不使受試者遭受不必要的痛苦等原則施行實驗之。

本研究之受試者以未曾接受過體溫過低測試之大專男子為受試對象，先行約集可能參加實驗者，說明實驗相關事項（意義、目的、條件、過程、時間、地點、配合事項）及可能發生的危險後，徵求志願參加者，然後進行健康狀況調查，如(附錄 A)所示，排除氣喘病、心臟功能異常、血壓過高、血壓過低及肢體損傷或運動障礙者，總計 10 位健康男子為本研究受試對象。

所有受試對象隨機分成 10 名受試者，其基本資料如表 7 所示。

表 7 受試者基本資料

人數(人)	平均年齡(歲)	平均身高(cm)	平均體重(kg)
10	23	173.6	69

正式實驗之前，受試者均需詳細閱讀並完全瞭解「受試者須知」(附錄 B)的內容，並具填「參與實驗同意書」(附錄 C)，確認願意接受實驗情境條件之規範。

第三節 實驗時間與地點

一、 **實驗時間**：中華民國九十二年四月一日至二十八日。

二、 **實驗地點**：台中市長春游泳池三溫暖系統之冰水池。

第四節　實驗設計

本研究旨在探討體溫過低後各項運動表現之可能變化特作如下之實驗設計，其流程如下圖 41 所示。

一、安全措施：

為安全起見受試者於受試前經填寫問卷後，經研判後無氣喘病、心臟功能異常、血壓過高、血壓過低及肢體損傷或運動障礙者，通知在於指定時間前往指定地點受測，實驗全程備有醫藥箱並安排合格醫護人員(如附件D-護士證書)全程陪同隨時待命，以確保實驗之安全。

二、正式實驗前之準備工作如下：

(一)巡視實驗環境一週，檢視是否安全無慮。

(二)將測量儀器依照測驗步驟流程之順序取適當距離排放固定妥當。

(三)測量冰水池水溫是否達到 15℃±1℃及溫水池水池水溫是否達到 35℃±5℃。冰水池及溫水池水溫未達標準則隨時增減溫度之，至達到標準為止。

(四)測試所有測量儀器是否可正常操作及歸零校正。

(五)召集核對受試者身份後分組等待實驗。

(六)受試者填具參與同意書。

(七)召集受試者說明實驗流程及操作方法並操作示範，受試者若 有疑問可提出且必要時再操作示範一遍，理解之後輪流練習操做一遍直到無疑問為止。

(八)實驗注意事項詳閱受試者須知(如附錄 B)所示。

徵求受試者及建檔（實驗前四週）

1. 徵求受試者對象。
2. 建立受試者基本資料。

↓

健康檢查

受試者前往指定醫院接受健康檢查，並繳回體檢表。

↓

受試者健康狀況篩選

研判已回收之體檢表，篩選健康狀況良好者通知其接受實驗。

↓

實驗前準備（正式實驗當天）

1. 儀器排放固定與校正。
2. 召集核對受試者。
3. 填具參與實驗同意書。
4. 操作方法說明。
5. 說明實驗注意事項（詳閱受試者須知）。

↓

正式實驗（正式實驗當天）

1. 受試者至更衣室更換泳衣。
2. 身體組成分析測量並詳加記錄。
3. 受試者測量鼓室溫度後立即逐一進行前測並詳加記錄。
4. 受試者接著進入 15℃ 冰水池後隨時監測鼓室溫度降，待降至 35℃ 時，逐一進行同前測項目順序之後測並詳加記錄。
5. 受試者完成後測之後採漸進涉入溫水池回溫。

圖 41 實驗流程圖

三、正式實驗工作如下：

（一）受試者至更衣室更換泳衣。

（二）受試者著泳褲以淨體重站上身體組成分析儀測量身體組成並詳加記錄（自動列表）。

（三）受試者接受電子耳溫槍測量鼓膜溫度後詳加記錄。

（四）受試者立即依序完成運動表現之前測項目：（1.手指協調能力 2.手掌反應速度 3.準確能力 4.握力 5.背肌力 6.水平瞬發力 7.全身反應速度 8.垂直瞬發力 9.柔軟度 10.平衡能力）等 10 個測驗項目，並詳加記錄。

（五）受試者完成前測之後，醫護人員就冰水池外側待命陪同，由執行實驗者啟動碼錶計時之同時受試者涉水進入冰水池，呈坐姿使全身浸泡於水中直至頸部完全沒入水中，僅露出頭部使眼、耳、口、鼻保持在水面上，且維持全身不動之狀態，每 30 秒接受鼓室溫度偵測後將每次之指標及時間記錄之，至鼓室溫度降至 35℃ 時，受試者立即依序同前測項目及順序完成運動表現之後測：（1.手指協調能力 2.手掌反應速度 3.準確能力 4.握力 5.背肌力 6.水平瞬發力 7.全身反應速度 8.垂直瞬發力 9.柔軟度 10.平衡能力）等順序及器材與前測相同，以確保條件之一致性，並詳加記錄。

（六）受試者完成後測之後由醫護人員陪同，採漸進之速度緩慢涉入溫水池回溫至體溫恢復正常直為止，以確保安全。

（七）本實驗備有熱薑湯，於受試者完成後測後回溫飲用。

第五節　操作性定義

一、手指協調能力；

本研究以雙手將螺帽轉動鎖進螺絲底部，再將螺帽轉動退出螺絲之時間表示之。

二、手掌反應速度：

本研究採捉握到落棒刻度上之長度表示之。

三、準確能力：

本研究採射擊 10 發 BB 彈所得分數表示之。

四、握力：

本研究以慣用手一次最大抓握強度表示之。

五、背肌力：

本研究以雙手握背肌力測定器握把，軀幹與下肢呈 30° 角以一次最大挺腰拉動強度表示之。

六、水平瞬發力：

本研究以一次最大用力屈膝蹲跳之最遠距離表示之。

七、全身反應：

本研究採站姿，隨機於訊號燈亮同時雙腳離地再落地之時間表示之。

八、垂直瞬發力：

本研究以一次最大用力屈膝蹲跳之最高高度表示之。

九、柔軟度：

本研究採坐姿體前彎，雙手伸直軀幹與下肢呈90°，由指尖開始量起至向前彎腰臉部往腿部靠攏雙手使指尖之最遠距離表示之。

十、平衡能力：

本研究採受試者雙手側平舉慣用腳單足閉眼站立，由非慣用腳彎屈離地開始算起至該腳落之時間表示之。

第六節 前驅嘗試和實驗 Prior Trial and Study

每一位實驗研究者都應該嘗試過自己的實驗設計程式，以便更真實掌握受試者之生理和心理之感受，並且作為確認實驗程式設計的適當依據(林正常，民85)。

本實驗研究者為了真實體驗其感受與差異，於是在民91年12月2日親赴預定實驗之地點-台中市長春游泳池三溫暖之冰水池進行前驅測試。因限於實驗器材及準備等原因，僅進行一項體溫過低前、後之手指協調能力之體驗和試驗。其相關資料及結果如下表8及表9所示

表 8 研究者前驅測試身體組成指標表：

身體組成	指　　標
肌肉重	49.2Kg
體脂肪重	11.2Kg
體脂肪率	18.2%

表 9 研究者之前驅實測溫度下降時間指標示意表(℃/min)：

階段(分)	核心體溫	表　　現
0(失溫前)	36.3℃	手指協調能力測驗(轉動螺絲進出時間)。結果 35 秒完成
00:30”		心跳加速，呼吸加快。
01:00”		臉發熱，頭發脹。
01:45”		手、腳尖刺痛(末梢血液變少之感)。
02:00”		頸部僵硬。
04:00”	36℃	
11:15”	35.8	
16:15”		
19:00”		股四頭肌有痙攣徵兆
28:30”	35.1℃	頭皮發麻頸部疆硬
31:30”	34.9℃	手指協調能力測驗(轉動螺絲進出時間)。結果 3:30 秒完成

當核心體溫降到 35℃時轉動螺絲之動作非常困難，有如雙手被強力膠黏住之感，相當不靈活。後測完成時間為 3:30”，比前測核心體溫為 36.3℃時即完成之 30 秒時間多了七倍時間才完成。

所以；本實驗研究者之手指協調能力前驅測試的前、

測指標有顯著差異，但不知其他九項運動表現為何？不同受試者之所有前後測運動表現指標是否也有顯著差異？實驗研究者有欲得知答案之強烈動機，乃設計本實驗方法。如圖42、43所示。



圖 42 研究者前驅測試之陸上及浸泡冷水之核心體溫測量。

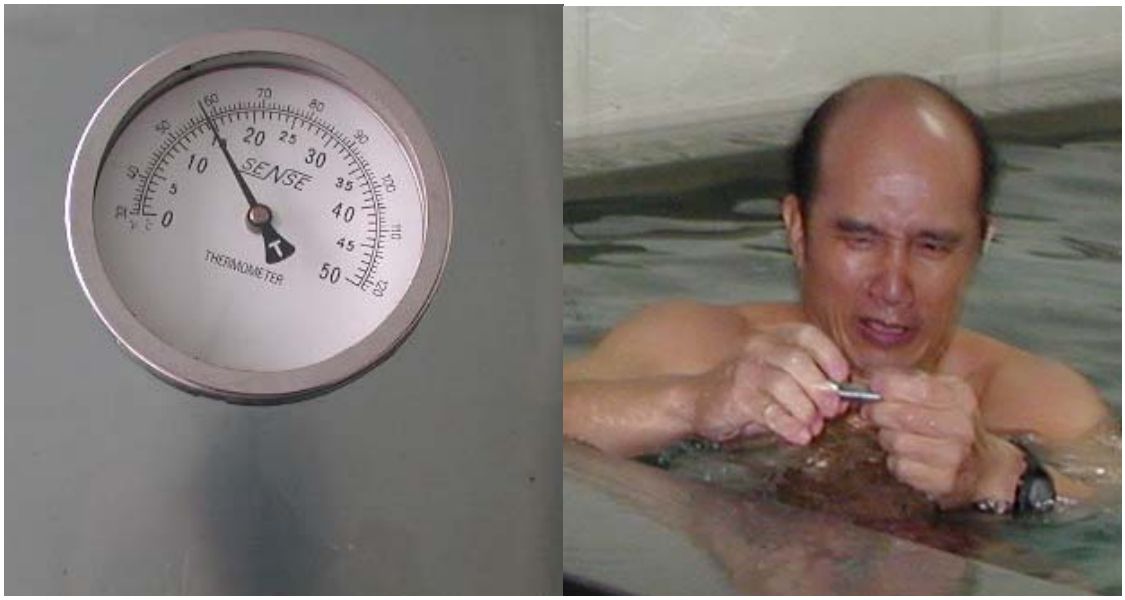

圖 43 研究者前驅測試之水溫及降溫後手指協調能力後測。

第七節　實驗方法

本研究之實驗部份及順序包括測量及測驗二個方面，測量有：.水溫、身體組成、核心體溫等 3 項測量並記錄。測驗項目有：手指協調能力、手掌反應速度、準確能力、握力、背肌力、水平瞬發力、全身反應速度、垂直瞬發力、柔軟度、平衡能力等 10 個動表現測驗項目，其前測及記錄其順序如下:(1.手指協調能力 2.手掌反應速度 3.準確能力 4.握力 5.背肌力 6.水平瞬發力 7.全身反應速度 8.垂直瞬發力 9.柔軟度 10.平衡能力)。

於完成上述 10 項前測之後進入冰水池降低核心體溫，當核心體溫降至 35℃時隨即施行運動表現測驗之後測及記錄其順序如下：(1.手指協調能力 2.手掌反應速度 3.準確能力 4.握力 5.背肌力 6.水平瞬發力 7.全身反應速度 8.垂直瞬發力 9.柔軟度 10.平衡能力)。

受試者完成上述 10 項後後測之後由醫護人員陪同，採漸進之速度慢慢涉入溫水池回溫至體溫恢復正常直為止，以確保安全。

本研究之 2 個測量及 10 個測驗項目於同一天實施，其實驗方法分述如下：

一、測量：

(一)身體組成測量：

本測量為得知受試者之肌肉重、體脂肪重、體脂肪率而設計。

本研究首先測量受試者之身高與體重指標後，

再將該指標輸入進行偵測之身體組成分析儀分析，顯示身體組成之各種狀況指標記錄體脂率，體脂肪率以百分比(%)、肌肉重以公斤(kg)、體脂肪重以公斤

(kg)為計取單位。

1.使用器材儀器：

(1)Helmas 牌 型號 SH-9600A ,110V/60HZ 電子身高及體重計x1 台

(2)Biospace 牌 型號 InBody3.0 ,110V/60HZ 電腦身體組成分析儀x1 部，如(附錄 J)所示。

2.測量程順序：

隨機分派受試者測量順序，惟一經確定之後，後續之各項及各次測驗，均維持相同順序。

3.實驗步驟：

身高及體重採用身高及體重計測量之。

肉重、體脂肪重、體脂肪率(百分比)之測量採用身體組成分析儀測測量之。

(1)受試者到場報到之後在測量儀器旁靜坐休息待命。

(2)測量身高與體重：

受試者赤足背向站在身高及體重計後，啟動偵測顯示身高及體重指標並記錄之，身高以公分(Cm)、體重以公斤(Kg)為計取單位。

(3)實施身體組成測量：

A.啟動身體組成分析儀。

B.輸入受試者基本資料(姓名、性別、年齡、身高、 體重)。

C.受試者面向分析儀操作面板雙腳赤足站上分析儀踏板之無絕緣銀色金屬腳底電極上。雙手並輕輕握持手部電極。

D.啟動分析、列印結果。

(二)核心體溫測量：如圖 45、46、47 所示。

本測量為得知受試者之核心體溫而設計。

本研究之核心體溫採測量鼓室溫度(耳溫)以顯示核心溫度之，以攝氏℃為計取單位，如；(圖 44-46)。

1.使用器材儀器：

(1)Npac 牌 型號：cl-206。

(2)紅外線電子耳溫槍×1 枝

(3)必帝牌 B-D 酒精棉片(Swabs)×1 盒。

2.測量順序：

隨機分派受試者測量順序，維一經確定之後，後續之各項及各次測驗，均維持相同順序。

3.實驗步驟：

(1)受試者到場報到之後在測量儀器旁靜坐休息待命。

(2)測量鼓室溫度：

實驗研究者將耳溫腔之測頭蓋打開套上耳套，再以酒精棉片將耳套插試消毒後，按壓掃描鍵(ON/SCAN 鍵)啟動機器呈預備狀態後，一手輕拉受試者耳背，一手將耳溫槍之測量頭伸入受試者耳內深部後，按壓掃描鍵(ON/SCAN 鍵)

動偵測顯示鼓室溫度指標，連續測量三次並記錄之其平均值，如下圖 44、45、46 所示。





圖 44 紅外線耳溫槍 **圖 45** 用酒精棉片消毒 **圖 46** 測量耳溫

二、測驗：

本研之測驗有：手指協調能力、手掌反應速度、準確能力、握力、背肌力、水平瞬發力、全身反應速度、垂直瞬發力、柔軟度、平衡能力等 10 項測驗，如下：

(一)手指協調能力測驗：如下圖 47、48 所示：

本實驗為得知受試者之手指協調能力而設計。受試者將一螺帽由螺絲最外緣轉動鎖進螺絲底部後，隨即轉動退離螺絲頂部為止之時間，以秒(sec)為計取單位。

1.使用器材儀器：：

(1)SEIKO 牌 型號 S111-5000 碼錶×1。

(2)不銹鋼托盤×1(28cm×22cm)。

(3)六角螺帽×1(外徑 2cm×內徑 1cm)。

(4)螺絲×1(9cm×直徑 1cm×50 牙)。

2.實驗步驟：

實驗研究者先將碼錶歸零後，於發令「開始！」同步啟動碼錶，受試者也同時以雙手將置於托盤上之螺帽及螺絲取出，以最快速度將螺帽轉動鎖進螺絲底部後，隨即轉動退出後立刻將螺絲及螺帽置於托盤上時，實驗研究者立刻將碼錶時間終止並將秒數記錄之。

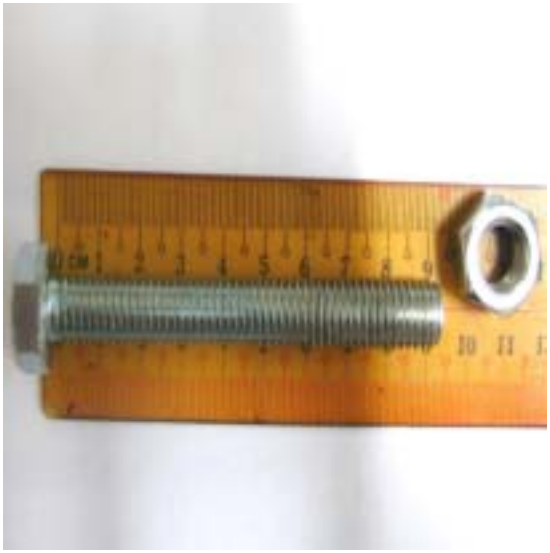

圖 47 螺絲與螺帽。



圖 48 碼錶。

(二)手掌反應速度測驗：

本實驗為得知受試者之手掌反應速度而設計。當實驗研究者將落棒放開，受試者以慣用手抓握，觀

察記錄抓握位置指標。

1.使用器材儀器：：如圖 49 所示

(1)りアケショソ牌 型號 BG 落棒x1

(2)椅子x1

2.實驗步驟：

受試者坐於椅上眼睛注視落棒，慣用手前平舉並將手指伸直虎口張開，實驗研究者手持落棒頂端，將落棒刻度 0 之標線位置對齊受試者之虎口上緣，隨機不預警的將落棒放開後，受試者以快速抓握，觀察記錄虎口上緣抓握標線之位置指標，以公分 cm 為計取單位。



圖 49 手掌反應速度測驗(落棒)。

(三)準確能力測驗：

本實驗為得知受試者之準確能力而設計。

本研究之準確能力測驗為：受試者手持 BB 槍對著靶心，於時間內擊發 10 顆 BB 彈後，觀察記錄射中靶紙之總分。如圖 52

1.使用器材儀器：：如圖 50、51。

(1)Gold Cup 牌 型號 70 規格口徑 6mm

(2)氣壓式 BB 槍×1 如圖 -

(3)BB 彈(直徑 6mm)×1 罐(2000 顆)。

(4)靶箱(35 ㎝×45cm ×13cm)×1

(5)靶紙×1 張

(6)膠水×1 瓶

(7)椅子×1 張

(8)SEIKO 牌 型號 S111-5000 碼錶×1

(9)空氣壓縮機(110V 150psi//10kg/㎝^{2})×1 部

(10)空氣導管×1 條

2.實驗步驟：

為保持實驗之一致性受試者呈坐姿，以慣用手持 BB 槍。實驗研究者先將碼錶歸零後，發令「開始！」同步啟動碼錶，受試者同時舉槍將準星及單門對準靶心，於 30 秒內擊發 10 顆 BB 彈後，觀察記錄射中靶紙之總分。以 0-10 之加總分數為計取單位



圖 50 Gold Cup 牌氣壓式 BB 槍



圖 51 150psi//10kg/cm^{2}空氣壓縮機



圖 52 描準目標射擊。

(四)握力測驗：如圖 53、54、55

本實驗為得知受試者之握力而設計：

本研究之握力測驗為：受試者以慣用手盡最大力量抓握力計後觀察記錄握力指標。

1.使用器材儀器：

(1)竹井製造之 TAKEI 牌 型號 1857 握力計(Grip Dynamometer)0-100kg×1

(2)椅子×1

(3)桌子×1

2.測驗步驟：

為配合冰水池構造環境，本測驗在陸上及水池鈞採坐姿進行前、後測，以保持實驗之一致性受試者呈坐姿，以慣用手臂側平舉平放於桌上後，盡最大力量抓握力計後，觀察記錄抓握指標。以 Kgw 為計取單位。



圖 53 指針式握力器。



圖 54 本研究因環境限制以坐姿測試



圖 55 坐姿測試圖。

（五）背肌力測驗：如圖 56、57、58、59 所示。

本實驗為得知受試者之背肌力而設計。

本研究之背肌力測驗為：受試者以雙手握把手盡最大力量挺腰拉動背肌力計後，觀察記錄背肌力指標。

1. 使用器材儀器：

竹井製造之 TAKEI 牌 型號 TKK5002 背肌計(Back strength dynamometer)0-300kg×1

2. 實驗步驟：

受試者兩腳併攏伸直站立於背肌力計踏板上，調整好背肌力計指針以歸零之，再遷引鐵鍊距離，使雙手伸直捉握把時之軀幹與下肢呈 30

度角狀態時，最大力量挺腰拉動背肌力計後，觀察記錄背肌力指標。以 kgw 為計取單位。



圖 56 TAKEI 牌 背肌力計



圖 57 TAKEI 牌 指針式背肌力計





圖 58 軀幹與下肢呈 30 度角狀態 **圖 59** 用全身力量往上拉。

（六）水平瞬發力測驗（立定跳遠）： 圖 60

本實驗為得知受試者之水平瞬發力而設計：

本研究之水平瞬發力測驗為：受試者站立於劃有公分刻度之地面上，雙腳指尖站在起線後緣，雙腳膝蓋屈伸雙手前後擺動之預備狀態，再以盡最大力量擺臂蹬腿向前跳躍落地後，觀察記錄起線至腳跟落地之後緣處。

1. 使用器材儀器：

(1)平整地板一面 3m×5m

(2)粉筆×2

(3)皮尺(10)×1

2. 實驗步驟：

受試者站立於劃有 0cm-300cm 刻度之地面

上，雙腳指尖站在起線 0cm 後緣後，雙腳膝蓋可做屈伸雙手前後擺動之預備狀態，再以盡最大力量擺臂蹬腿向前跳躍落地後，由實驗研究者觀察記錄起線至腳跟落地後緣處之距離。以 cm 為計取單位。



圖 60 立定跳遠-預備

(七)全身反應速度測驗：如圖 61、62、63、64。

本實驗為得知受試者之全身反應速度而設計：本研究之全身反應速度測驗為：受試者站立於測試踏墊上，面向訊號燈，在訊號燈不預警之亮燈時，受試者以最快速度做跳起又落地之動作，觀察記錄其時間。

1.使用器材儀器：

竹井製造之 TAKEI 牌 全身反應測試器

Whole Body Reaction（含：主機、測試踏墊、訊號燈）110v/60hz 1/1000sec×1 組

2.實驗步驟：

實驗研究者將電腦 IC 卡插入插槽後啟動主機，將其歸零顯示在預備狀態，受試者站立於測試踏墊上面向訊號燈，並注視訊號燈，實驗研究者隨機啟動訊號鍵使訊號燈在不預警狀態發出亮燈，當訊號燈亮起之同時，受試者以最快速度做跳起又落地之動作，此時訊號燈面板上會顯示反應速度之時間指標，實驗研究者也立刻將顯示時間記錄之，記錄完畢後按取消鍵歸零再準備下一次測驗，如上述方法共測驗三次取其平均值。以秒 sec 為計取單位。



圖 61 全身反應測試器。



62 注視訊號燈-預備。



圖 63 訊號燈－亮。



圖 64 快速跳起。

（八）垂直瞬發力測驗（立定跳高）：如圖 65、66、67、68。

本實驗為得知受試者之垂直瞬發力而設計：

本研究之垂直瞬發力測驗為：受試者站立於測試踏墊上，屈膝向上跳躍之後，在垂直跳測量錶上顯示跳躍高度之指標後，觀察記錄其高度。

1.使用器材儀器：

竹井製造之 TAKEI 牌 型號：T.K.K5106 垂直跳測量錶 VERTICAL JUMP METER(含：顯示錶、測試踏墊、聯動線)x1 組。

2.實驗步驟：

受試者站立於測試踏墊上，屈膝向上跳躍之後，在垂直跳測量錶上會顯示其所跳躍高度之指標後，觀察記錄其高度。 實驗研究者將垂直跳測量錶上之連動線拉出後，將線頭插進套入腳踏墊

之固定口內之後，受試者站立於踏墊上呈立正姿勢且不可彎腰，實驗研究者將垂直跳測量錶之腰帶固定於受試者腰部並使面板朝正前方後，轉動收線轉盤將連動線拉直且與地面呈垂直後，按壓錶上之 ON/C 之按鈕啟動後，受試者可屈膝彎腰手後擺呈預備姿勢再奮力往上跳落地後，實驗研究者將測量錶上顯示之所跳高度指標記錄之，記錄完畢後按取消 SET 鍵 T 歸零再準備下一次測驗，如上述方法共測驗三次取其平均值。以公分 cm 為計取單位。



圖 65 垂直跳測量錶。



圖 66 站立並將線收好。



圖 67 屈膝-預備。



圖 68 盡全力向上跳躍。

(九)柔軟度測驗：

本實驗為得知受試者之柔軟度而設計：圖 69、70、71、72。所示。

本研究之柔軟度測驗為：受試者雙腳伸直坐於地板上，使軀幹與下肢呈 90 度角，並將兩腳掌緊貼於固定板上後，雙手指抵觸滑動式感應器後雙手伸直將滑動式感應器盡量往前伸推至無法再推之最遠端為止，觀察記錄其長度。

1.使用器材儀器：

竹井製造之 TAKEI 牌 柔軟度測試器 Flexibility (含：主機、雙腳位置固定板、滑動式感應器)110v/60hz 1/1000sec×1 組。

2.實驗步驟：

實驗研究者將電腦 IC 卡插入插槽後啟動主機，將其歸零顯示在預備狀態，受試者雙腳伸直將臀部、大腿、小腿與腳跟貼於地板上，使軀幹與下肢呈 90 度角坐好，並將腳尖朝上使腳掌與小腿呈 90 度角後，將兩腳掌緊貼於雙腳位置固定板上後，雙手指抵觸於滑動式感應器之後端時，實驗研究者啟動主機呈預備狀態後，受試者將臉靠近膝蓋使身體往前彎，雙手伸直將滑動式感應器盡量往前伸推至無法再推之最遠端為止，此時主機面板上會顯示其所推之長度距離指標，實驗研究者也立刻將顯示指標記錄之，記錄完畢後按取消鍵歸零再準備下一次測驗，如上述方法共測驗三次取其平均值。以公分(cm)為計取單位。



圖 69 柔軟度測試器



圖 70 預備



圖 71 體前彎側視圖。



圖 72 體前彎俯視圖。

(十)平衡能力測驗：如圖 73、74 所示。

本實驗為得知受試者之平衡能力而設計：

本研究之平衡能力測驗為：測量受試者自閉眼一腳屈膝單足站立兩手側平舉狀態，直到屈膝腳落地或跳動或開眼為止之時間，觀察記錄其時間。

1.使用器材儀器：

(1)平坦地面×1

(2)SEIKO 牌 型號 S111-5000 碼錶×1

2.實驗步驟：

實驗研究者先將碼錶規零，受試者站上就定位後，在實驗研究者喊開始並起動碼錶之同時，受試者閉眼並上提一足跟至與站立足之膝蓋同高處同兩手側平舉之狀態，使呈為單足閉眼站立，

直到屈膝腳落地或站立腳跳動或眼睛張開為止時，實驗研究者立即將碼錶按停，並立刻將顯示指標記錄之，記錄完畢後按取消鍵歸零再準備下一次測驗，如上述方法共測驗三次取其平均值。以秒 sec 為計取單位。



圖 73 預備。



圖 74 開始。

第八節　資料蒐集與處理

一、資料蒐集：

本研究依變項之運動表現是以透過 10 個項目之前、後測逐項測驗記錄蒐集之。自變項之身體組成依據測量後報表所列之數據，核心體溫之測量則逐項測量記錄之，作為統計分析資料。

二、資料處理：

(一)探討體溫過低對運動表現之影響：

依據前測及後測之各項運動表現指標資料，採相依樣本 T 檢定考驗各變項之前、後測間之差異是否顯著、各受試者之身體組成與降溫速度是否相關。

(二)探討體溫過低對運動表現之保留效果：

依據保留測各項運動表現指標資料與前測、後測的資料，進行相依樣本配對 t 考驗。

(三)身體組成及體溫過低速度檢驗值採用相依樣本配對 t 考驗（dependent t test)。

(四)本研究採用 SPSS for windows 8.0.1 中文視窗版套裝軟體進行資料處理，所有統計指標考驗均以 P＜.05 為顯著差異之可接受水準。

第九節 研究進度預定表

本研究計劃時間進度採甘特圖(Gantt-Chart)方式呈現之，如下圖 75 所示：

	階段	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三
	年份	91	91	91	91	91	91	91	92	92	92	92	92	92
工作進度	月份	六	七	八	九	十	十一	十一	一	二	三	四	五	六
	準備工作	■	■											
	文獻探討	■	■	■	■	■								
	建立架構			■	■	■								
	撰寫計劃				■	■								
	研究設計					■	■							
	提出計劃						■	■	■					
	選定對象								■	■	■	■		
	正式實驗											■		
	資料處理											■	■	
	結果分析											■	■	
	討論建議												■	■
	論文口試													■

圖 75 本究計劃之時間進度甘特圖

第肆章 結果分析與討論

本研究於民 92 年 4 月 20 日，徵得 10 名大專男性為受試對象，並徵求 5 位實驗助手，於長春游泳池進行實驗。 如圖 76、77 及附錄 I 所示



圖 76 實驗研究者與全體受試者及實驗助手合影



圖 77 實驗前之資料填寫與建康狀況調查表及實驗說明。

本章主要主要呈現實驗於水中降低核心體溫前、後之運動表現，及其環境因素、身體組成對降低體溫時間影響之相關。各項測驗所得資料經統計分析與討論之後穫得結果如下：測驗所得之資料，再經過統計處理後的結果，共分七節，如下：第一節為受試者基本資料。第二節 是受試者身體組成測量結果。第三節 受試者體溫測量結果。第四節身體組成與降溫時間之相關。第五節 筆者自我部份前驅實驗與受試者正式實驗結果之對照。第六節 運動表現測驗結果分析。第七節各項測驗之描述性分析與討論。依序將各節詳述如下：

第一節 受試者基本資料

受試者個人基本資料及身體組成資料之取得及相關照片如下表 10、表 11 及附錄 I 所示。

表 10 全體受試者基本資料表 (N=10)

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
年齡	30	26	27	24	20	20	22	19	21	23	23.2
身高	167	170	176	164	168	188	179	173	164	167	173.6
體重	66.4	61.4	60.6	64.4	71	77.5	80	59	57.8	73.1	69.1
肌肉重	53.2	49.2	62	56.1	57.7	65.3	65.9	47.3	48.3	54.2	55.9
體脂重	10.3	9.3	15.3	5.1	10.1	8.7	10.5	8.9	6.6	15.9	10.1
體脂率	15.4	15.2	19	06	14.2	11.2	13.1	15.1	11.5	21.7	14.4
腰圍	26.4	22.2	37.1	22.5	30	31.9	35.8	20.1	20.4	31.9	27.8

表 11 全體受試者基本資料 T 檢定總表 (N=10)

測量名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值	P 值
1.年齡(year)	29	20	23	3.4	21.8	.00
2.身高(cm)	188	164	173.6	.9	68.7	.00
3.體重(kg)	80.8	57	69.1	8.9	25.5	.00
4.肌肉重(kg)	65.9	47.3	55.9	6.8	26.0	.00
5.體脂重(kg)	15.9	5.1	10.1	3.4	9.5	.00
6.體脂率(%)	21.7	8.0	14.4	3.9	11.7	.00
7.BMI 身體質量指數	37.1	20.1	27.8	6.4	13.8	.00

筆者將上列全體受試者資料表及全體受試者基本資料 T 檢定總表等逐一說明如下：

一、年齡；

參與本研究之受試者人數為健康男子 10 人。年齡介於最小值 20 歲至最大值 29 歲之間，平均年齡 23.2 歲(標準差 3.3483)。相關對照如：表 12、13 圖 78 所示：

表 12 全體受試者年齡參考表(單位:歲)

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平鈞
年齡	30	26	27	24	20	20	22	19	21	23	23.2

表 13 全體受試者年齡 T 檢定 (N=10)

項目	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
年齡	29	20	23	3.3483	21.817

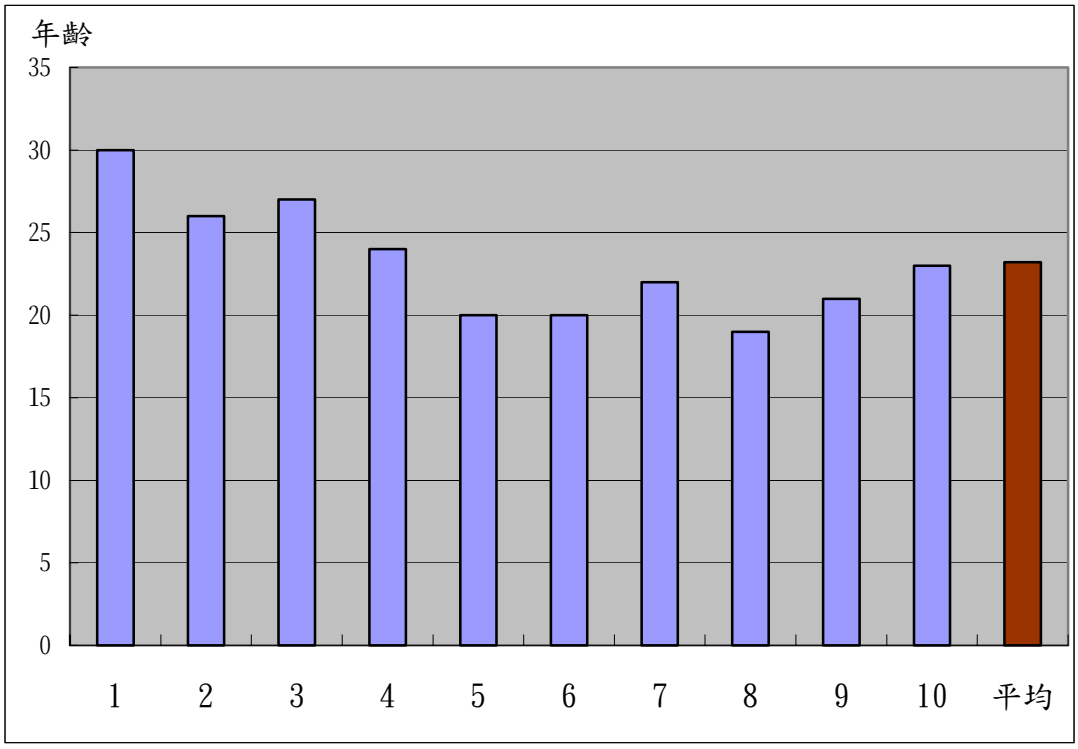

圖 78 全體受試者年齡對照圖

第二節 受試者身體組成測量結果

本研對受試者實施之身體組成測量共有：身高、體重、肌肉重、體脂肪重、體脂肪率、BMI 身體質量指數…六項。受試者輪流站上身體組成測量儀(如附件 J-1)測得結果如下表 14、15 所示：

表 14 全體受試者身體組成基本資料表

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
身高	167	170	176	164	168	188	179	173	164	167	173.6
體重	66.4	61.4	60.6	64.4	71	77.5	80	59	57.8	73.1	69.1
肌肉重	53.2	49.2	62	56.1	57.7	65.3	65.9	47.3	48.3	54.2	55.9
體脂重	10.3	9.3	15.3	5.1	10.1	8.7	10.5	8.9	6.6	15.9	10.1
體脂率	15.4	15.2	19	06	14.2	11.2	13.1	15.1	11.5	21.7	14.4
BMI	26.4	22.2	37.1	22.5	30	31.9	35.8	20.1	20.4	31.9	27.8

表 15 全體受試者身體組成基本資料 T 檢定總表 (N=10)

測量項目	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值	P 值
身高(cm)	188	164	173.6	.9	68.7	.00
體重(kg)	80.8	57	69.1	8.9	25.5	.00
肌肉重(kg)	65.9	47.3	55.9	6.8	26.0	.00
體脂重(kg)	15.9	5.1	10.1	3.4	9.5	.00
體脂率(%)	21.7	8.0	14.4	3.9	11.7	.00
BMI 身體質量指數	37.1	20.1	27.8	6.4	13.8	.00

如上列表格(表 15)所示，全體受試者身體組成基本資料 T 檢定總表等逐一說明如下：

一、身高：

身高測量項目，測量結果受試者之身高介於最小值 164 至最大值 188 之間，身高平均值 173.60，(標準差 7.9889)，(T 值 68.717)。如：表 16、17 及圖 79 所示：

表 16 全體受試者身高測量結果參考表(單位:cm)

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平鈞
指標	167	170	176	184	168	188	179	173	164	167	173.6

表 17 全體受試者身高測量結果 T 撿定 (N=10)

名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
結果	188	164	173.60	7.9889	68.717

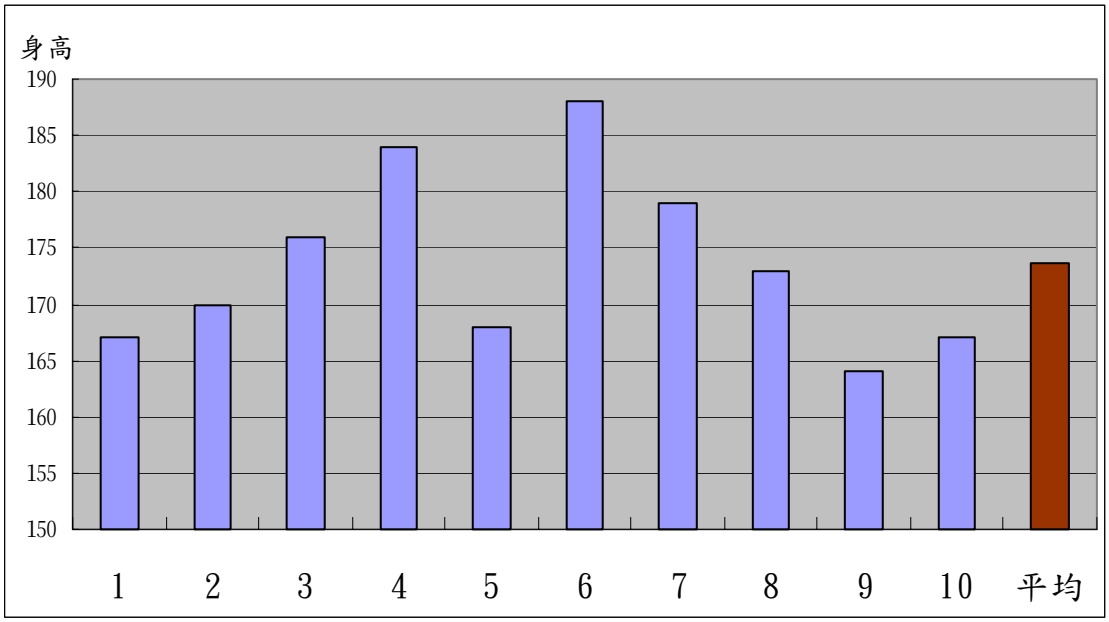

圖 79 全體受試者身高對照圖

二、體重：

體重測量項目，測量結果受試者之體重介於最小值 57 至最大值 80.80 之間，體重平均值 69.14，(標準差 8.908)，(T 值 25.450)。如：表 18、19 圖 80 所示：

表 18 全體受試者體重測量結果參考表(單位:kg)

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
指標	66.4	61.4	80.8	64.4	71	77.5	80	59	57.8	73.1	69.1

表 19 全體受試者體重測量結果 T 檢定 (N=10)

名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
結果	80.80	57	69.14	8.908	25.450

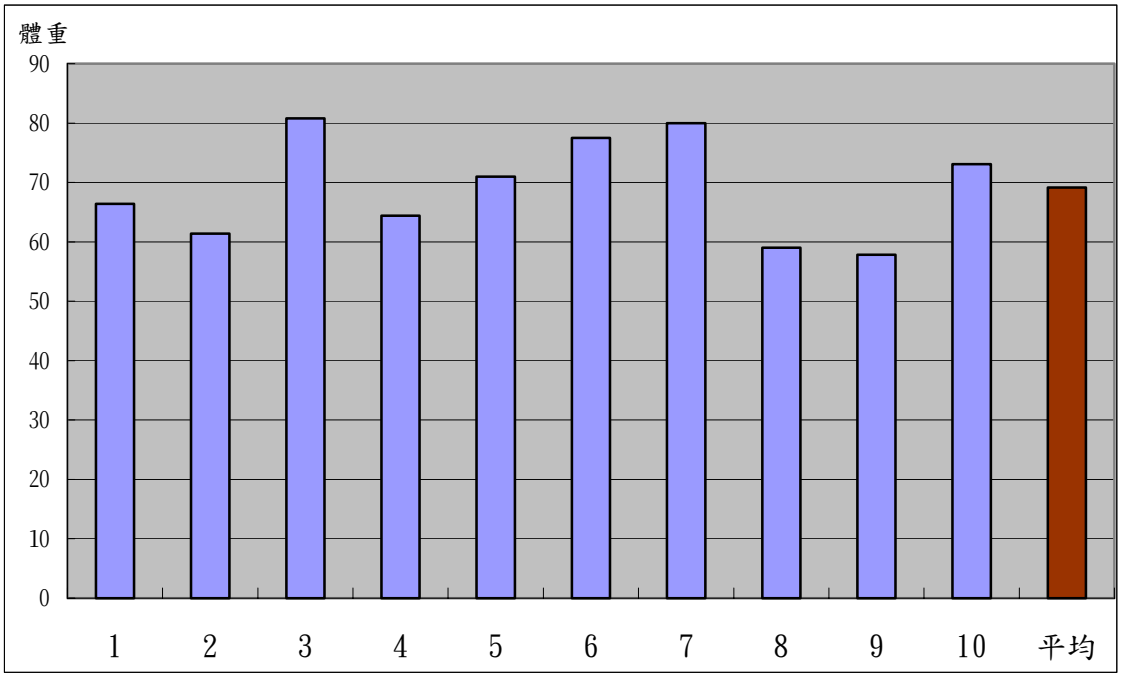

圖 80 全體受試者體重測量結果對照圖

三、肌肉重：

肌肉重測量項目，測量結果受試者之肌肉重介於最小值 47.30 至最大值 65.90 之間，肌肉重平均值 55.92，(標準差 6.7957)，(T 值 26.021)。如：表 20、21 及圖 81 所示：

表 20 全體受試者肌肉重測量結果參考表(單位:kg)

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
結果	53.2	49.2	62	56.1	57.7	65.3	65.9	47.3	48.3	54.2	55.9

表 21 受試者肌肉重測量結果 T 檢定 (N=10)

名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
結果	65.90	47.30	55.92	6.7957	26.021

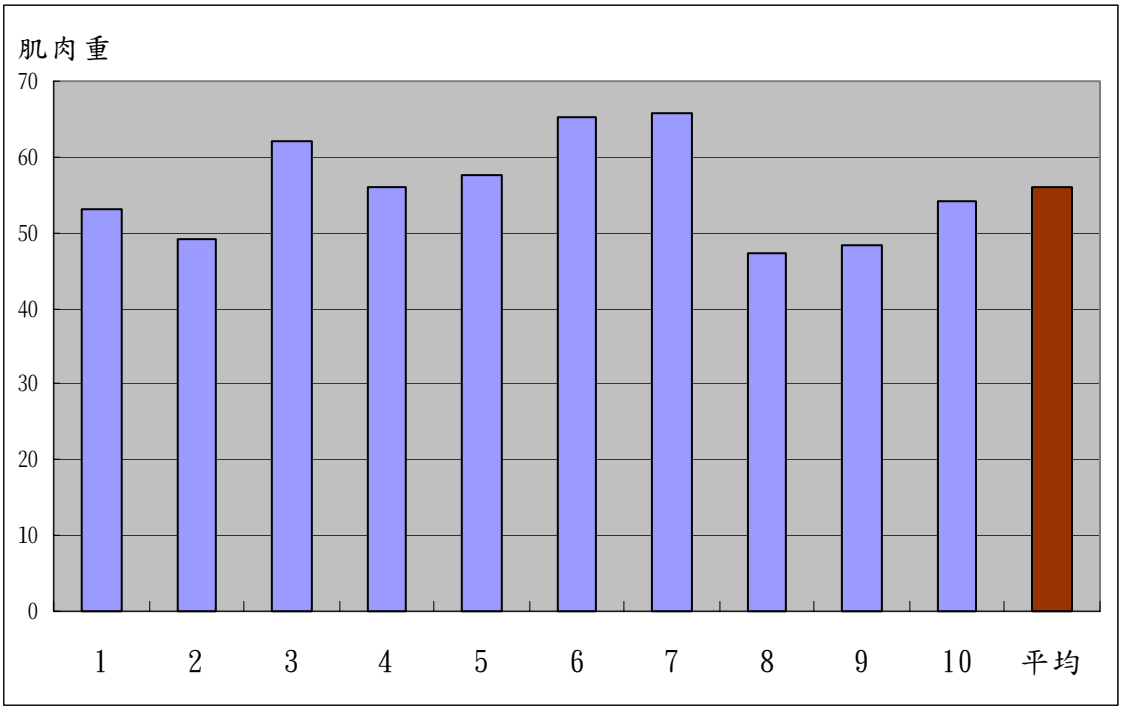

圖 81 全體受試者肌肉重測量結果對照圖

四、體脂肪重：

體脂肪重測量項目，測量結果受試者之體脂肪重介於最小值 5.10 至最大值 15.90 之間，體脂肪重平均值 10.070，(標準差 3.3692)，(T 值 9.452)。如：表 22、23 及圖 82 所示：

表 22 全體受試者體脂肪重測量結果參考表(單位:kg)

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
指標	10.3	8.3	15.3	5.1	10.1	8.7	10.5	8.9	6.6	16	10.07

表 23 全體受試者體脂肪重測量結果 T 檢定 (N=10)

名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
結果	15.90	5.10	10.070	3.3692	9.452

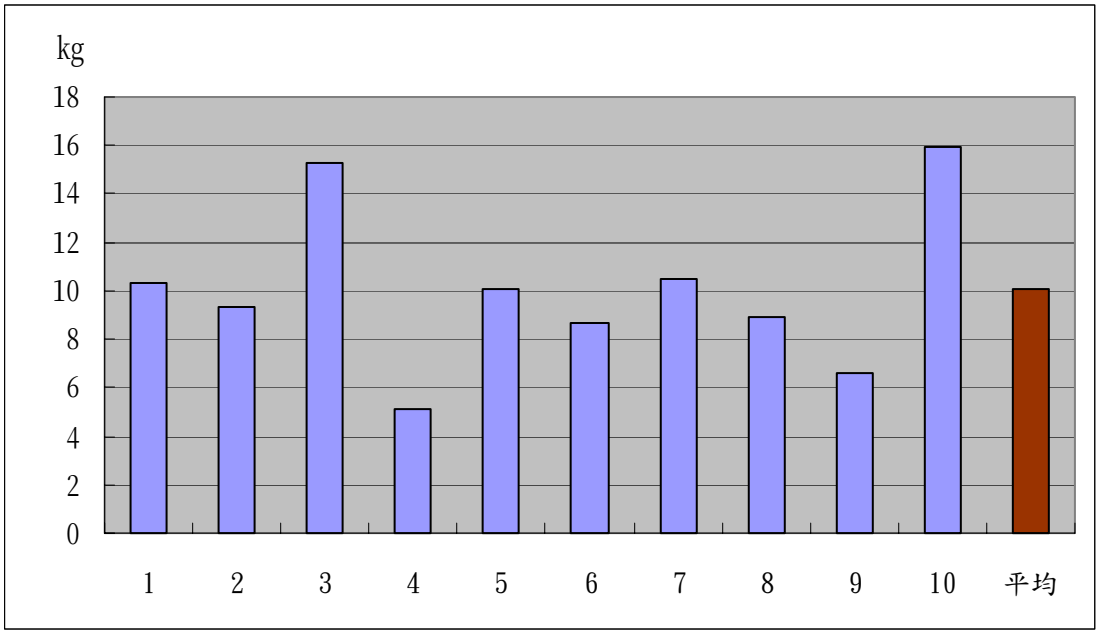

圖 82 全體受試者體脂肪重測量結果對照圖

五、體脂肪率：

體脂肪率測量項目，測量結果受試者之體脂肪率介於最小值 8.00 至最大值 21.70 之間，平均值 14.44，(標準差 3.9144)，(T 值 11.665)如：表 24、25 及圖 83 所示：

表 24 全體受試者體脂肪率測量結果參考表(單位:%)

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
指標	15.4	15.2	19	08	14.2	11.2	13.1	15.1	11.5	21.7	14.44

表 25 受試者體脂肪率測量結果 T 檢定 (N=10)

名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
結果	21.70	8.00	14.44	3.9144	11.665

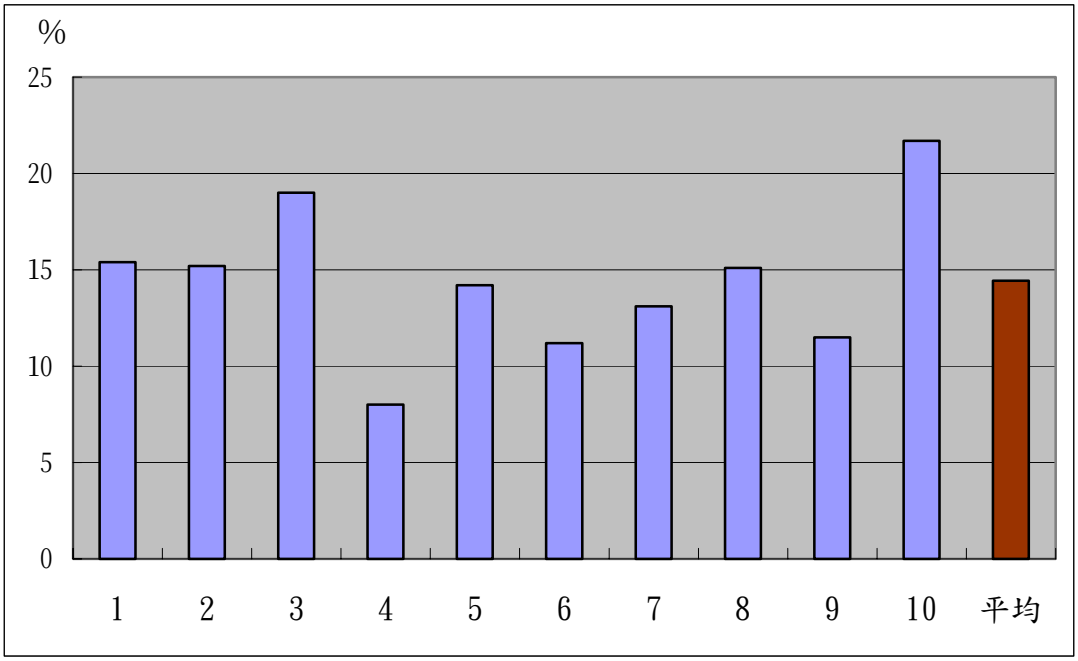

圖 83 全體受試者體脂肪率測量結果對照圖

六、BMI 身體質量指數：

BMI 身體質量指數測量項目，測量結果受試者之 BMI 身體質量指數介於最小值 20.12 至最大值 37.09 之間，平均值 27.83，(標準差 6.3643)，(T 值 13.832)。，如：表 26、27 及圖 84 所示：

表 26 全體受試者身體質量指數測量結果參考表：

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
結果	26.4	22.17	37.09	22.54	30	31.94	35.75	20.12	20.37	31.99	27.8

表 27 全體受試者 BMI 身體質量指數測量結果 T 檢定(N=10)

名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
結果	37.09	20.12	27.83	6.3643	13.832

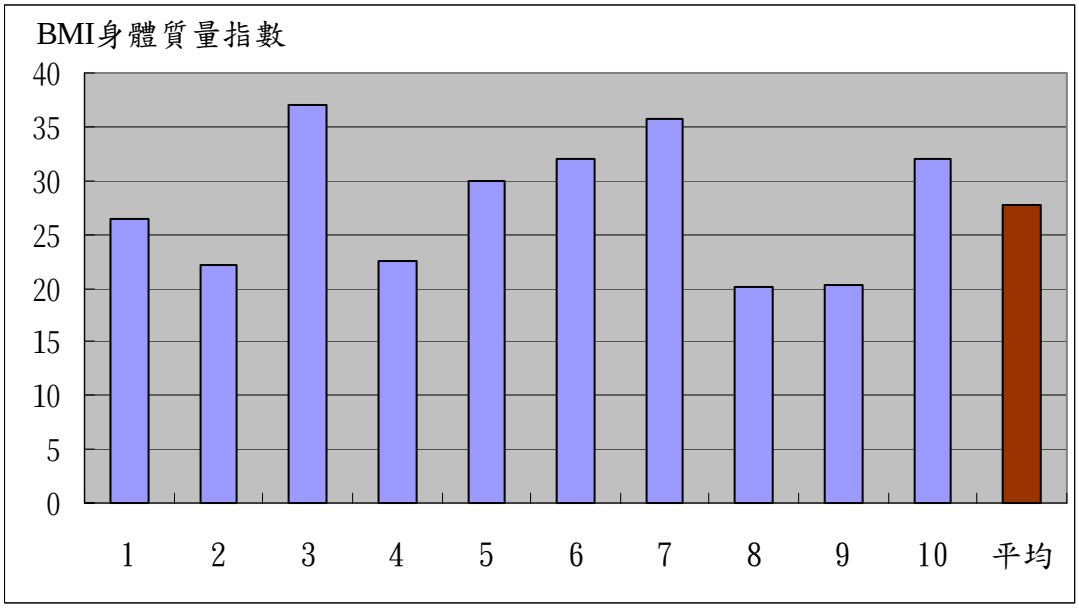

圖 84 全體受試者 BMI 身體質量指數測量結果對照圖

第三節 受試者體溫測量結果

本研究受試者之前測體溫、降溫度數、降溫時間之結果總表及T檢定如下表，表28、表29所示。

表28 受試者體溫測量結果總表：

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
前測體溫℃	36.8	36.6	36.9	37.4	36.9	36.7	36.5	37.3	37.3	37	36.9
降溫度數℃	1.8	1.6	1.9	2.4	1.9	1.7	1.5	2.3	2.3	2	1.5
降溫時間Min	79	83	94	34	99	32	96	74	97	104	79.2

表29 受試者體溫測量結果T檢定參考表 (N=10)

測量名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T值	P值
1.前測體溫(℃)	37.40	36.50	36.940	.3098	377.017	.000
2.降溫度數(℃)	2.40	1.50	1.94	.3098	19.80	.000
3.降溫時間(Min)	104	32	79.2	26.114	9.591	.000

一、前測體溫：

前測體溫測量項目，測量結果受試者之前測體溫介於最小值36.50至最大值37.40之間，平均值36.940，(標準差.3098)，(T值 377.017)。，如：表30、30-1及附錄K、L、M、N所示：

表30 全體受試者前測體溫測量結果參考表(單位:℃)

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平均
指標	36.8	36.6	36.9	37.4	36.9	36.7	36.5	37.3	37.3	37	36.94

表 30-1 前測體溫測量結果 T 檢定參考表 (N=10)

名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
結果	37.40	36.50	36.940	.3098	377.017

二、降溫度數：

降溫度數測量項目，測量結果受試者之降溫度數介於最小值 1.50 最大值 2.40 之間，平均值 1.94，(標準差.3098)，(T 值 19.80)。如：表 31、32 及圖 85 及附錄 K、L、M、N 所示：

表 31 全體受試者降溫度數測量結果參考表(單位:℃)

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平鈞
指標	1.8	1.6	1.9	2.4	1.9	1.7	1.5	2.3	2.3	2	1.74

表 32 降溫度數測量結果 T 檢定 (N=10)

名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
結果	2.40	1.50	1.94	.3098	19.80

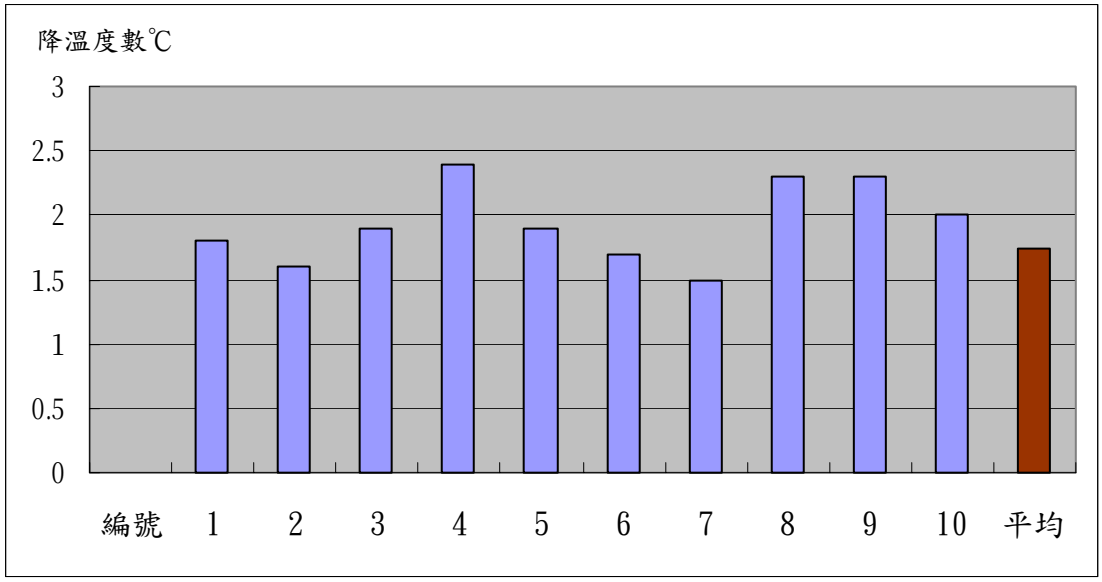

圖 85 全體受試者降溫度數測量結果對照圖

三、降溫時間：

降溫時間測量項目，測量結果受試者之降溫時間介於最小值 32 至最大值 104 之間，平均值 26.114，(標準差 26.114)，(T 值 9.591)。如：表 33、34 及附錄 K、L、M、N 所示：

表 33 全體受試者降溫時間測量結果參考表(單位:Min)

編號	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	平鈞
指標	79	83	94	34	99	32	96	74	97	104	79.2

表 34 降溫時間測量結果 T 檢定參考表 (N=10)

名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
結果	104	32	79.2	26.114	9.591

第四節身體組成與降溫時間之相關：

在統計學上，我們通常以相關係數(correlation coefficient)來代表兩個變數之間關係密切與否之程度，而求相關之方法眾多，最常見亦為皮爾森(Pearson)積差相關法，(林清山，民90)。本節亦以皮爾森積差相關法求其相關。

身體組成與降溫時間之相關： 如下表35各項身體組成與降溫時間之相關如附錄J、K、L、M、N所示所示：

表 35 身體組成對降溫時間之相關 (r=9)、(N=10)

變項名稱	Pearson積差相關	P值
1.年齡與降溫時間	.095	.794
2.身高與降溫時間	-.787**	.007
3.體重與降溫時間	.065	.858
4.肌肉重與降溫時間	-.198	.583
5.體脂肪重與降溫時間	.582	.078
6.體脂肪率(BF)與降溫時間	.664*	.036
7.身體質量指數與降溫時間	.232	.518
8.前測體溫與降溫時間	-.183	.614
9.降溫度數與降溫時間	-.185	.609

**在顯著水準為0.01時(雙尾)，相關顯著。

*在顯著水準為0.05時(雙尾)，相關顯著。

顯著水準=P＜.05

一、年齡與降溫時間之相關：

年齡與降溫時間之相關檢定，經Pearson積差相關分析之顯著水準為.095，而其P值為.794，所以年齡與

降溫時間之間並未呈現顯著之相關。如表 36 及附錄 J、K、L、M、N 所示。

表 36 年齡與降溫時間之相關

變項名稱	Pearson 積差相關	P 值
年齡與降溫時間	.095	.794

**在顯著水準為 0.01 時(雙尾),相關顯著。

*在顯著水準為 0.05 時(雙尾),相關顯著。

二、身高與降溫時間之相關:

身高與降溫時間之相關檢定,經 Pearson 積差相關分析之顯著水準為-.787**,而其 P 值為.007,所以身高與降溫時間之相關呈現相當顯著之態勢。如表 37 及附錄 J、K、L、M、N 所示。

表 37 身高與降溫時間之相關

變項名稱	Pearson 積差相關	P 值
身高與降溫時間	-.787**	.007

**在顯著水準為 0.01 時(雙尾),相關顯著。

三、體重與降溫時間之相關:

體重與降溫時間之相關檢定,經 Pearson 積差相關分析之顯著水準為.65,而其 P 值為.858,所以體重與降溫時間並未呈現顯著之相關。如表 38 及附錄 J、K、L、M、N 所示。

表 38 體重與降溫時間之相關

變項名稱	Pearson 積差相關	P 值
體重與降溫時間	.065	.858

四、肌肉重與降溫時間之相關：

肌肉重與降溫時間之相關檢定，經 Pearson 積差相關分析之顯著水準為-.198，P 值為.583，所以肌肉重與降溫時間並未呈現顯著之相關，如表 39 所示及附錄 J、K、L、M、N 所示。

表 39 肌肉重與降溫時間之相關

變項名稱	Pearson 積差相關	P 值
肌肉重與降溫時間	-.198	.583

五、體脂肪重與降溫時間之相關：

體脂肪重與降溫時間之相關檢定，經 Pearson 積差相關分析之顯著水準為.582，P 值為.078。未呈現顯著之相關， 如表 40 及附錄 J、K、L、M、N 所示。

表 40 體脂肪重與降溫時間之相關

變項名稱	Pearson 積差相關	P 值
體脂肪重與降溫時間	.582	.078

六、體脂肪率(BF)與降溫時間之相關：

體脂肪率與降溫時間之相關檢定，經 Pearson 積差相關分析之顯著水準為.664*，而其 P 值為.0036，所以體脂肪率與降溫時間之相關呈現出顯著之水準，如表 41 及附錄 J、K、L、M、N 所示。

表 41 體脂肪率與降溫時間之相關

變項名稱	Pearson 積差相關	P 值
體脂肪率(BF)與降溫時間	.664*	.036

*在顯著水準為 0.05 時(雙尾)，相關顯著。

七、BMI(身體質量指數)與降溫時間之相關：

BMI(身體質量指數)與降溫時間之相關檢定，經 Pearson 積差相關分析之顯著水準為.232，而其 P 值為.518。如表 42 所示及附錄 J、K、L、M、N 所示

表 42 BMI(身體質量指數)與降溫時間之相關 BMI(m^2/ kg)

變項名稱	Pearson 積差相關	P 值
BMI 與降溫時間	.232	.518

八、前測體溫與降溫時間之相關：

前測體溫與降溫時間之相關檢定，經 Pearson 積差相關分析之顯著水準為-.185，P 值為.609。如表 43 及附錄 J、K、L、M、N 所示。

表 43 前測體溫與降溫時間之相關

變項名稱	Pearson 積差相關	P 值
前測體溫與降溫時間	-.183	.614

九、降溫度數與降溫時間之相關：

降溫度數與降溫時間之相關檢定，經 Pearson 積差相關分析之顯著水準為-.185，而其 P 值為.609。

如表 44 及附錄 J、K、L、M、N 所示。

表 44 降溫度數與降溫時間之相關

變項名稱	Pearson 積差相關	P 值
降溫度數與降溫時間	-.185	.609

第五節　筆者自我部份前驅實驗與受試者實驗結果之對照

研究者為求更真實掌握受試者之生理和心理之感受，及作為確認實驗程式設計的適當依據(林正常，民 85)。並為了真實體驗其感受與差異，於是在民 91 年 12 月 2 日親赴預定實驗地點，進行自我部份項目之前驅實驗，如本研究第參章第六節之前驅嘗試和測試 Prior Trial and Study 所示。

研究者為瞭解前驅嘗試和測試部份項目與環境條件，與正式實驗之部份項目與環境條件有何差異，乃提出氣溫、水溫、平均體脂率、BMI 身體質量指數、平均前測體溫、平均降溫度數、降溫時間……等部份項目，其數值如表 45、圖 86…等所示加以對照，發現筆者自我前驅實驗與受試者正式實驗等所示，其氣溫與降溫時間之相關最為顯著。因此；是否因為氣溫之差異而影響本研究所進行正式實驗之降溫時間？，有待再更進一步實驗證實。

表 45 筆者自我前驅實驗及受試者正式實驗對照表

變　　項	筆者前驅實驗 (N=1)	受試者正式實驗 (N=10)
氣溫(℃)	16	28
水溫(℃)	15	15
平均體脂率(BF)%	18.2	14.4
BMI身體質量指數	25.5	27.8
平均前測體溫(℃)	36.3	36.94
平均降溫度數(℃)	1.3	1.94
降溫時間(Min)	31.3	79.2

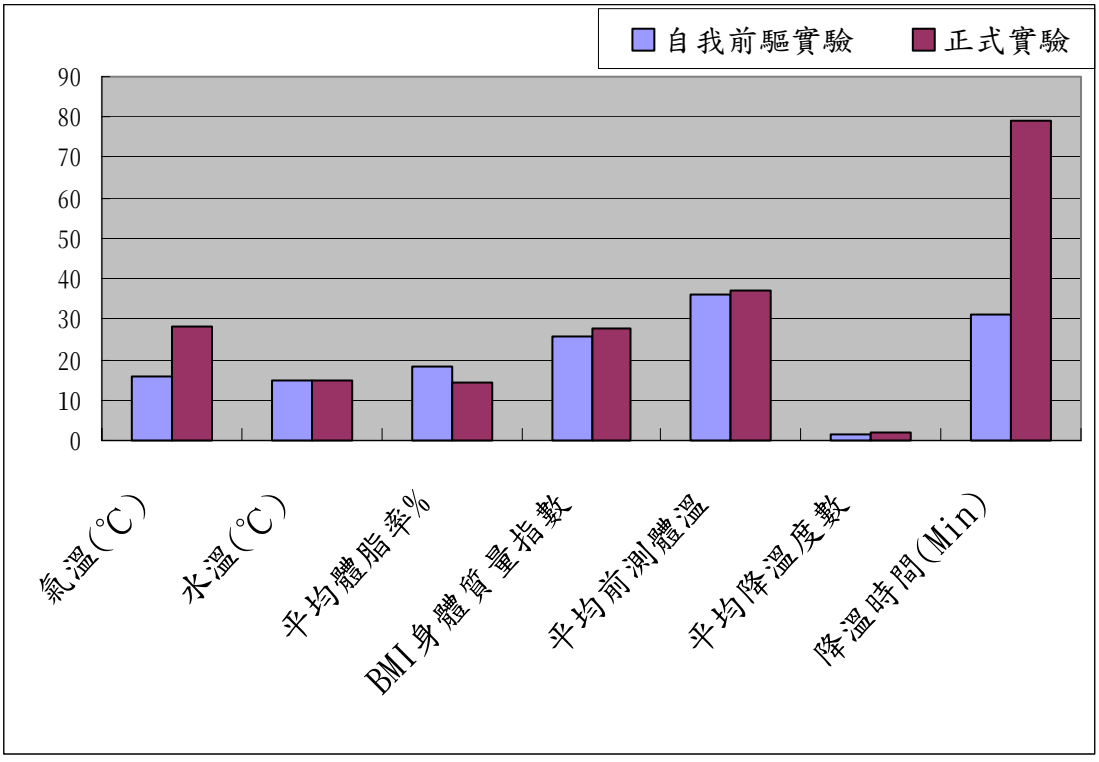

圖 86 筆者自我前驅實驗及受試者正式實驗對照圖

第六節　運動表現測驗結果分析

體溫過低前、後之運動表現測驗有：手指協調、全身反應、平衡能力、握力、背肌力、手掌反應、水平瞬發力、垂直瞬發力、柔軟度、準確能力…等 10 個變項。本研究並將其分為五個面向，如下：一、各項運動表現前測結果。二、各項運動表現後測結果。三、各項運動表現前、後測結果之對照分析。四、各項運動表現前、後測 T 檢定。五、各項運動表現前、後測之相依樣本 T 檢定……等加以分析，如下；。

一、各項運動表現前測結果：

各項運動表現前測結果如下表 46 所示

表 46 各項運動表現前測資料 T 檢定 (N=10)

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
手指協調	40.6	18.59	28.79	7.7	11.81
全身反應	37.6	.27	.29	3.2E	29.22
平衡能力	215	42.26	100.59	57.5	5.53
握力	58	36.5	48.75	8.12	18.82
背肌力	205	135	155.7	21.76	22.63
手掌反應	31	12	18.4	5.74	10.14
水平瞬發力	250	190	219	19.26	35.94
垂直瞬發力	73	48	59.65	7.46	25.28
柔軟度	24	.5	13.25	6.54	6.41
準確能力	860	780	822	27.41	94.84

二、各項運動表現後測結果：

各項運動表現後測結果如表 47 所示。

表 47 各項運動表現後測資料 T 檢定 (N=10)

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T 值
手指協調	232	71.51	124.90	43.73	9.03
全身反應	.41	.34	.37	2.3E	52.66
平衡能力	180	2.91	37.60	55.18	2.21
握力	54	31.5	41.45	7.04	18.61
背肌力	215	122	149.12	27.19	17.31
手掌反應	36	14.9	27.57	7.29	11.59
水平瞬發力	190	130	165	150.69	26.08
垂直瞬發力	58	28	41	8.91	14.56
柔軟度	22	0	10.95	6.30	5.33
準確能力	880	720	778	722.2	31.54

三、各項運動表現前、後測結果之對照分析：

依照上列表 46 及表 47 加以相互比對，施以前、後測之相依樣本 T 檢定，其結果如下表 48 所示。

表 48 運動表現前、後測之相依樣本 T 檢定 N=10

變項名稱	平均數	標準差	標準誤	T 值	P 值
手指協調	-96.11	39.67	12.55	-7.66	.000
全身反應	-7.7E	3.9E	1.4E	-6.25	.000
平衡能力	63.53	36.43	11.52	5.51	.000
握力	7.30	4.59	1.45	5.02	.001
背肌力	6.58	9.38	2.97	2.22	.054
手掌反應	-9.17	8.33	2.63	-3.48	.007
水平瞬發力	54.00	13.90	11.52	12.28	.000
垂直瞬發力	18.65	9.37	2.96	6.29	.001
柔軟度	2.30	1.53	.48	4.75	.001
準確能力	44.00	88.34	27.93	1.58	.150

本研究以顯著差異 P＜.05 為可接受水準。

各項結果說明如下：手指協調 P=.000，全身反應 P=.000，平衡能力 P=.000，握力 P=.001，背肌力 P=.054，手掌反應 P=.007，水平瞬發力 P=.000，垂直瞬發力 P=.000，柔軟度 P=.001，準確能力 P=.150，所以體溫過低前、後之各項運動表現測試之相依樣本 T 檢定結果顯示，除了背肌力 P=.054 及準確能力 P=.150 因 P＞.05 二項未達顯著之外，其他八個項目皆為＜.05 達顯著水準。

各項運動表現前、後測結果之對照分析：

（一）、手指協調：

手指協調前、後測結果如表 49、50、51 及圖

87 及附錄 O 所示 ：

表 49 手指協調前、後測結果對照表：

編號	前手指協調(Sec)	後手指協調(Sec)
1	22.32	120.09
2	40.60	232.00
3	20.91	135.50
4	35.42	090.00
5	39.97	141.17
6	18.59	071.51
7	29.51	116.27
8	28.98	120.04
9	26.08	131.29
10	25.56	091.18
平均	28.79	124.905

表 50 手指協調前、後測 T 檢定對照表

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T
前手指協調	40.6	18.59	28.79	7.7082	11.813
後手指協調	232	71.51	124.905	43.7354	9.031

表 51 手指協調-相依樣本 T 檢定

變項名稱	平均數	標準差	標準誤	T 值	P 值
手指協調	-96.111	39.6735	12.5458	-7.6661	.000

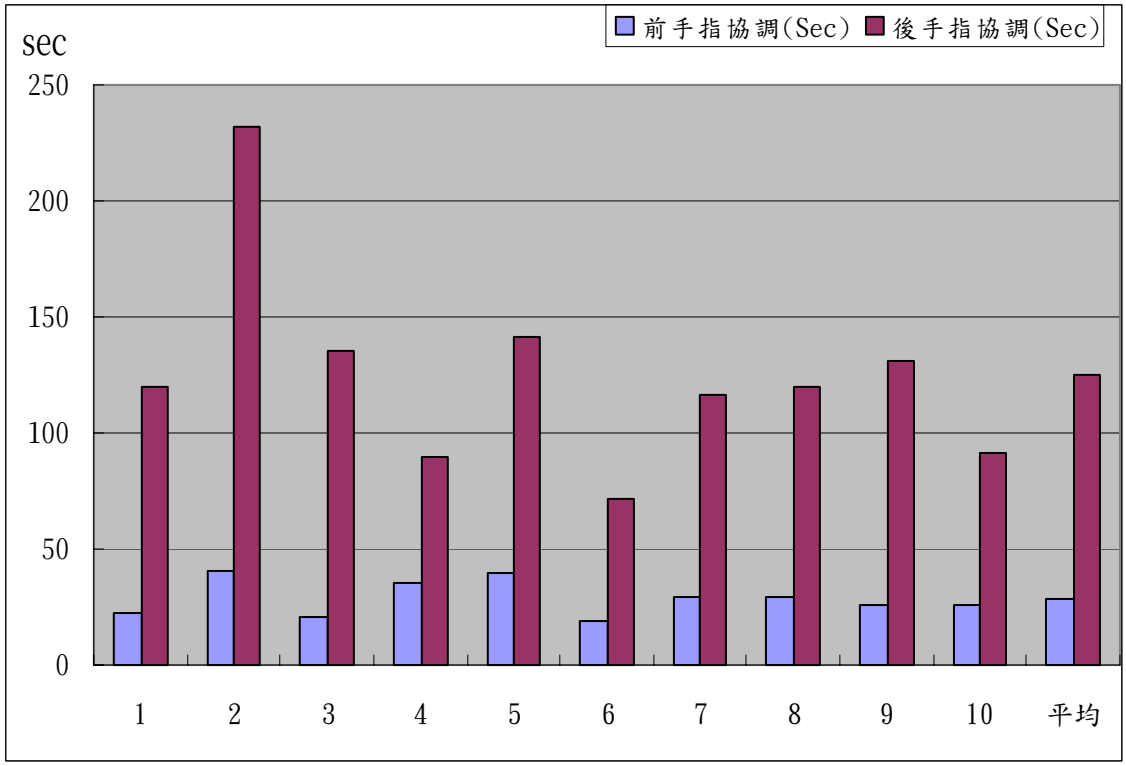

圖 87 手指協調前、後測結果對照圖：

（二）、全身反應：

全身反應前、後測結果如表 52、53、54 及圖 88 及附錄 P 所示。

表 52 全身反應前、後測結果對照表(單位：1000/1Sec)

編號	前全身反應	後全身反應
1	28	34
2	29	41
3	27	36
4	34	37
5	29	35
6	29	40
7	27	37
8	28	37
9	29	40
10	37	37
平均	29.7	37.4

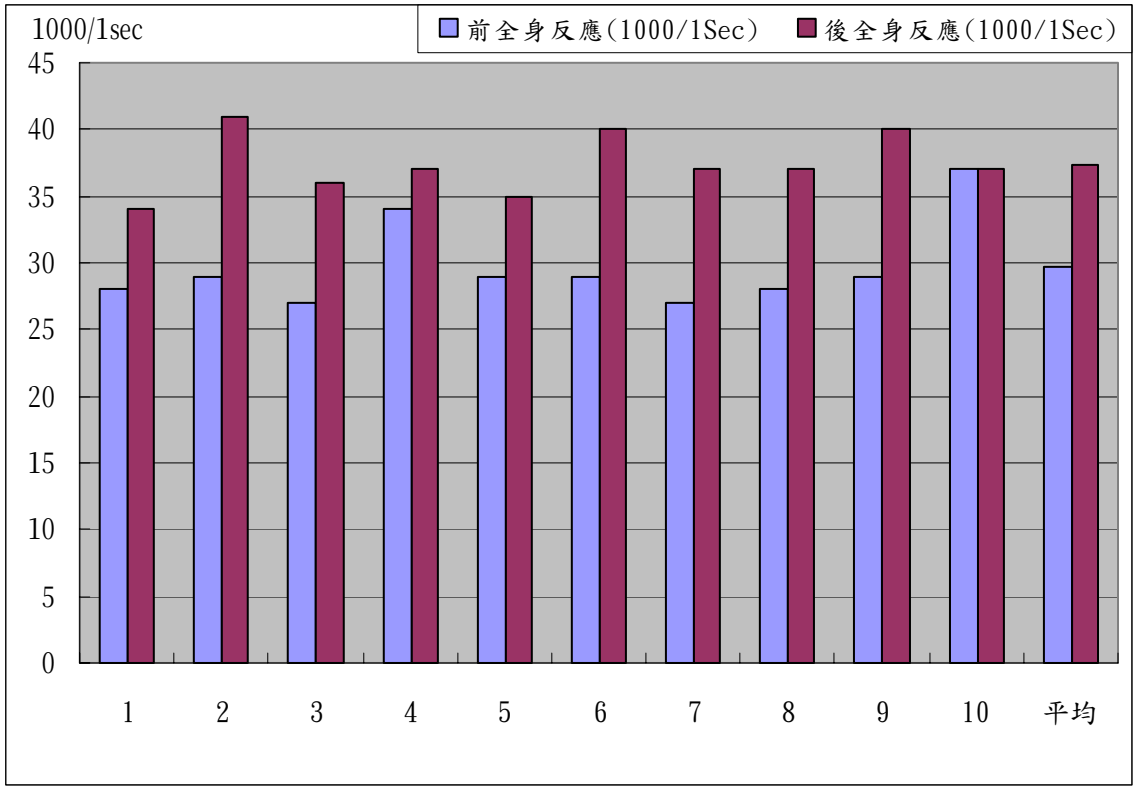

圖 88 全身反應前、後測結果對照圖：

表 53 全身反應前、後測 T 檢定對照表

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T
全身反應-前測	37	27	29.73	3.23E+00	29.046
全身反應-後測	41	34	37.4	2.27E+00	52.088

表 54 全身反應-相依樣本 T 檢定

變項名稱	平均數	標準差	標準誤	T 值	P 值
全身反應	-7.74E-01	3.92E-01	1.24E-01	-6.247	.000

（三）、平衡能力：

平衡能力前、後測結果如表 55、56、57 及圖 89 及附錄 Q 所示。

表 55 平衡能力前、後測結果對照表(單位 Sec)

編號	前平衡能力	後平衡能力
1	53.6	2.91
2	43.76	9
3	56.5	35.06
4	42.26	10
5	97.84	6.29
6	86.75	27.52
7	156.86	77.26
8	103.47	9.2
9	215.56	180.88
10	149.29	12.52
平均	100.59	37.06

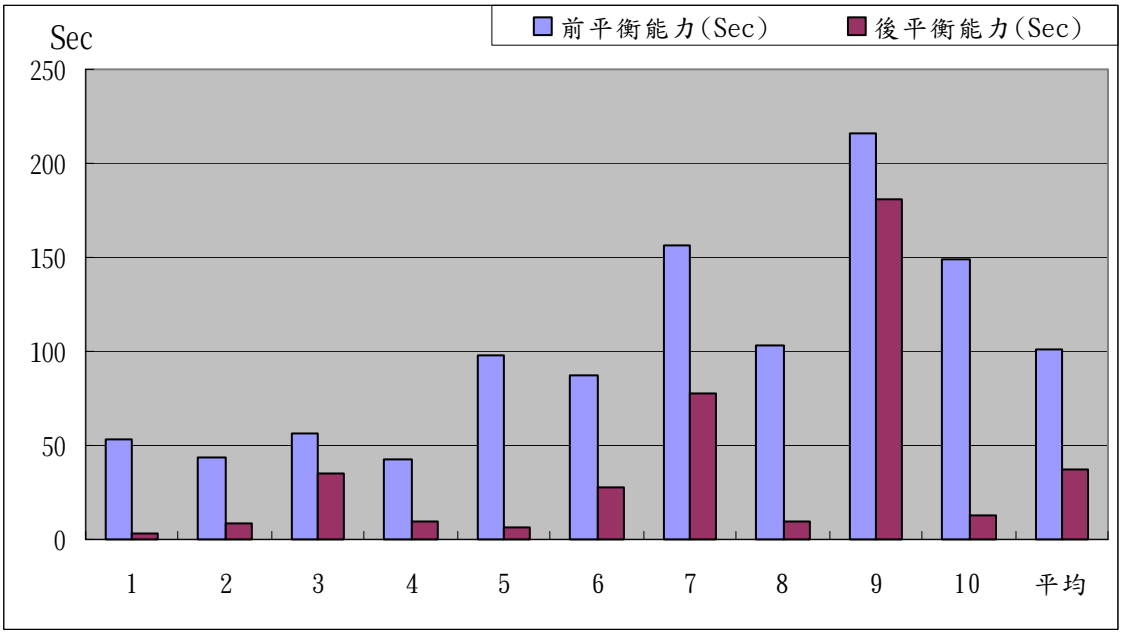

圖 89 平衡能力前、後測結果對照圖：

表 56 平衡能力前、後測 T 檢定對照表：(單位：sec)

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T
平衡能力前測	215	42.26	100.59	57.4916	5.533
平衡能力後測	180	2.91	37.604	55.1828	2.214

表 57 平衡能力-相依樣本 T 檢定對照表：

變項名稱	平均數	標準差	標準誤	T 值	P 值
平衡能力	63.525	36.4313	11.5206	5.514	.000

（四）、握力：

握力前、後測結果如表 58、59、60 圖 90 及附錄 R 所示。

表 58 握力前、後測結果對照表(單位:kg)：

編號	前握力	後握力(Kg)
1	46	40
2	36.5	31.5
3	58	40
4	55	48
5	52	43
6	57	54
7	57	48
8	45	35
9	37	34
10	44	41
平均	48.75	41.45

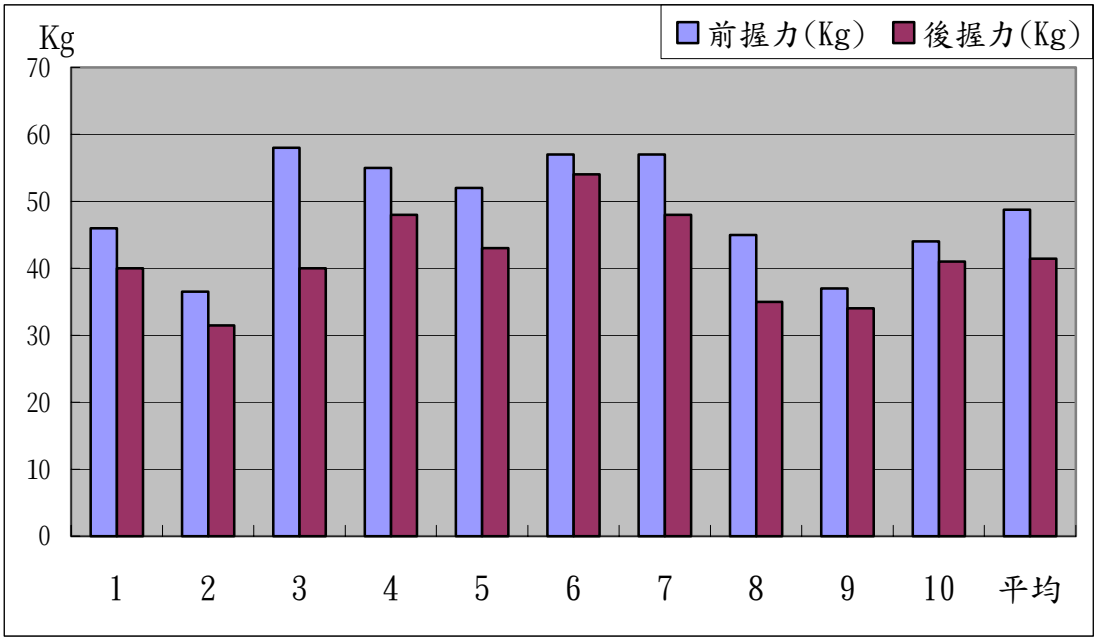

圖 90 握力前、後測結果對照圖：

表 59 握力前、後測 T 檢定對照表：(單位:Kg)

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T
握力-前測	58	36.5	48.75	8.1896	18.824
握力-後測	54	31.5	41.45	7.0413	18.615

表 60 握力-相依樣本 T 檢定：

變項名稱	平均數	標準差	標準誤	T 值	P 值
握力	7.3	4.5959	1.4533	5.023	.001

（五）、背肌力：

背肌力前、後測結果如表 61、62、63 圖 91 及附錄 R-1 所示。

表 61 背肌力前、後測結果對照表(單位:Kg)

編號	前背肌力(Kg)	後背肌力(Kg)
1	168	159
2	140	130.2
3	155	152
4	150	150
5	150	130
6	175	160
7	205	215
8	135	122
9	135	124
10	144	149
平均	155.7	149.12

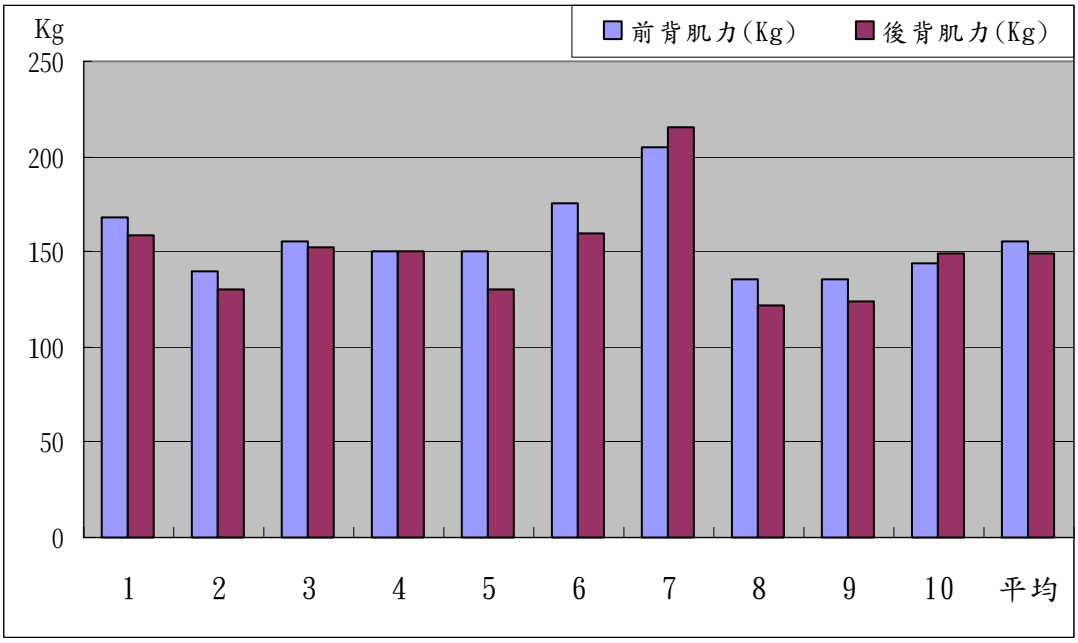

圖 91 背肌力前、後測結果對照圖：

表 62 背肌力前、後測 T 檢定對照表：

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T
背肌力-前測	205	135	155.7	21.7565	22.631
背肌力-後測	215	122	149.12	27.1933	17.314

表 63 背肌力-相依樣本 T 檢定：

變項名稱	平均數	標準差	標準誤	T 值	P 值
背肌力	6.58	9.3872	2.9685	2.217	0.054

（六）、手掌反應：

手掌反應前、後測結果如表 64、65、66 及圖 92 及附錄 S 所示。

表 64 手掌反應前、後測結果對照表(單位:Cm)：

編號	前手掌反應	後手掌反應(Cm)
1	20	19.27
2	17	36
3	13	14.19
4	17	31
5	16	24
6	25	31.26
7	12	35
8	18	33
9	15	22
10	31	30
平均	18.4	27.572

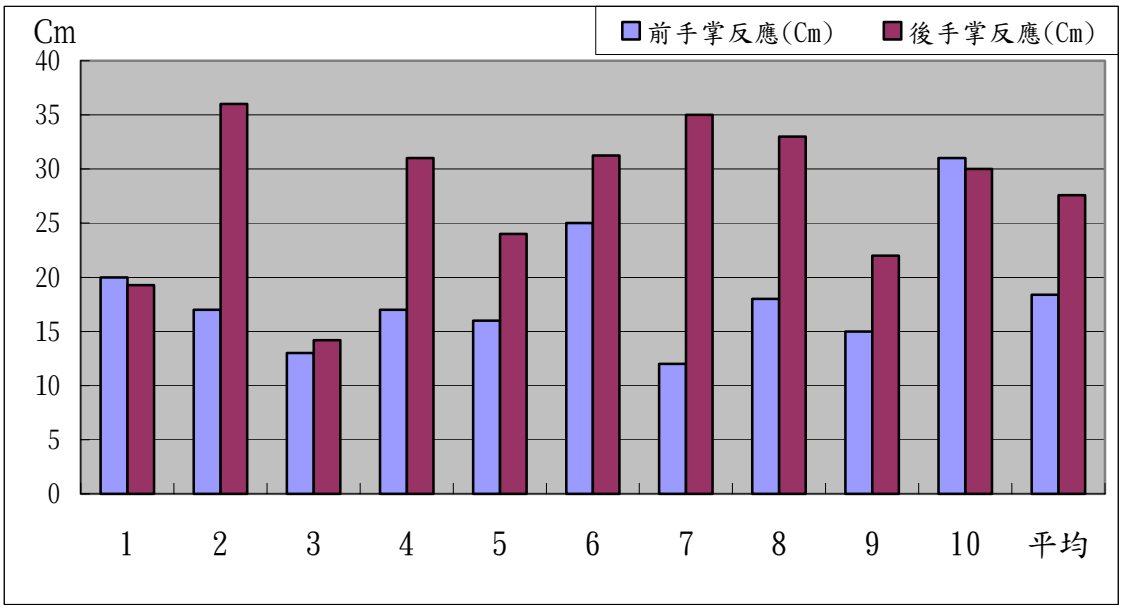

圖 92 手掌反應前、後測結果對照圖：

表 65 手掌反應前、後測 T 檢定對照表：

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T
手掌反應-前測	31	12	18.4	5.7388	10.139
手掌反應-後測	36	14.19	27.57	7.2933	11.599

表 66 手掌反應-相依樣本 T 檢定：

變項名稱	平均數	標準差	標準誤	T 值	P 值
手掌反應	-9.172	8.3325	2.635	-3.481	.007

（七）、水平瞬發力：

水平瞬發力前、後測結果如表 67、68、69 圖 93 及附錄 T 所示。

表 67 水平瞬發力前、後測結果對照表:(單位 Cm)

編號	前水平瞬發力	後水平瞬發力
1	210	130
2	195	140
3	220	170
4	245	180
5	220	165
6	250	190
7	220	190
8	230	170
9	190	150
10	210	165
平均	219	165

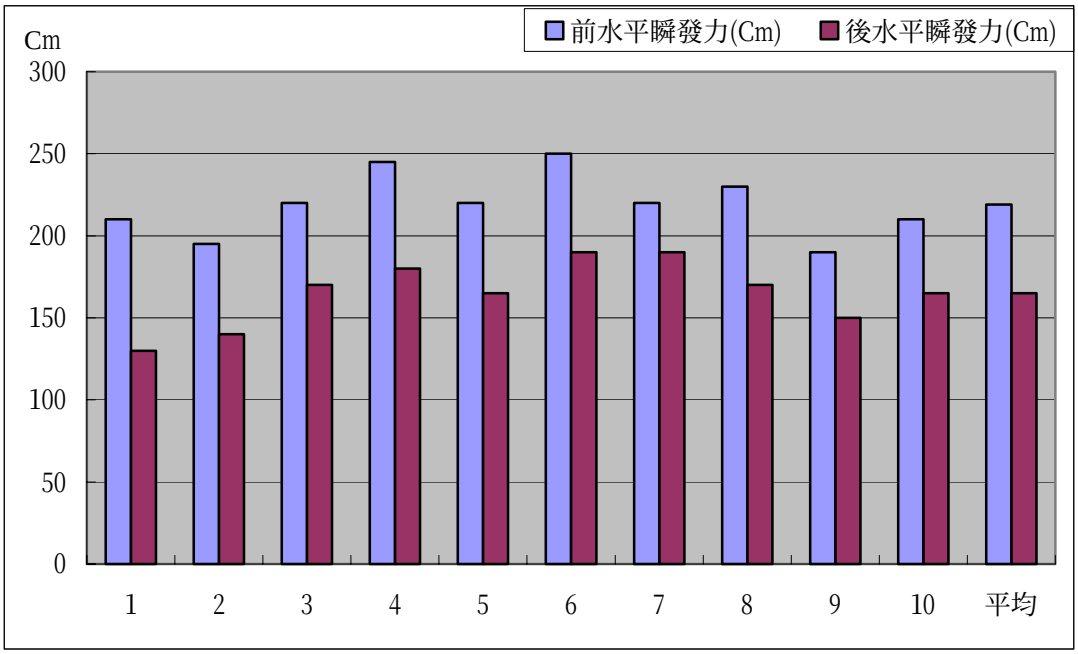

圖 93 水平瞬發力前、後測結果對照圖：

表 68 水平瞬發力前、後測檢定對照表：

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T
水平瞬發力-前測	250	190	219	19.26	35.949
水平瞬發力-後測	190	130	165	150.69	26.089

表 69 水平瞬發力-相依樣本檢定：

變項名稱	平均數	標準差	標準誤	T 值	P 值
水平瞬發力	54	13.9044	11.5206	12.281	.000

（八）、垂直瞬發力：

垂直瞬發力前、後測結果如表 70、71、72 及圖 94 所示。

表 70 垂直瞬發力前、後測結果對照表:(單位:Cm)

編號	前垂直瞬發力	後垂直瞬發力
1	48	36
2	51	35
3	54	38
4	65	42
5	62.5	28
6	73	53
7	58	58
8	66	38
9	60	45
10	59	37
平均	59.65	41

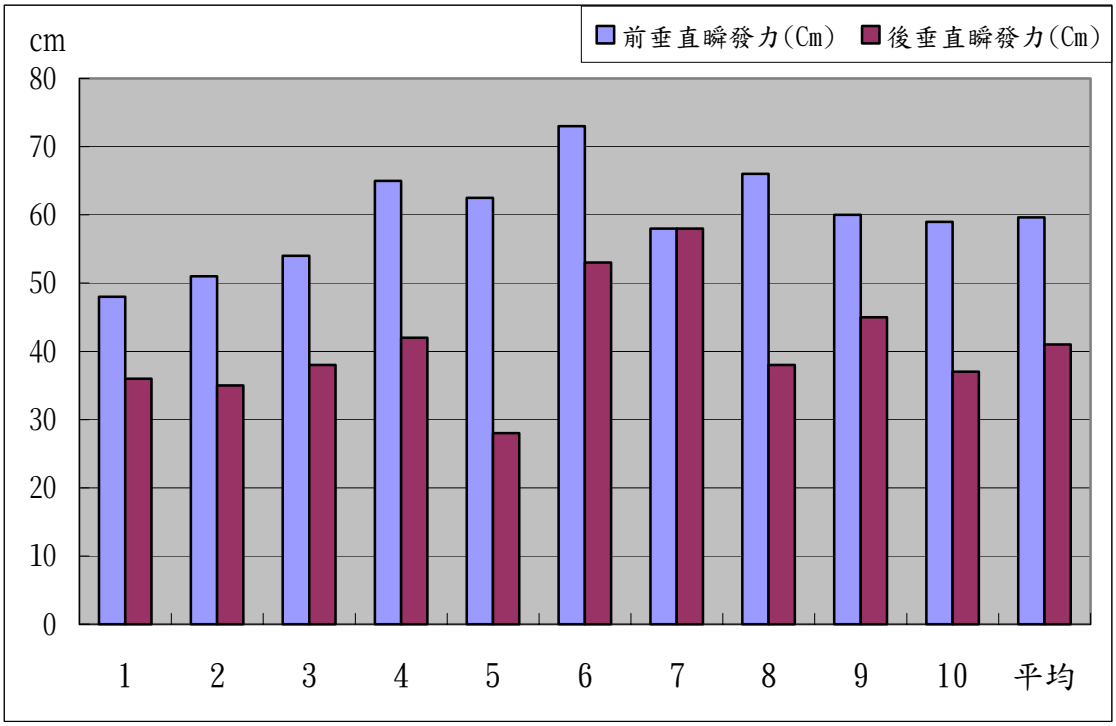

圖 94 垂直瞬發力前、後測結果對照圖：

表 71 垂直瞬發力前、後測 T 檢定對照表：

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T
垂直瞬發力-前測	73	48	59.65	7.4612	25.281
垂直瞬發力-前測	58	28	41	8.9069	14.556

表 72 垂直瞬發力-相依樣本 T 檢定：

變項名稱	平均數	標準差	標準誤	T 值	P 值
垂直瞬發力	18.65	9.3691	2.9628	6.295	.000

（九）、柔軟度：

柔軟度前、後測結果如表 73、74、75 及圖 95 及附錄 U 所示。

表 73 柔軟度前、後測結果對照表(單位：Cm)

編號	前柔軟度(Cm)	後柔軟度(Cm)
1	12	10
2	0.5	0
3	12	9
4	24	22
5	11	7
6	22.5	21
7	13.5	13
8	12.5	10.5
9	14.5	9
10	10	8
平均	13.25	10.95

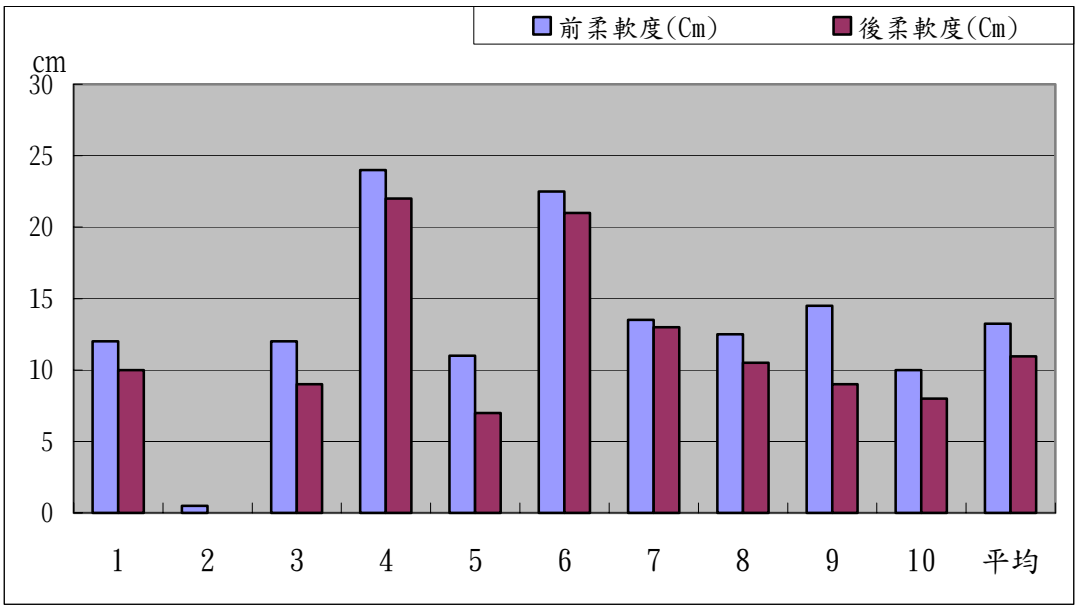

圖 95 柔軟度前、後測結果對照圖：

表 74 平衡能力前、後測 T 檢定對照表：

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T
柔軟度-前測	24	0.5	13.25	6.5373	6.409
柔軟度-後測	22	0	10.95	6.3003	5.327

表 75 柔軟度-相依樣本 T 檢定：

變項名稱	平均數	標準差	標準誤	T 值	P 值
柔軟度	2.3	1.5312	0.4842	4.75	0.001

（十）、準確能力：

準確能力前、後測結果：如表 76、77、78 及圖 96 及附錄 V 所示。

表 76 準確能力前、後測結果對照表（單位：分）

編號	前準確能力	後準確能力
1	860	700
2	780	880
3	800	800
4	840	840
5	820	640
6	800	840
7	800	720
8	820	720
9	840	840
10	860	800
平均	822	778

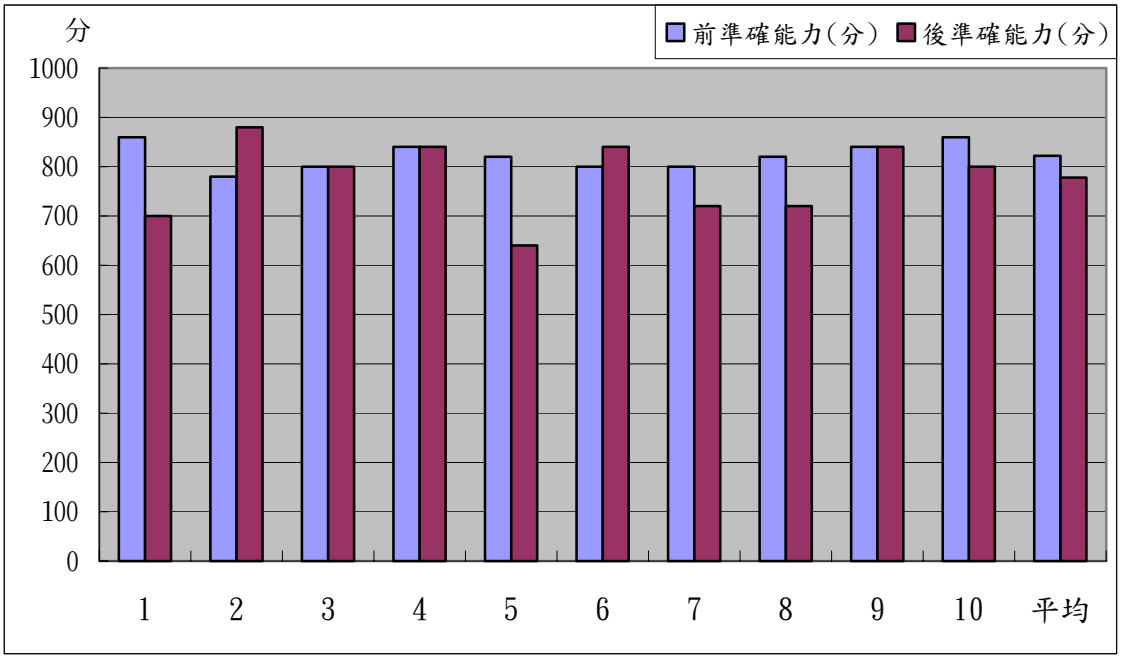

圖 96 準確能力前、後測結果對照圖：

表 77 準確能力前、後測 T 檢定對照表：

變項名稱	最大值	最小值	平均值	標準差	T
準確能力-前測	860	780	822	27.406	94.846
準確能力-後測	880	720	778	722.200	31.541

表 78 準確能力-相依樣本 T 檢定：

變項名稱	平均數	標準差	標準誤	T 值	P 值
準確能力	44	88.3428	27.9364	1.575	.150

依據上述各項測驗結果及圖、表所示，除了背肌力之 α 值顯示為.054 及準確能力之 α 值顯示.150 未達顯著水準之外，其他之運動表現，分別有：手指協調之 α 值為**.000**、全身反應 α 值為.000、平衡能力 α 值為.000、握力 α 值為.001、

手掌反應α值為.007、水平瞬發力α值為.000、垂直瞬發力α值為.000、柔軟度α值為.001…等八項均達α=.05之可接受差異顯著水準。

第七節　各變項之前、後測平均數之對照分析

回顧上述之各變項前、後測平均數加以對照，如表79、80及圖97、98所示，並將數值大者為優勢及數值小者為優勢之二種不同類型加以分析比對，希探求其體溫過低後對其優勢之影響，如下：

一、以數值大者為優勢之變項分析：

以數值大者為優勢之變項有：1.平衡能力、2.握力、3.背肌力、4.水平瞬發力、5.垂直瞬發力、6.柔軟度、7.準確能力……等七個變項之前、後測平均數，將其前、後測平均數對照後發現各單項之平均數、總數、總平均數…等後測值均有下降之態勢。顯示各變項因體溫下降後所進行之後側表現有衰退之趨勢。如：表79、圖97所示。

表 79 以數值大者為優勢之變項前、後測平均數對照表

編號	前測平均數	後測平均數
1.平衡能力	100.59	37.604
2.握力	48.75	41.45
3.背肌力	155.7	49.12
4.水平瞬發力	219.00	165
5.垂直瞬發力	59.65	41
6.柔軟度	13.25	10.95
7.準確能力	822	778
總數	1418.94	1223.124
平均數	202.706	174.73

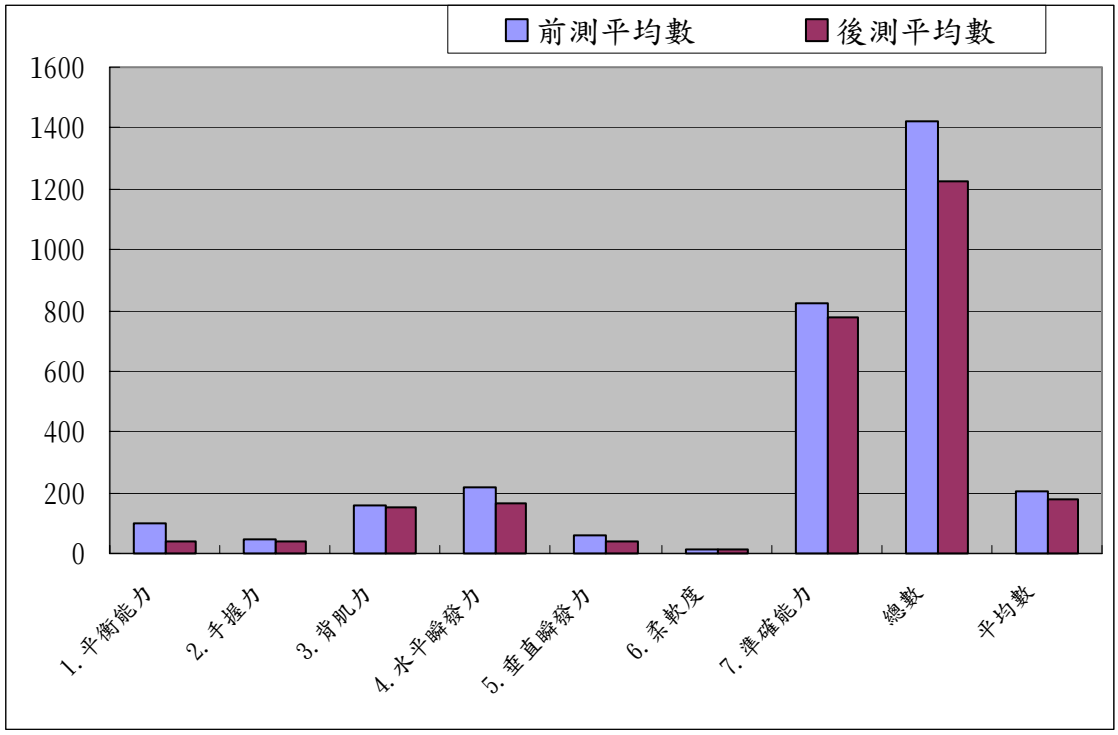

圖 97 以數值大者為優勢之變項前、後測平均數對照圖

二、以數值小者為優勢之變項分析：

者為優勢之變項有：1.手指協調、2.全身反應、3.手掌反應……等三個變項之前、後測平均數對照，將其前、後測平均數比對後其各單項之平均數、總數、總平均數……等後測值均有上升之趨勢，其顯示各變項因體溫下降而使時間表現與速度表現而變慢之趨勢，尤其以手指協調所受影響最為顯著，如表 80 圖 98 所示、

表 80 以數值小者為優勢之變項前、後測平均數對照表

變項名稱	前測平均數	後測平均數
1.手指協調	28.79	124.905
2.全身反應	.2973	.374
3.手掌反應	18.4	27.57
總數	47.4873	152.849
平均數	15.829	50.94967

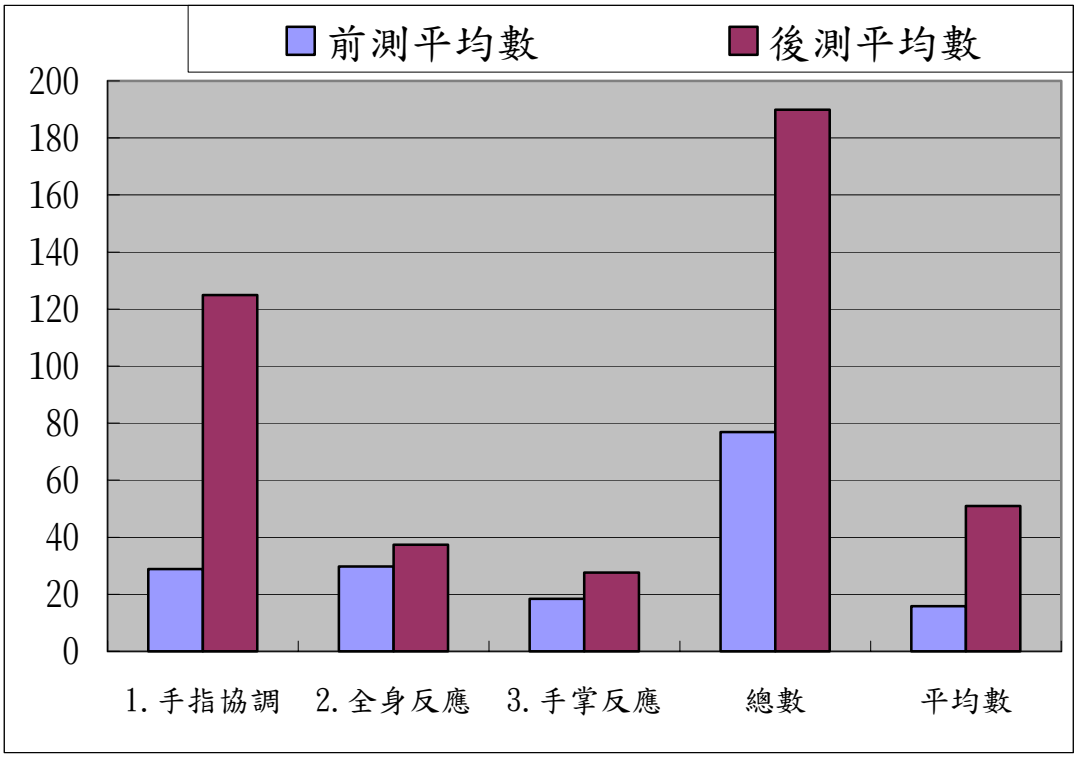

圖 98 以數值小者為優勢之變項前、後測平均數對照圖：

第八節　各項測驗之描述性分析與討論

本節乃依據第一節至第六節之測驗結果進一步討論，內容有二；

一、身體組成與降溫時間之相關：(r=9)、(N=10)

可接受之顯著水準定為＜.05(*)，P＜.05。各變項與降溫之相關水準如下所示。

(一)年齡與降溫時間：

經 Pearson 積差相關分析其相關水準=.095，P值=.794，未達顯著相關。

（二）身高與降溫時間：

經 Pearson 積差相關分析其相關水準=-.787**，P 值=.007，達顯著相關。

（三）體重與降溫時間：

經 Pearson 積差相關分析其相關水準=.065，P 值=.858，未達顯著相關。

（四）肌肉重與降溫時間：

經 Pearson 積差相關分析其相關水準=-.198，P 值=.583，未達顯著相關。

（五）體脂肪重與降溫時間：

經 Pearson 積差相關分析其相關水準=.582，P 值=.078，未達顯著相關。

（六）體脂肪率(BF)與降溫時間：

經 Pearson 積差相關分析其相關水準=.664*，P 值=.036，達顯著相關。

（七）BMI(身體質量指數)與降溫時間：

經 Pearson 積差相關分析其相關水準=.232，P 值=.518，未達顯著相關。

（八）前測體溫與降溫時間：

經 Pearson 積差相關分析其相關水準=-.183，P 值=.614，未達顯著相關。

（九）降溫度數與降溫時間：

經 Pearson 積差相關分析其相關水準=-.185，P 值=.609，未達顯著相關。

綜觀上陳結果比對各項身體組成與降溫時間之相關，經 Pearson 積差相關分析其相關水準及顯著水準，除了身高與

降溫時間之相關水準為：-.787**，顯著水準 P=-.787**，體脂肪率(BF)與降溫時間之相關水準為：.664*，顯著水準 P=-.787**，P=.036 二項達顯著之外，其他七個項目皆未達顯著水準。該結果符合林正常所指出之人體對低溫之忍受能力，脂肪含量高者在低溫環境中，對低溫忍受力較佳，因為；大量的皮下脂肪能夠多一層隔絕低溫的保護作用之理論(林正常，民 91)並果符合本文第貳章第二十五節之各項理論及第壹章第三節之研究假。

二、體過低對運動表現之影響：

體溫過低之運動表現前、後測有 10 個變項、r=9、N=10，以顯著差異 P＜.05 為可接受水準。 對於本實驗 10 個變項結果之描述分析如下：

(一)手指協調：

1.前測結果顯示：

最大值為 40.60，最小值為 18.59，平均值為 28.79，標準差為 7.7082，T 值為 11.813。

2.後測結果顯示：

最大值為 232，最小值為 71.51，平均值為 24.905，標準差為 43.735，T 值為 9.031。

3.相依樣本 T 檢定：

平均數為-96.1110、標準差為 39.6735、標準誤為 12.5458、T 值為-7.6661、顯著水準 P 值為.000。顯示手指協調於體溫過低前、後測之結果達到顯著差異水準。

(二)、全身反應：

1.前測結果顯示：

最大值為.37，最小值為.27，平均值為.2973，標準差為3.217，T值為29.221。

2.後測驗結果顯示：

最大值為.374，最小值為.34，平均值為.374，標準差為2.250E-02，T值為52.663。

3.相依樣本T檢定：

平均數為-7.740E-02、標準差為3.918E-02、標準誤為1.239E-02、T值為-6.247、顯著水準P值為.000。顯示全身反應於體溫過低前、後測之結果達到顯著差異水準。

（三）、平衡能力：

1.前測驗結果顯示：

最大值為 215，最小值為 42.26，平均值為100.59，標準差為57.4916，T值為5.533。

2.後測驗結果顯示：

最大值為 180，最小值為 2.91，平均值為37.604，標準差為55.1828，T值為2.214。

3.相依樣本T檢定：

平均數為63.5250、標準差為36.4313、標準誤為 11.5206、T 值為 5.514、顯著水準 P 值為.000。顯示平衡能力於體溫過低前、後測之結果達到顯著差異水準。

（四）、握力：

1.前測驗結果顯示：

最大值為 58，最小值為 36.5，平均值為

48.75，標準差為.1896，T 值為 18.824。

2.後測驗結果顯示：

最大值為 54，最小值為 31.5，平均值為 41.45，標準差為 7.0413，T 值為 18.615。

3.相依樣本 T 檢定：

平均數為 7.300、標準差為 4.5959、標準誤為 1.4533、T 值為 5.023、顯著水準 P 值為.001。顯示握力於體溫過低前、後測之結果達到顯著差異水準。

（五）、背肌力 ：

1.前測驗結果顯示：

最大值為 205，最小值為 135，平均值為 155.7，標準差為 21.7565，T 值為 22.631。

2.後測驗結果顯示：

最大值為 215，最小值為 122，平均值為 149.12，標準差為 27.1933，T 值為 17.314。

3.相依樣本 T 檢定：

平均數為 6.5800、標準差為 9.3872、標準誤為 2.9685、T 值為 2.217、顯著水準 P 值為.054。顯示背肌力於體溫過低前、後測之結果未達顯著差異水準。

（六）、手掌反應：

1.前測驗結果顯示：

最大值為 31，最小值為 12，平均值為 18.4，標準差為 5.7388，T 值為 10.139。

2.後測驗結果顯示：

最大值為 36，最小值為 14.9，平均值為 27.57，標準差為 7.2933，T 值為 11.599。

3.相依樣本 T 檢定：

平均數為-9.1720、標準差為 8.3325、標準誤為 2.6350、T 值為-3.481、顯著水準 P 值為.007。顯示手掌反應於體溫過低前、後測之結果達到顯著差異水準。

（七）、水平瞬發力：

1.前測驗結果顯示：

最大值為 250，最小值為 190，平均值為 219.00，標準差為 19.2642，T 值為 35.949。

2.後測驗結果顯示：

最大值為 190，最小值為 130，平均值為 165，標準差為 150.6929，T 值為 26.089。

3.相依樣本 T 檢定：

平均數為 54.0000、標準差為 13.9044、標準誤為 11.5206、T 值為 12.281、顯著水準 P 值為.000。顯示水平瞬發力於體溫過低前、後測之結果達到顯著差異水準。

（八）、垂直瞬發力：

1.前測驗結果顯示：

最大值為 73，最小值為 48，平均值為 59.65，標準差為 7.4612，T 值為 25.281。

2.後測驗結果顯示：

最大值為 58，最小值為 28，平均值為 41，標準差為 8.9069，T 值為 14.556。

3.相依樣本T檢定：

平均數為18.6500、標準差為9.3691、標準誤為2.9628、T值為6.295、顯著水準P值為.000。顯示垂直瞬發力於體溫過低前、後測之結果達到顯著差異水準。

（九）、柔軟度：

1.前驗結果顯示：

最大值為24，最小值為.5，平均值為13.25，標準差為6.5373，T值為6.409。

2.後測驗結果顯示：

最大值為22，最小值為0，平均值為10.95，標準差為6.3003，T值為5.327。

3.相依樣本T檢定：

平均數為2.3000、標準差為1.5312、標準誤為.4842、T值為4.750、顯著水準P值為.001顯示柔軟度於體溫過低前、後測之結果達到顯著差異水準。

（十）、準確能力：

1.前測驗結果顯示：

最大值為860，最小值為780，平均值為822，標準差為27.4064，T值為94.846。

2.後測驗結果顯示：

最大值為880，最小值為720，平均值為778，標準差為722.2001，T值為31.541。

3.相依樣本T檢定：

平均數為44.0000、標準差為88.3428、標準誤為

27.9364、T 值為 1.575、顯著水準 P 值為.150。顯示準確能力於體溫過低前、後測之結果未達顯著差異水準。

所以體溫過低後對影響本研究設計之 10 個運動表現變項中有 8 項達到顯著，與預期結果趨於一致而得到支持。

小結

綜觀上陳結果符合接受本研究之二項(第一章第一節一、二)虛無假設者如下；第一項之不同身體組成對於體溫降至體溫過低指標之速度將有顯著差異，結果；除了身高與降溫時間之相關水準為：-.787**，顯著水準 P=-.787**及體脂肪率(BF)與降溫時間之相關水準為：.664*，顯著水準 P=-.787**，P=.036 達顯著可接受虛無假設之外，其他七變項皆未達顯著水準。另外第二項之體溫過低後影響本研究設計之各項運動表現有顯著差異。結果；除了背肌力 P=.054 及準確能力 P=.150 其因 P＞.05 二項未達顯著之外，其他八個變項皆為＜.05，達到顯著可接受之虛無假設準。

所以；依本節各項測驗結果顯示，因身體素質之不同其體溫降低之速度而有差異。並於體溫降達至人體可接受範圍內之體溫過低指標下實施前、後測，得出之結果對肌力、速度、平衡、協調、柔軟度等運動表現，考驗分析其結果顯示，大部份運動表現項目因體溫過低而受到顯著之影響，尤其位於遠心端而末梢部位之手指協調動作表現所受影響最為顯著。但位於降溫最慢的核心軀幹部位之背肌力及非依賴肌肉收縮強度來表現之準確能力等二項並不顯著。

第伍章 結論與建議

第一節 結論

經本實驗研究之結果顯示，體溫過低確實會影響各項運動表現。低下的體溫無法提昇運動表現水準，對於活動安全也將構成威脅。

人體雖浸泡於水溫控制在一致指標之環境中，但空氣溫度指標之改變對體溫降低時間之改變也有顯著差異。不同比率之身體素質在相同溫度環境條件下，對於體溫降低時間之影響會有顯著差異。不同體表面積在相同溫度環境條件下，對於體溫降低時間之影響也有顯著差異。體溫過低後對於各項運動表現均有顯著之影響，雖然對於軀幹部位肌群之影響並不顯著，但對於越處於末梢之肢體動作所受影響越趨顯著。

第二節 建議

本研究謹為粗糙而基礎之實驗探討，但經本研究結果顯示，溫度確實不斷作用於人類的活動，而不同體溫或不同保暖或防護對於運動表現影響為何？仍有待進一步研究，所以類似本研究之相關實驗仍值得後續進行，其仍有廣大之研究發展空間。針對本研究實施過程與結果，提出下列建議事項：

一、 本研究發現體溫過低對運動表現之影響程度，以遠心端之末梢部位所受影響最為顯著。

建議：1.從事戶外活動應選擇溫暖季節或環境，或充足之保暖措施條件中進行活動，除了防止驅幹體熱散失之衣物以外，尤其對於手足的保暖也趨重要，避免常用肢體的僵化而影響求生功能，以策安全。

2.欲前往可能處於低溫環境活動前，熱量的補充及攜帶充足熱量之食物及取暖器具，並穿著有效保暖及防寒衣物，攜帶有效求救之通信與信號器材乃相當必要。

3.基於本研究之文獻探討及實驗結果顯示，進行體溫過低相關緊急救護時，其環境應提供或選擇較溫暖之條件下施救以提高存活率。

二、相同溫度環境條件下，因受試者體脂率之不同使體溫降低之時間也有差異。

建議：體脂率較低者處於有致失溫疑慮之環境活動時，應更進一步採取保暖措施，以免造成體溫過低之危險。

三、在相同環境與體脂肪率條件下，受試者之身高較高者比身高較矮者之體表接觸面積為大，其散熱面積大使體溫降低之時間也快，使體溫降低之時間有顯著下降之趨勢。

建議：1.處於低溫環境條件下從事活動時，對於體型瘦而高者之散熱快更應注意體溫過低之問題與防患措施。

2.因身材高者之散熱速度較快，若在相同較高溫

度環境與相同運動強度下，是否也較耐熱而不易中暑或熱衰竭呢？有待下次更進一步實驗研究結果之解答。

四、體溫降低後對於反應速度、力量強度、平衡能力、柔軟程度、協調性等之運動表現有顯著影響。

建議：運動前或比賽前之熱身(warm-up)與保暖(keep warm)是重要的，且比賽或運動環境之季節、時令、時間、場地、設備、保暖防護設施之選擇也需慎重。所以；研究者以為這些措施對競技表現與安全將深遠的產生影響。

五、本研究受限於條件環境因素，因而無法完全實施環境溫度控制。致使研究者之自我之前驅嘗試和實驗與正式實驗之氣溫產生差異，而無法迅速使體溫降低至 35℃之指標，徒增受試者處於低水溫浸泡之痛苦時間。

建議：爾後實施類似本研究之實驗時，宜在可控制溫度環境之條件下實施之。

六、受試者人數方面：

因本研究受試者需浸泡於 15℃之低水溫中，接受參與本研究計劃之受試者意願甚低，使樣本人數較少而影響統計考驗水準。

建議：爾後實施類似本研究之實驗時，宜再再增加受試者人數。

七、研究設計方面：

研究之準確能力測驗方面，未作瞄準時間之控制，使受試者可以無限時間之瞄準，疑因此致使該項測驗並無顯著差異。

建議：爾後實施類似本研究之實驗時，應進一步設計瞄準時間之控制，以增進其考驗水準。

八、研究工具方面：

（一）受限於條件設備因素無法一致使用適用於水中之前、後測儀器及體溫降低全程之肛溫、局部肌肉溫度、心電圖、呼吸、血乳酸值、肌電圖……等線性變化之監控與記錄乃最大遺憾，

建議：爾後實施類似本研究之實驗時宜進一步使用適用於可防水操作之儀器設備條件下實施測驗，將測驗過程更趨一致而深入的記錄，使測驗及測量記錄更具參考價值。

（二）本研究為加速降低體溫速度，採浸泡冷水方式降溫之，因而受限於條件設備因素無法在完全一致環境條件下實施體溫過低之前、後測，多數同組變項之前、後測必需分別於水中或陸上測驗。

建議：爾後實施類似本研究之實驗時能進一步使用適用於相同設備條件下實施前、後測（能一致在水中操作最佳），相信該測驗結果將可更加精確而一致。

九、實驗環境溫度方面：

本研究受限於條件環境等因素，因而無法完全控制實驗環境之溫度。

建議：爾後實施類似本研究之實驗時能進一步使用適用於相同環境條件下(如溫控室)實施測驗，相信該測驗結果將可更加精確而一致。

總結

人類活動無法脫離溫度之作用和影響，經本實驗研究結果顯示，不同身材或身體組成對體溫下降速度達顯著之相關，體溫降低後對各項運動表現之影響也達顯著水準。然而；為提昇運動表現水準或基於健康保養及休閒安全原則，人們要愉悅而免於後顧之憂的進行各種身體活動，或因應休閒時代來臨之各類休閒活動是否能達到較高的滿意度…等，其對於時令、時間、環境、氣候、人員、地點等選擇是種要的，然而應用在比賽方面之季節或如高地訓練般的逆向操作…等，及於服裝、設備、食物、取暖、保暖、防護措施之準備應當重視。欲前往惡烈環境活動者或緊急醫療救護人員之體力、身材、身體素質、後勤支援…等考量是必需的。體育從業人員或運動競賽者和賽會主辦單位等希在成績方面能有登峰造極之表現，其對於人體溫度或環境溫度等相關影響因素值得關心。

參考文獻

一、中文部份：

王文憲(民 81)。生物化學要論。臺北：記圖書出版社。

王建訓、鄒清朗、陳易志(民 93)。中國時報，(93.01.26)，A1。

中華民國大專院校體育總會編印(民 87)。1998 年國際大專運動教練研討會報告書。P105-117。

李文森(民 86)。解剖生理學。華杏出版有限公司。臺北。

李明榮、利志明。(民 90)。游泳池經營法規與消費者權益之探討。國立台灣體育學院學報，9，327-344。

李國麟(2000)。野外活動學習氣候常識。文匯報、香港天文臺，2000.10.4。李建賢、高偉峰(民 92)。環境急症。台北榮民總醫院急診部、陽明大學急診醫學科。取自：http://www.geocities.com/guocc/wei-fong-kao/emviron.html。

沈立仙(民 87)。安全游泳。臺北:新雨出版社。

沈揮勝(民 93)。中國時報(93.01.26)，A3。

何高祿、林家群(民 92)。中國時報(92.10.12)，C3。

何香濤(2003)。宇宙，從大爆炸中誕生。取自:中國中央電視臺，央視國際 2003 年 06 月 06 日節目。

汪文豪(民 93)。聯合報(93.01.26)，A1。

林成之(民 87)。腦低體溫療法。牛頓雜誌，臺北:牛頓出版股份有限公司，113-117。

林正常(民 91)。運動生理學。臺北：藝軒圖書出版社。

林正常（民 85）。運動生理學實驗指引。臺北；師大師苑。
林世崇(民 90)。高階心肺急救學，臺北:大力圖書有限公司。
林清山(民 90)。心理與教育統計學。臺北；東華書局。第十一刷。
林清和(民 85)。運動學習程式學。臺北:文史哲出版社。
林貴滿(民 83)。急症護理學。臺北:匯華圖書出版有限公司，初版三刷。
林富美譯（民 89)。蓋統生理學，下冊。臺北：華杏出版有限公司。
林茂村(民 76)。解剖生理學。臺北:科學圖書大庫。財團法人徐氏基金會。
林輝宏（民 89)。醫學緊急處理。臺北：PADA 醫療急救手冊，1，39。
林建盛（民 90)。登山遇寒流，體溫過低。台灣日報，(90.12.15)，24。
林淑瑩(民 93)。低體溫也會致命。聯合報，(93.3.5)E4。
武育勇(民 87)，游泳論。臺北:啟英文化公司。2003 年再版。
吳昭新（民 90)。台灣醫藥資訊網頁。民 91 年元月 12 日取自 http://olddoc.tmu.edu.tw/chiaungo/symptom/fever.htm
胡勝川、羅鴻彰、王立敏、陳自立、高偉峰(民 82)。心律不整的治療。高級心臟救命術。臺北:金名圖書有限公司。第五版。
胡勝川、高偉峰、蔡哲宏等(民 85). 環境急症.實用到院前緊急醫療救護,13-27。
胡蕙寧（民 91)。自由時報（91.8.15)，11。
香港天氣資訊頻道(2004)。大氣層溫度。2004 年 2 月取自：

http://www.yeahplaza.com/edu/atmo/atmo.html

高偉峰、胡勝川、李建賢. 高山症。臨床醫學 1995; 36: 35_50

洪惠珍(民 78)。牛頓。臺北:牛頓出版股份有限公司。

許世昌(民 84)。新編解剖生理學。臺北:永大書局。

張錦盛、林輝宏、許金德、林瑞安、李紹華、陳光明。(民 92)。體溫過低 hypothermia，基本潛水。水上安全與救生。臺北:中華民國水上救生協會。62。

張蕙芬、洪惠珍(民 78)。牛頓雜誌，臺北:牛頓出版股份有限公司。

湯銘哲(民 90)。生理學的社會觀初探。臺北:中華民國通識教育學會。

陶煥昌(民 93)。聯合晚報(93.01.26)，3。

鄧樹楨(民 91)。天星英漢百科醫學辭典。臺北:天星出版社。

翁正哲、黃明祥、勝浦哲夫、原田一、菊池安行(民 86)。高溫與低溫環境的運動中之體溫調節反應和運動成績表現(日本男子和台灣男子之比較)，國立台灣體育學院學報，61-69。

彭英毅、黃奕燦(民 66)。生理學實驗指引。臺北:茂昌圖書有限公司 60。

教育部體育大辭典編訂委員會(民 73)。體育大辭典。臺北;台灣商務印書館。

陳俊忠(民 91)。哈佛經驗-運動與健康。臺北:易利圖書有限公司。

陳定雄(民 83)。休閒運動相關術語之歷史研究，國立台灣體育學報。國立台灣體育專科學校。第四期。台中。6。

陳全壽(1998)。陳氏反覆衝擊式肌力增強器對肌力動力訓練

效果之探討。

陳自立、王立敏、胡勝川、杜瑞煌、王立敏、羅鴻彰、李建賢（民 82）。診病人體溫過低之探討。中華醫學雜誌，51(6)，425-430。

陳宗瀛、薑必寧。(民 71)。臨床心電圖學。臺北：華榮圖書有限公司。

陳長文(民 91)。保溫，水上安全救生訓練教材，中華民國紅十字會總會。致琦公司，22-25。

陳相榮譯(民 69)，原著：豬飼道夫。運動生理學入門。臺中：大文出版社。

陳詩經(民 89)。人體試驗法律制度之研究—以美國法為中心。東吳大學法律學係研究所 89 碩士論文。25。

陳正王、遊繡華、張存薇(民國 90)。自由時報，(90.8.20.)。

黃啟煌、王百川、林晉利、鄭鴻衛(1998)。運動急救。臺北：科正股份有限公司。

黃光雄、簡茂發（民 80)。教育研究法，臺北:師大書苑有限公司。

張一岑(民 86)。人因工程學。臺北：揚智文化。

張蓮及(民 89)。營養學。臺北：文京圖書有限公司。

張振隆（民 84)。實用生理學，第三冊。臺北:藝軒圖書出版社。

張國頌（民 89)。健康生活家。亞洲醫藥網(馬偕醫院)。民 90 年 11 月 5 日取自 http://health.yam.com/article.asp。

葉偉成、葉守正合譯(民 81)。醫用物理學。臺北:合記圖書出版社。

遊啟義（民 82）。意外失溫之預防。體育與運動。84，59-61。

楊錫讓（民 80）。運動生理學。臺北：中國文化大學出版部印行。

賈皓琪、劉明威、洪貽樂、林森田、覃康定合譯（民 70）。Guyton'sg 生理學。臺北：合記圖書出版社。

趙玫珍（民 78）。體溫。基本護理學。臺北：華杏出版公司。

彭英毅、彭清次（民 73）醫學生理學，上冊。臺北：合記圖書出版社。二版。

蔡漢謨.蔡敦仁（民 70）。體溫過低。當代醫學雜誌，7(8)，41-45。

劉士傑、劉敏英（民 88）。低體溫(hypothermia)。國防醫學，29(1)，64-69。

劉華茂、朱世輝、李仁智、李浩銑、李麗娜、楊培銘、劉應溪、許秉寧、王建雄、鄭裕南、林子庸、陳韻宜、張志成（民 72）。蓋氏生理學，臺北：杏文出版社。

劉寧生、郭廷祥（民 90）。安全。帆船理論與實務。臺北：臺北市帆船協會。

廖朝輝（民 90）。人體落水之失溫問題。90 年水上救生年刊，90 年 12 月，30-3

廖朝輝（民 91）。戶外休閒活動之失溫問題探討，91 年台灣體育學院校慶學術發表會。海報發表。

廖雪茹(民 92)。自由時報。(92.10.12)。第 8 頁。

錢元康（民 80）。從登山醫學分析比較國內外山難。玉山國家公園山難防救研討會專文集。

蘇麗智、簡淑真、劉波兒、蘇惠珍、陳淑齡、陳明莉、李淑琍、林淑燕、邱淑玲、黃月芳(民 83)。實用基本護理學，

下冊。臺北:匯華圖書出版有限公司。

蘇雄飛(民 63)。身體運動之科學的原則。臺北:臺北體專。

鄭聰美(民 77)。意外低體溫。助產雜誌,29,77-82。

賴福明(民 81)。體溫過低對軍事行動的影響。國防醫學,15(5),511-516。

梁金銅(民 78)。運動醫學,合記圖書出版社。

康繼堯(民 77)。詞海。臺北;陽明書局印行。

路透社(民 91)。2002/3/7 電。聯合報,(91.3.10)。

路甬群(2000)。科學改變了世界。人民論壇,(2000 年第十二期)。

蔡彰盛(民 90)。自由時報,(90.11.15),P5。

蔡翹(民 35)。身體能力之消耗及需要:體溫之調度。人類生理學。下冊。639-656。

賴錫欽(民 90)。保溫原理。山林之旅。臺北縣山嶽協會。民 91 年元月 7 日取自:http://baku.aqid.com/html/protection/protection-2.htm。

劉建恒(民 856)。體重控制中的食慾問題初探。國民體育季刊,第二十五卷,第一期。頁 68 - 71。

薑壽德(民 56)。溫覺。實驗生理學。臺北:台灣中華書局。

譚天錫、陳益明譯(民 81)醫藥學院專用生物學。臺北:茂昌圖書有限公司。

蘇雄飛、郭玉鶴(民 67)運動生理學概論。臺北:臺北市立體專,體育學術研究會。

饒磐安、沈旭凱(民 93)。聯合報,(93.01.26),A3。

響訓急救(1997)。失溫。民 91 年 3 月 22 日取自 http://www.ictc.com.tw/fjmt/document/fja1199

7.htm。

ADS（2001）。低溫症。潛水教練手冊 VOL.2，救援潛水教練篇。國際潛水學校聯盟。第四單元。

二、外文部份：

日文：

小浜啓次(2001)。Newアウトドア救急ハンドブク。日本：小學館。

中原(2002)，人體深部溫度圖，愛媛縣立東溫高等學校，保健委員會，內科校醫。取自：http://tohon-h.esnet.ed.jp

山本保博、寺本明(1998)。病態患者管理で。低體溫療法。日本:へるス出版。

內田正洋(1997)。シーカヤツーズハンドプツク。日本:北西太平洋版。

池田知純(1995)。低體溫症，関連する各種障害，安全に潛，潛水醫學入門。日本：大修館書店。4.6。

栗栖茜（1990）。低體溫症と凍傷。山洋社。よ

若杉長英(1988)。法醫學。醫學要點雙書。第二版。日本：金芳堂株式會社。

船木上総(2002)。凍體—低體溫症恐怖。日本：山溪穀社。

新田隆三（1999），低體溫症－正しい處置を，雪崩防災講習會や研修會，日本雪氷學會。取自：http://www3.plala.or.jp/dana/kiroku2。

石原千秋(1999)。熱の産生と消失，1999年4月に行つた雪上訓練時に「低體溫症」を勉強し、作成した資料

http://www3.plala.or.jp/dana/kiroku2/teitaion02.htm。

浦井直幸（2003）。體溫と腦酸素消費量の關係。日本遭難対策委員會。取自：http://www1.coralnet.or.jp/gluon/index.htm。

豬飼道夫、久松榮一郎(昭和 42)。スポーツと環境溫度。ポーツ醫學。日本：體育の科學。

英文：

Acevedo EO, Meyers MC, Hayman, M. Haskin, J.Applying. (1997) physiologic principles and assessment techniques to swimming the English Channel. A case study. J. Sports Med Phys Fitness 7, March 37(1)78-85

Antretter H.Dapunt OE.Bonatti, J. Management of profound hypothermia. British Journal of Hospital Medicine. 54(5): 215-20, Sep 6-19.

Adolph,E.(1968)Origins of Physiological Regulations. NEW YORK:Academic Press.

Adams WC, Fox RH, Fry AJ, MacDonald IC. (1975)" Thermoregulation during marathon running in cool", Moderate and hot environments. J Appl Physiol38:1030–1037.

Auerbach PS: High altitude medicine. Wilderness Medicine-Management of Wilderness and Environmental Emergency 3rd ed.1995; 1-37

Bainbridge,Menzies(1940).Essentials of physiology.

Bullard RW, Rapp GM.(1970). Problems of body heat loss in

water immersion. Aerospace Med.41(11),269–1277.

Bethesda, Md.(1983). Human Performance in the Cold .Undersea Medical Society Inc,166.

Benzinger TH(1960),Receptor organs and guantitative mechanisms of human temperature control in a warm environment. Fed Proc ; 19:32.

Committee on Trauma, American College of Surgeons: Injuries due to burns and cold. Advanced trauma life support. Sixth edition, 1997; 273-288.

Clark RP, Edholm OG.(1985).Man and His Thermal Environment. London, England: Edward Arnold Ltd.

Charles Stewart, MD, FACEP. (1998). Hypothermia. Environmental Emergencies for Emergency Services Providers. Beyond the Road. Colorado Springs. Page 6-7.

Crawshaw LI, Auerbach PS. Thermoregulation Wilderness Medicine- Management of Wilderness and Environmental Emergency 3rd ed.1995; 38-50

Dubois,EF.(1948).Fever and the Regulation of Body Temperatuer.Thomas.

Danzl DF, Pozos RS.(1757).Accidental hypothermia. N Engl J Med. 1994;331(26).

George A.Books,Thomas D.Fahey,Timothy p.Whity,Kenneth M.Baldwin.(2000). Bioenergetics. Exercise in the heat and cold,Exercise Phsiology.17-20. 476-498.

Guyton.AC. (1980)Textbook of Medical.Physiology.6th. Philadelphia.Saunders。

Flexner S. B. (1987). The Random House Dictionary of the English Language. Second Edition, Unabridged. pp.101, pp.670, pp.1833.

Hardy JD, DuBois EF.(1938). Basal metabolism , radiation, convection and vaporization at temperatures. J Nutr. 15:477–497.

Harker J. Gibson P: Heat-stroke: A review of rapid cooling techniques. Intensive & Critical Care Nursing. 1995;11(4): 198-202.

Hayward,J.S.,Eckerson,J.D.,and Collis,M.D.(1975)Thermal balance and survival time prediction of man in cold water.Canad.J. Physiol.Pharmacol,53:30.

Kammersgaard LP,(2000), et al.,"Feasibility and Safety of Inducing Modest Hypothermia in Awake Patients With Acute Stroke Through Surface Cooling" A Case-Control Study, Stroke. September 2000, Vol.31, p2251.

MaCauley RL, Smith DJ, Robson MC, et al. Frostbite and other cold-induced injuries.Wilderness Medicine-Management of Wilderness and Environmental Emergency 3rd ed.1995;129-45.

Mcardle W.D., Ph.D., DHPE, Katch F.I., Ph.D., ES, Katch V.I., Ph.D., MS, (1996). Energy, nutrition, and human

performance. Exercise Physiology. Fourth edition.

Marieb,E.(1998).Human Anatomy and Physiology.Menlo Park,CA:Benjamin-Cummings.

Hammond,B.B.Lee,G.(1984).Quick Reference to Emergency Nursing,235.Philadelphia:J.B.Lippincott.

Nick Olmos-Lau M.D.(2003).Hypothermia Prevention, Detection and First Aid Hypothermia in Open Water Swimming,2,26,2003. http://www.doversolo.com/hypothermia.htm.

RICHARD H. STRAUSS，M.D EDITOR.(1991). Hypothermia. Cold Injuries，Sport Medicine.360-388。

Savage MV.(1994). Control of Skin Blood Flow in the Neutral Zone of Human Temperature Regulation. Seattle, Wash: University of Washington.Thesis.

Scott K.Powers，Edward T. Howley(2001)temperature regulation.Exercise Physiology.

Sharkey,B.J.(1984),Physiology of Fitness.2d ed. Champaign, IL；Human Kinetics.

Tintinalli JE, Ruiz E, Krome RL: Frostbite and other localized cold-related injuries, hypothermia, heat emergency: Emergency medicine-A comprehensive study guide 4th ed. 1996; 843-856.

Tipton M, Eglin C, Gennser M, Golden F. (1999).”Immersion deaths and deterioration in swimming performance in cold water volunteer trial”. 1999 Lancet 354, 626-9.

Tom PA. Garmel GM, Auerbach PS: Environment-dependent sport emergencies. Medical Clinics of North America.1994;78(2): 305-25.

Wunderlich.CE, Woodman.WB(1871). “Medical thermometry Fundamental principles”. In: ed. On the Temperature in Disease. London, England: New Sydenham. 1–18.

Zimbardo P. G. (1991).” Motivation & Emotion”. Psychology. Twelfth edition.

附錄 A

受試者健康狀況調查表

本調查旨在幫助你瞭解自己的健康狀況，並協助研究人員決定你是否需在實驗之前，接受更進一步的健康檢查。

請你務必據實回答下列問題，並在適當的答案欄中打「V」。謝謝！

請問在過去一年當中，醫生是否告訴過你有下列狀況：

	有	無	不確定
1. 痛風	□	□	□
2. 肝病	□	□	□
3. 胃病	□	□	□
4. 氣喘	□	□	□
5. 過敏	□	□	□
6. 心臟病	□	□	□
7. 心絞痛	□	□	□
8. 高血壓	□	□	□
9. 糖尿病	□	□	□
10. 癲癇症	□	□	□
11. 尿道炎	□	□	□
12. 心率不整	□	□	□
13. 支氣管炎	□	□	□
14. 急性發炎	□	□	□
15. 腎臟疾病	□	□	□
16. 便中帶血	□	□	□
17. 經常性胃痛	□	□	□
18. 先天性心臟病	□	□	□
19. 昏倒或失去知覺	□	□	□
20. 不明的體重下降	□	□	□
21. 情緒緊張或心理異常	□	□	□
22. 很快站起來時，會頭昏或輕微頭痛	□	□	□
23. 運動或跑步後，極端疲勞很難恢復	□	□	□
24. 貧血或其他血液疾病：	□	□	□
25. 過去一年中曾否住院？	□	□	□

原因是：_____

姓　　名：

填表日期：

附錄 B

受 試 者 須 知

首先感謝你志願參加本研究。本研究之題目為：「體溫過低對運動表現影響之研究」，其目的在探討人體失溫後，對於本研究所設計之幾項運動表現測驗項目是否有顯著差異。本研究需測量身體組成及正常中心體溫，及浸泡於低溫水中失溫之中心體溫，並測驗 10 個運動表現項目。如下：1. 手指協調能力測驗、2. 手掌反應速度測驗、3. 準確能力測驗、4. 握力測驗、5. 背肌力測驗、6. 水平瞬發力測驗、7. 全身反應速度測驗、8. 垂直瞬發力測驗、9. 柔軟度測驗、10. 平衡能力測驗.....等。

為求避免其他因素的影響，以使實驗得以安全而順利進行,進而能夠獲得正確的結果，敬請草首下列事項：

一、 正試實驗前有儀器操作及注意事項說明及試作，務必出席參加，以熟悉測驗動作。

二、 受試前應做好熱身操，以免發生運動傷害。

三、 受試時請盡全力操作各項儀器，不要保留實力。

四、 受試時請依照指定動作與正確要領受試，以策安全及保持信度。

五、 受試完畢之後請至溫水泡熱水及喝薑茶回溫。

六、 受試當天無論氣溫是否寒冷均必須攜帶厚重之保暖衣物。

七、 請據實填寫「受試者健康狀況調查表」。

八、 請依指定時間，穿著運動服裝準時到本校體育研究所測量身體組成。

九、 請依指定時間，攜帶厚重衣物及游泳褲、大毛巾等保暖衣物到長春游泳池報到。

再次感謝您的協助與合作！

國立台灣體育學院體育研究所

指導教授：陳全壽

呂欣蓉

研 究 生：廖朝輝 敬上

附錄C

受試者同意書

論文題目：體溫過低對運動表現影響之研究
指導教授：陳全壽　博士
　　呂依善　博士
研究生：　廖朝輝
研究單位：國立台灣體育學院體育研究所
聯絡電話：學校(04)22334105 轉 6301　手機 0923-233961

依實驗研究之規定，研究者有義務將研究的過程，以及可能發生的危險向受試者說明清楚，且盡量其所能的保護受試者之健康與權益，並隨時回答受試者之問題。受試者如感覺意願時，可以隨時退出實驗，而不受任何限制，但應事先通知實驗者。

參與本研究之受試者，必須瞭解並同意下列事項：

一、實驗期間民國九十二年四月 二十日。

二、充份瞭解「受試注意須知」的內容，並確實遵守。

三、本研究之受試者需先接受身體組成及核心體溫測量及運動表現測驗，而運動表現分前測與後測，在後測之前需將體溫降到 35.5℃ 方可進行後測。

四、降低體溫之方式為：於指定時間到台中市長春游泳池三溫暖設備之冰水池中降低體溫，當核心體溫降達 35.5℃ 時接受運動表現之後測。

五、於全程測驗完畢之後，務必到溫水池或烤箱或蒸氣室及喝熱薑母茶回溫，達核心體溫達 36.5℃ 以後方可離開。

六、本研究測驗所得資料，僅供研究之用，絕對予以保密。

本研究需要你的參與和合作，請在下面姓名欄內簽名，表示同意參與實驗，並且願意遵守上列事項。

志 願 者：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿(簽名)
聯絡電話：
＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

聯絡地址：＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

附錄 D　擔任本研究醫護人員之護士證書影印本



附錄E　受試者各項指標之原始資料

編號：_____

基本資料

姓名：_____　年齡：____歲　身高：_____cm　體重：____kg

身體組成指標

身體組成	指標
肌肉重	Kg
體脂肪重	Kg
體脂肪率	%

溫度下降時間指標(℃/min)

階段	前測體溫：____℃	降至 36.5℃	降至 36℃	降至 35.5℃	降至 35℃
降溫速度	0分0秒	分　秒	分　秒	分　秒	分　秒

運動表現指標

項　目	前測	後測
手掌反應速度	cm	cm
握力	Kg	Kg
手指協調能力	sec	sec
準確能力	分	分
背肌力	Kg	Kg
水平瞬發力	Cm	Cm
全身反應速度	Sec	Sec
垂直瞬發力	Cm	Cm
柔軟度(體前彎)	Cm	Cm
平衡能力	Sec	Sec

附錄 F　　受試者各時間階段測得體溫記錄表

編號：_____

姓名：_____

溫度下降時間指標(℃/min)

測溫階段	0分00秒	0分30秒	1分00秒	1分30秒	2分00秒	2分30秒	3分00秒	3分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	4分00秒	4分30秒	5分00秒	5分30秒	6分00秒	6分30秒	7分00秒	7分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	8分00秒	8分30秒	9分00秒	9分30秒	10分00秒	10分30秒	11分00秒	11分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	12分00秒	12分30秒	13分00秒	13分30秒	14分00秒	14分30秒	15分00秒	15分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	16分00秒	16分30秒	17分00秒	17分30秒	18分00秒	18分30秒	19分00秒	19分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	20分00秒	20分30秒	21分00秒	21分30秒	22分00秒	22分30秒	23分00秒	23分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	24分00秒	24分30秒	25分00秒	25分30秒	26分00秒	26分30秒	27分00秒	27分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	28分00秒	28分30秒	29分00秒	29分30秒	30分00秒	30分30秒	31分00秒	31分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	32分00秒	32分30秒	33分00秒	33分30秒	34分00秒	34分30秒	35分00秒	35分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	36分00秒	36分30秒	37分00秒	37分30秒	38分00秒	38分30秒	39分00秒	39分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	40分00秒	40分30秒	41分00秒	41分30秒	42分00秒	42分30秒	43分00秒	43分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	44分00秒	44分30秒	45分00秒	45分30秒	46分00秒	46分30秒	47分00秒	47分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	48分00秒	48分30秒	49分00秒	49分30秒	50分00秒	50分30秒	51分00秒	51分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	52分00秒	52分30秒	53分00秒	53分30秒	54分00秒	54分30秒	55分00秒	55分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃
測溫階段	56分00秒	56分30秒	57分00秒	57分30秒	58分00秒	58分30秒	59分00秒	59分30秒
測得溫度	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃

附錄G　各階段降溫及心理感受與外在反應紀錄表

編號：_____

姓名：_____

時　間	體　溫	心　理　感　受	外在反應	備　註
0 分 00 秒	℃			
0 分 30 秒	℃			
1 分 00 秒	℃			
1 分 30 秒	℃			
2 分 00 秒	℃			
2 分 30 秒	℃			
3 分 00 秒	℃			
3 分 30 秒	℃			
4 分 00 秒	℃			
4 分 30 秒	℃			
5 分 00 秒	℃			
5 分 30 秒	℃			
6 分 00 秒	℃			
6 分 30 秒	℃			
7 分 00 秒	℃			
8 分 30 秒	℃			
8 分 00 秒	℃			
9 分 30 秒	℃			
10 分 00 秒	℃			
10 分 30 秒	℃			
11 分 00 秒	℃			
11 分 30 秒	℃			
12 分 00 秒	℃			
12 分 30 秒	℃			
13 分 00 秒	℃			
13 分 30 秒	℃			
14 分 00 秒	℃			
14 分 30 秒	℃			
15 分 00 秒	℃			
15 分 30 秒	℃			

附錄II　　各階段之心理反應記錄表

編號：_____

姓名：_____

身體組成測量前心得：	身體組成測量後心得：
體溫降低前心得：	體溫降低後心得：
其他(一)	其它(二)

附錄 I 全體受試者及協助人員大清早於校門口集合準備出發



附件 J　Biospace 牌身體組成分析儀及使用操作示意圖。



附件 J-1　受試者在身體組成分析儀上測量身體組成。





附錄 K　　降溫前核心體溫測量。





附錄 L　以浮水性溫度計隨時監測並維持 15℃ 水溫



附錄 M　　受試者靜坐浸泡於冰水池中降溫。



附錄 N　隨時以耳溫槍監測於冰水池中受試者之核心體溫



附錄 O　　手指協調前、後測照片



手指協調－前測



手指協調－後測

附錄 P　　全身反應後測照片



附錄 Q　　平衡能力測驗照片



平衡能力前測



平衡能力前測。

附 錄 R　　握 力 測 驗 照 片



握 力 後 測 - 1



握 力 後 測 - 2

附錄 R-1 背肌力前、後測照片



背肌力-前測



背肌力-後測

附錄 S 手 掌 反 應 測 驗



手 掌 反 應 - 前 測



手 掌 反 應 - 後 測

附錄 T　　水平瞬發力前、後測



水平瞬發力-前測



水平瞬發力-後測

附錄 U　　柔軟度測驗照片



柔軟度-前測。



柔軟度-後測。

附錄 V 準確能力測驗



準確能力後測-1



準確能力後測-1

附錄 W　　備有熱薑湯幫助受試者驅寒回溫之熱飲。



附錄 X　　以烤箱回溫之照片。



受試者進入烤箱回溫前合照。



受試者於測驗後進入氣溫 80℃之烤箱中回溫。

附錄 Y　　進入蒸氣室回溫前之照片。



附錄 Z 全體受試者與助手於測驗後至餐廳補充熱量回溫





全體受試者與助手於測驗後至餐廳補充熱量回溫-1

附錄 Z-1 全體受試者與助手於測驗後至餐廳補充熱量回溫-2





全體受試者與助手於測驗後至餐廳補充熱量回溫-3