

中國醫藥大學

碩士論文

編號：DOSH-0602

利用皮膚生理指標評估防曬袖套防護
日光紫外線傷害之效能及其
對人體熱舒適之影響

*Evaluating efficacy of long-sleeved gloves
protecting against solar ultraviolet radiation
and its influence on thermal comfort using
skin physiological indicators*

所別：職業安全與衛生學系碩士班

指導教授：陳振華 博士

學生：廖育賢 Yu-Hsien Liao

學號：9872002

中華民國 100 年 7 月

中國醫藥大學碩士班研究生
論文口試委員審定書

職業安全與衛生學系碩士班，廖育賢君所提之論文

利用皮膚生理指標評估防曬袖套防護日光紫外線傷害之
效能及其對人體熱舒適之影響

經本委員會審議，符合本校碩士資格標準。

論文口試委員會

委員

區樹忠
黃瑞玲
海培榮

系主任

趙克立

中華民國 1 0 0 年 6 月 1 6 日

中國醫藥大學碩士班研究生
論文指導教授推薦書

職業安全與衛生學系碩士班，廖育賢君所提之論文

利用皮膚生理指標評估防曬袖套防護日光紫外線傷害之

效能及其對人體熱舒適之影響 係由本人指導撰述，同意

提付審查。

指導教授

沈振華

中 華 民 國 1 0 0 年 6 月 7 日

誌謝

兩年的時間說長不長說短不短，轉眼間就要結束了。為期兩年的研究所生涯讓我學習到許多東西也成長不少，最要感謝的當然就是我的指導教授 陳振華老師，感謝 您這兩年來不論在課業學習或做人處事方面，循循善誘的教誨以及不辭辛勞的指導，使我在研究實驗及論文撰寫部分能有今日成果。我很高興能成為 老師門下子弟，如今我即將學成離開這生活兩年的研究室，我更加確認兩年前做了個正確的選擇，謝謝老師。此外，感謝兩位口試委員 黃瑞隆教授與 黃彬芳教授不吝指導，對於我的論文提供許多寶貴的建議，使我的論文更加嚴謹完整。

感謝介銘學長以及玉潔學姊在實驗、課業、及行政事務上的協助與指導，使我能順利通過各種考驗解決許多難題。感謝韋誠學弟、詩吟學妹、晏青學妹、羽婷學妹、及王尹 女勻學妹在實驗上的協助，且研究室因為有了你們，增添許多歡樂氣氛，讓我在這兩年碩士生涯中充滿許多難忘的回憶。還有同甘共苦的中國醫藥大學職安系第六屆碩士班同學們，謝謝你們在課業上的互相幫助與體諒。感謝中國醫藥大學棒球隊的小白、岳霖老大、品涵、永鈞、猴子、皓齡等隊友們，在我低潮時不斷鼓勵我，且提供一個環境讓我在研究之餘可以盡情揮灑汗水抒發壓力，跟你們一同在球場上奮戰真的很快樂。最後還要感謝我的父母提供如此生活環

境，讓我可以無後顧之憂衝刺學位。非常感謝以上所述各位，沒有你們就沒有今日的我，謝謝各位。

本論文獲得國科會計畫編號NSC 98-2221-E-039-012「由綠建築邁向生態城市—以健康舒適及節能減熱觀點營造適應氣候之都市環境—子計畫二：日光紫外線曝曬健康危害辨識與因應防護措施效能評估」與編號NSC 99-2221-E-039-015-MY2「由綠建築邁向生態城市—以健康舒適及節能減熱觀點營造適應氣候之都市環境—子計畫二：日光紫外線因應防護措施效能及其使用對健康與熱舒適影響評估」之補助，感謝國科會予以充足的研究經費，使本研究得以順利進行。此外，研究承中央氣象局第二組與陳圭宏、羅如惠等同仁提供台中地區民國99年7至10月份日光紫外線指數即時監測值與當日最大值資料，使本研究得以針對數據施行更完整分析，特此致上感謝之意。

廖育賢 謹誌

中華民國一百年七月

於中國醫藥大學職安系碩士班

中文摘要

受大氣臭氧層破壞及溫室效應地表暖化影響，人類遭受日光紫外線輻射及濕熱危害之暴露風險日增，其中又以從事戶外作業勞工較受關注。近年來國民使用防護措施之意識逐步提升，包含使用防曬乳液、防曬衣物、及於戶外活動時尋求遮蔽。本研究利用皮膚生理指標以及主觀熱感知問卷，針對防曬袖套可對自然紫外光曝曬提供之防護效能以及其使用在濕熱地區如我國可能對使用者產生之熱不舒適進行評估。研究所選定之皮膚生理指標包含：皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、經皮水分散失量(transepidermal water loss, TEWL)、皮膚溫度、皮膚濕度、紅斑生成指數(erythema-index, E-index)與黑色素沉澱指數(melanin-index, M-index)；主觀熱舒適感則以美國冷凍空調技師協會 Standard 55標準問卷為基礎發展之中文問卷調查。

本研究包括二主要階段。第一階段於人工氣候環境暴露艙內模擬不同環境溫濕度，量化評估室內環境物理因子對皮膚生理指標之影響，以及防曬袖套使用是否改變其影響模式。第二階段於戶外進行日光曝曬實驗。實驗採定期短時間暴露方式，於無日光照射處與日光曝曬處量測各項皮膚生理指標與主觀熱感知變化，以評估因應日光曝曬產生之立即性與累積性皮膚生理與主觀熱舒適反應，以及防曬袖套之使用對上項反應

之影響。各階段均建立劑量(環境物理因子)-反應(生理指標)關係，以分析
量化防曬袖套使用可降低之健康傷害。

室內暴露艙實驗結果發現：在高環境溫度(34°C)環境使用防曬袖套可
抑制手臂皮膚排汗，造成實驗組之TEWL值較控制組為低。比較防曬乳液
與防曬袖套之使用者發現，因乳液具有保溼效果且與皮膚緊密接觸，故
隨環境溫度升高時使用者之TEWL與皮膚濕度較使用防曬袖套者高。戶外
日光曝曬實驗發現：環境物理因子中輻射熱強弱是影響皮膚生理指標反
應戶外熱環境變化之重要關鍵；黑球溫度高時對應之熱調節機制主要為
皮膚濕度與TEWL變化。在日光紫外線直接曝曬狀況下，當環境溫度為
34-36°C時，使用防曬袖套之受試者會因袖套侷限，導致皮膚表面散熱不
易，刺激熱調節過度反應，造成皮膚溫度高達40°C。經為期四個月之暴
露後發現，使用防曬袖套受試者之皮膚M-index隨累積暴露之紫外線能量
增加出現下降，而未使用防曬袖套者則呈現上升趨勢，顯示M-index為反
應長期日光紫外線危害之良好生理指標，同時防曬袖套之使用能適度降
低皮膚黑色素之生成。

關鍵字：防曬袖套、皮膚障壁功能、皮膚濕度、日光紫外線曝曬、輻射
熱

ABSTRACT

With continuing deterioration of the atmospheric ozone and global warming, the health risk associated with solar ultraviolet (UV) exposure and thermal stress has become a serious concern, especially for those who must remain outdoors for professional functions. As part of the effort to minimize the health threat from solar UV over-exposure, people are increasingly aware of the protection rendered by different mechanisms against solar UV irradiation, including applying sunscreens, using sun-protective clothing, and seeking shades when remaining outdoors. This study investigated the efficacy the sun-protective sleeves may provide against the health hazard resulting from solar UV exposure as well as examined the alteration in subjective thermal comfort of sleeve users when the sleeves were used in warm-and-humid areas such as Taiwan. Skin physiological properties representing different stages of thermoregulation were selected as endpoints of observation, including skin capillary blood flow (SCBF), transepidermal water loss (TEWL), skin temperature, skin moisture, erythema-index (E-index), and melanin-index (M-index). To materialize the change in thermal comfort as caused by sleeve use, a Chinese-based thermal sensation questionnaire resembling that developed by the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE) in Standard 55 was adopted in the evaluation.

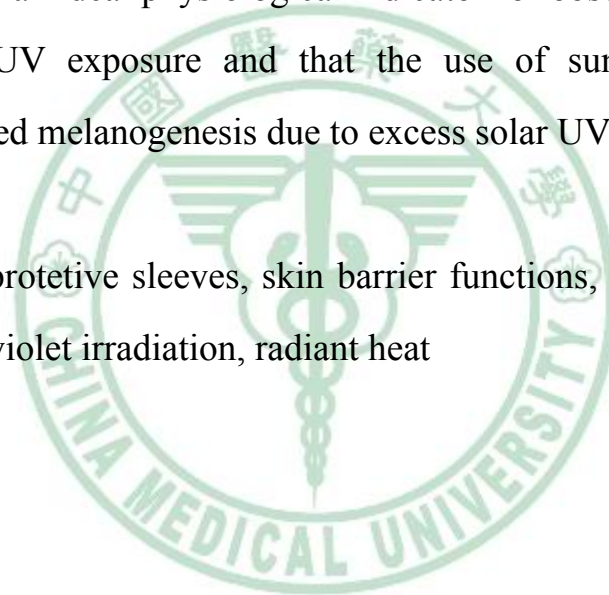
This study was conducted in two successive stages. In the first stage, the influence of environmental temperature and relative humidity, individually or jointly, on human skin physiology was investigated in a controlled environmental chamber. The results between users of sun-protective sleeves

and non-users were compared to evaluate changes of physiological properties in response to incremental shift of thermal status in an UV-free environment attributable to sleeve use. In the second stage, sessions of out-of-door experiment were conducted periodically, each simulating a short-term, regular exercise, to evaluate changes in physiological properties and thermal sensation caused by solar UV irradiation in the users of protective sleeves vs. in the non-users. In each session, the subjects were required to stay in two distinct areas for receiving skin physiology measurement and thermal sensation survey, one under direct solar exposure and the other shaded by building. The results were quantified to show both the immediate and cumulative effects of solar UV exposure and the efficacy of sun-protective sleeves. The dose-response relationships between the investigated environmental variables and skin physiological indicators were established in both stages to support a final analysis on the reduction of solar UV health hazard attributed to the use of sun-protective sleeves.

As the results reported by the environmental chamber experiment show, the use of protective sleeves inhibited the formation of water vapor in the form of TEWL increase on the dorsal skin of the left forearm at high environmental temperature (34°C). When the use of sunscreens and of sun-protective sleeves were compared, the sunscreens were found to maintain skin hydration and function as a permeable membrane in intimate contact with the skin, resulting in an elevated TEWL compared to the levels measured on the skin of sleeve users. The findings from the outdoor experiments indicate that the radiant heat was the primary variable controlling the response of skin physiology to the outdoor thermal environment. The change in skin moisture and TEWL was the apparent thermoregulatory mechanism involved

in responding to a significant presence of radiant heat in the ambient environment, as expressed in the globe temperature. Under direct sunlight exposure, the air pocket confined within the protective sleeves and in direct contact with the skin became over-heated when the environmental temperature reached 34-36°C, developing a pseudo thermal environment that stimulated thermoregulation to over-respond, resulting in an elevated skin temperature of up to 40°C. Following exposure of 4 months, the M-index of the sleeve users' skin decreased whereas that of the non-users rose, suggesting that M-index was an ideal physiological indicator for observing the long-term effect of solar UV exposure and that the use of sun-protective sleeves adequately reduced melanogenesis due to excess solar UV irradiation.

Keywords: Sun-protective sleeves, skin barrier functions, skin moisture, solar ultraviolet irradiation, radiant heat



目錄

中文摘要.....	i
ABSTRACT.....	iii
目錄.....	vi
表目錄.....	xi
圖目錄.....	xxiv
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究之重要性.....	9
第三節 研究目的.....	12
第四節 研究假設.....	13
第五節 名詞界定.....	14
第二章 文獻回顧.....	20
第一節 反應微氣候改變之皮膚生理現象.....	21
2.1.1 經皮水分散失量.....	21
2.1.2 皮膚濕度.....	23
2.1.3 紅斑生成與黑速沉澱.....	23
2.1.4 皮膚之微血流變化.....	25
第二節 TEWL、皮膚濕度、與紅斑生成受溫度影響之測量.....	26

第三節 環境相對濕度與水蒸氣分壓之關係及其對TEWL及皮膚濕度 之影響.....	27
第四節 使用防曬袖套對防止日光紫外線暴露傷害之效能.....	28
第五節 濕熱環境變化對皮膚生理反應及主觀熱感知之影響.....	29
第六節 戶外日光直射處與遮陰處之紫外光量差異.....	30
第七節 皮膚生理指標間因應環境熱因子變化之反應-時程關係.....	31
第八節 文獻總結.....	33
第九節 研究架構.....	33
第三章 研究方法.....	37
第一節 研究設計.....	37
第二節 研究對象.....	37
3.2.1 基本人體計測資料.....	39
3.2.2 皮膚生理狀況自我評估.....	39
3.2.3 夏季戶外活動狀況.....	43
3.2.4 受試者衣著量.....	47
第三節 研究儀器設備與工具.....	47
3.3.1 測量皮膚生理指標之儀器.....	50
3.3.2 測量與紀錄環境物理因子之儀器.....	50
3.3.3 人工氣候環境暴露艙.....	50

3.3.4	實驗使用防曬袖套與比較之防曬乳液成份說明.....	51
3.3.5	熱感知問卷.....	59
第四節	資料收集.....	59
3.4.1	暴露艙實驗流程.....	59
3.4.2	戶外自然日光曝曬實驗流程.....	64
3.4.3	日光紫外線指數與累積輻射劑量之計算.....	69
第五節	資料統計與分析.....	70
3.5.1	暴露艙實驗結果統計分析.....	70
3.5.2	戶外日光曝曬實驗結果統計分析.....	73
第四章	研究結果與討論.....	76
第一節	暴露艙實驗結果.....	76
4.1.1	室內環境熱因子及防曬袖套使用對經皮水分散失量之影響.....	76
4.1.2	室內環境熱因子及防曬袖套使用對皮膚濕度之影響.....	85
4.1.3	室內環境熱因子及防曬袖套使用對皮膚微血流變化之影響.....	94
4.1.4	室內環境熱因子及防曬袖套使用對皮膚溫度變化之影響.....	103
4.1.5	室內環境物理力與使用防曬袖套與否對於主客觀熱舒適指標之綜合影響.....	110

4.1.6 使用不同防曬措施對皮膚生理指標影響之差異.....	117
第二節 戶外日光曝曬實驗結果.....	135
4.2.1 戶外環境物理因子間之互動關係性.....	135
4.2.2 戶外環境物理因子對經皮水分散失量之影響.....	141
4.2.3 戶外環境物理因子對 skin moisture 之影響.....	154
4.2.4 戶外環境物理因子對 SCBF 之影響.....	167
4.2.5 戶外環境物理因子對 skin temperature 之影響.....	181
4.2.6 戶外環境物理因子對紅斑生成之影響.....	194
4.2.7 日光紫外線輻射對黑色素沉澱之影響.....	201
4.2.8 輻射熱對皮膚生理指標之影響.....	218
4.2.9 環境物理力與使用防曬袖套與否對於主客觀熱舒適之綜合 影響分析.....	238
第五章 結論與建議.....	265
第一節 結論.....	265
第二節 研究限制.....	267
第三節 應用與建議.....	269
參考文獻.....	272
附錄 A 中國醫藥大學公共衛生學院倫理委員會研究計畫審查同意書..	283
附錄 B 中國醫藥大學公共衛生學院倫理委員會研究計畫審查申請表..	286

附錄 C 實驗受試者基本資料調查.....	291
附錄 D 環境熱舒適問卷.....	304
附錄 E 每日紫外線即時測報資料.....	306
附錄 F 戶外日光實驗環境物理因子與主客觀指標間之關係.....	311



表目錄

表 1-1	日光紫外線曝曬可生成之健康傷害、傷害部位、與疾病症狀.....	5
表 1-2	紫外線指數、對應曝曬級數與及相關防護措施.....	8
表 3-1	暴露艙實驗與戶外日光曝曬實驗受試者之人體計測資料.....	40
表 3-2	暴露艙實驗受試者自覺皮膚生理狀況.....	41
表 3-3	戶外日光曝曬實驗受試者自覺皮膚生理狀況.....	42
表 3-4	暴露艙實驗受試者於 2009 年夏季戶外活動狀況.....	44
表 3-5	戶外日光曝曬實驗受試者於 2010 年夏季戶外活動狀況.....	45
表 3-6	暴露艙實驗受試者夏季白日外出時最常穿著之衣物(衣物選項依 頻率高低排列,最高為 1).....	48
表 3-7	戶外日光實驗受試者夏季白日外出時最常穿著之衣物(衣物選項 依頻率高低排列,最高為 1).....	49
表 3-8	15 種環境物理因子變相組合均勻性統計結果.....	53
表 3-9	cotton 纖維特性分析表.....	57
表 4-1	實驗組與控制組前臂外側皮膚於不同環境溫溼度之經皮水份散 失度(TEWL)量測值、實驗組－控制組比值、及統計檢定結 果.....	77
表 4-2	實驗組(使用袖套)於相同相對濕度、不同環境溫度下,前臂外側	

	經皮水份散失度(TEWL)之統計檢定.....	80
表 4-3	控制組(未使用袖套)於相同相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側經皮水份散失度(TEWL)之統計檢定.....	82
表 4-4	實驗組(使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側經皮水份散失度(TEWL)之統計檢定.....	83
表 4-5	控制組(未使用袖套)於同一環境溫度、不同環境相對濕度下，前臂外側 TEWL 之統計檢定.....	84
表 4-6	前臂外側皮膚在使用與未使用防曬袖套狀況下於不同環境溫溼度之皮膚濕度(skin moisture)量測值、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	86
表 4-7	實驗組(使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚濕度(skin moisture)之統計檢定.....	88
表 4-8	控制組(未使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚濕度(skin moisture)之統計檢定.....	90
表 4-9	實驗組(使用袖套)於同一環境溫度、不同環境相對濕度下，前臂外側皮膚濕度(skin moisture)之統計檢定.....	92
表 4-10	控制組(未使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側皮膚濕度(skin moisture)之統計檢定.....	93
表 4-11	前臂外側皮膚在使用防曬袖套(實驗組)與未使用防曬袖套(控制	

	組)狀況下於不同環境溫溼度之皮膚微血流變化(SCBF)量測值、實驗組－控制組比值、及統計檢定.....	95
表 4-12	實驗組(使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)之統計檢定.....	98
表 4-13	控制組(未使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)之統計檢定.....	99
表 4-14	實驗組(使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)之統計檢定.....	101
表 4-15	控制組(未使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)之統計檢定.....	102
表 4-16	前臂外側皮膚在使用防曬袖套(實驗組)與未使用防曬袖套(控制組)狀況下於不同環境溫溼度之皮膚溫度(skin temperature)之量測值、實驗組－控制組比值、及統計檢定.....	104
表 4-17	實驗組(使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚溫度(skin temperature)之統計檢定.....	107
表 4-18	控制組(未使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚溫度(skin temperature)之統計檢定.....	108
表 4-19	實驗組(使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側皮膚溫度(skin temperature)之統計檢定.....	109

表 4-20	控制組(未使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側皮膚溫度(skin temperature)之統計檢定.....	111
表 4-21	暴露艙實驗前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定.....	112
表 4-22	暴露艙實驗前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)逐步迴歸(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定.....	114
表 4-23	暴露艙實驗前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)、與統計檢定.....	115
表 4-24	暴露艙實驗前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)逐步迴歸(stepwise	

	regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數 (adjusted r^2 , Adj. r^2)、與統計檢定.....116
表4-25	暴露艙實驗主觀熱感知對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度 (x_2)、環境相對濕度(x_3)之多項式複迴歸方程式、標準化多項式複 迴歸方程式及其逐步迴歸、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調 整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)、與統計檢定.....118
表4-26	暴露艙實驗受試者前臂外側皮膚經皮水分散失量(TEWL)受使用 不同防曬措施與未使用防曬措施影響之統計檢定.....119
表4-27	室內暴露艙實驗受試者前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)受使用 不同防曬措施與未使用防曬措施影響之統計檢定.....123
表4-28	暴露艙實驗受試者前臂外側皮膚溫度(skin temperature)受使用不 同防曬措施與未使用防曬措施影響之統計檢定.....126
表4-29	暴露艙實驗受試者前臂外側皮膚濕度(skin moisture)受使用不同 防曬措施與未使用防曬措施影響之統計檢定.....130
表4-30	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處) 與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外實驗陰涼前階段經皮水份散失 量(TEWL)之分佈、實驗組－控制組比值、及統計檢 定.....143
表4-31	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)

	與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外實驗曝曬處測得經皮水份散失量(TEWL)之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	145
表4-32	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外實驗陰涼後階段測得經皮水份散失量(TEWL)之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	146
表4-33	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼前階段皮膚濕度(skin moisture)之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	155
表4-34	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗曝曬階段皮膚濕度(skin moisture)之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	157
表4-35	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼後階段中皮膚濕度(skin moisture)之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	158
表4-36	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼前階段皮膚微血流變化量(SCBF)之量測值、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	168
表4-37	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗曝曬階段皮膚微血流變化	

	量(SCBF)之量測值、實驗組—控制組比值及統計檢定.....	169
表4-38	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼後階段皮膚微血流變化量(SCBF)之量測值、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	171
表4-39	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼前階段皮膚溫度(skin temperature)之值、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	182
表4-40	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗曝曬階段皮膚溫度(skin temperature)之值、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	183
表4-41	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼後階段中皮膚溫度(skin temperature)之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定..	185
表4-42	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)與前臂外側(曝曬點)皮膚於戶外日光實驗陰涼前階段紅斑指數(E-index)之分佈 ^a 、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	195
表4-43	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)與前臂外側(曝曬點)皮膚於戶外日光實驗曝曬階段紅斑指數(E-index)之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	196

表4-44	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)與前臂外側(曝曬點)皮膚於戶外日光實驗陰涼後階段紅斑指數(E-index)之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	197
表4-45	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)與前臂外側(曝曬點)皮膚於日光實驗陰涼前階段黑色素沉澱指數(M-index)之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	204
表4-46	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)與前臂外側(曝曬點)皮膚於戶外日光實驗曝曬階段黑色素沉澱指數(M-index)之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定.....	206
表4-47	實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)與前臂外側(曝曬點)皮膚於戶外日光實驗陰涼後階段黑色素沉澱指數(M-index)之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定..	207
表 4-48	戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段實驗組上臂內側皮膚生理指標之配對樣本 t 檢定統計量與統計檢定.....	234
表 4-49	戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段實驗組前臂外側皮膚生理指標之配對樣本 t 檢定統計量與統計檢定.....	235
表 4-50	戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段控制組上臂內側皮膚生理指標之配對樣本 t 檢定統計量與統計檢定.....	236
表 4-51	戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段控制組前臂外側皮膚生理指	

標之配對樣本 t 檢定統計量與統計檢定..... 237

表 4-52 戶外日光實驗曝曬階段前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定.....239

表 4-53 戶外日光實驗曝曬階段前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定..... 241

表4-54 戶外日光實驗曝曬前臂皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、環境黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定.....242

表4-55 戶外日光實驗曝曬階段前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、

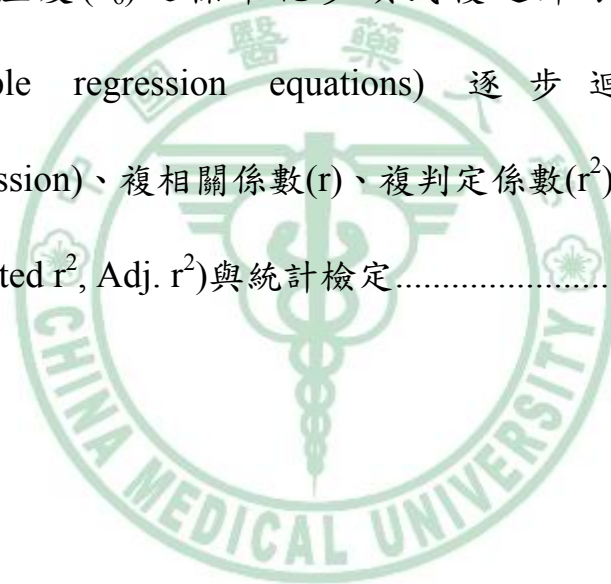
	黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式((standardized multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定.....	244
表4-56	戶外日光實驗陰涼前階段前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定.....	246
表4-57	戶外日光實驗陰涼後階段前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、環境黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定.....	247
表4-58	戶外日光實驗陰涼前階段前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定....	249

- 表4-59 戶外日光實驗陰涼後階段前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定....250
- 表4-60 戶外日光實驗陰涼前階段前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定.....251
- 表4-61 戶外日光實驗陰涼後階段前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定.....252
- 表4-62 戶外日光實驗陰涼前階段前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複

	相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2) 與統計檢定.....	254
表4-63	戶外日光實驗陰涼後階段前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬 袖套與否(x_1)、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速 (x_4)、黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regretssion)、複 相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2) 與統計檢定.....	255
表 4-64	戶外日光實驗主觀熱感知對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度 (x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、UVI(x_5)、環境黑球溫 度(x_6)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)、複 相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定.....	257
表 4-65	戶外日光實驗主觀熱感知對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境溫度 (x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、UVI(x_5)、環境黑球溫 度(x_6)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)逐 步迴歸法(stepwise regretssion)、複相關係數(r)、複判定係數 (r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定.....	258
表4-66	戶外日光實驗主觀熱感知對應使用防曬袖套與否(x_1)、環境乾球	

溫度(x₂)、環境相對濕度(x₃)、環境風速(x₄)、UVI (x₅)、環境黑球溫度(x₆)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r²)、調整複判定係數(adjusted r², Adj. r²)與統計檢定.....259

表 4-67 戶外日光實驗主觀熱感知對應使用防曬袖套與否(x₁)、環境乾球溫度(x₂)、環境相對濕度(x₃)、環境風速(x₄)、UVI (x₅)、環境黑球溫度(x₆)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations) 逐步迴歸法 (stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r²)、調整複判定係數(adjusted r², Adj. r²)與統計檢定.....261



圖目錄

圖 1-1	不同波段紫外光(UVA 與 UVB)進入人體皮膚表皮層、真皮、及皮下組織的比例.....	2
圖 1-2	日光紫外光抵達地表過程中可影響輻射能量變化之環境因子.....	4
圖 1-3	暴露於熱環境時人體生理效應與可能產生之熱危害.....	10
圖 2-1	皮膚生理指標間因應環境熱因子變化之可能反應-時程關係圖..	32
圖 2-2	本論文之研究架構與各階段進行之任務.....	34
圖 3-1	中國醫藥大學職業安全與衛生學系人工氣候環境暴露艙: (a)暴露艙溫濕度控制室、(b)暴露艙實驗進行實況.....	52
圖 3-2	實驗組受試者所使用之防曬袖套: (a)防曬袖套實體、(b)與(c)所示為防曬袖套實際使用狀況.....	58
圖 3-3	暴露艙實驗之實驗流程與皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、經皮水分散失量(transdermal water loss, TEWL)、皮膚溫度(skin temperature)、皮膚溼度(skin moisture)、人體熱感知之測量調查程序.....	61
圖 3-4	暴露艙實驗進行流程: (a)受試者適應暴露艙環境熱環境; (b)受試者量測 SCBF 與 TEWL; (c)受試者量測 skin moisture.....	62
圖 3-5	本研究實驗中受測者所測量之皮膚部位。A 點位於前臂外側，為	

日光皮膚曝曬點；B 點位於上臂內側衣袖遮蓋處，為無日光曝曬之皮膚對照點.....	63
圖 3-6 戶外日光曝曬實驗之實驗流程與皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、經皮水分散失量(transepidermal water loss, TEWL)、皮膚溫度(skin temperature)、皮膚溼度(skin moisture)、人體熱感知之測量調查程序.....	66
圖 3-7 戶外日光曝曬實驗進行狀況：(a)戶外無日光曝曬陰涼處；(b)自然日光紫外線曝曬處；(c)受試者適應戶外環境實況(左為實驗組受試者，右為控制組受試者).....	67
圖 4-1 暴露艙實驗中實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)前臂外側經皮水份散失度(TEWL)盒型圖：(a)全部溫度組合；(b)22°C；(c)25°C；(d)28°C；(e)31°C；(f)34°C.....	78
圖 4-2 暴露艙實驗中實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)前臂外側皮膚濕度(skin moisture)盒型圖：(a)全部溫度組合；(b)22°C；(c)25°C；(d)28°C；(e)31°C；(f)34°C.....	87
圖 4-3 暴露艙實驗中實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)盒型圖：(a)全部溫度組合；(b)22°C；(c)25°C；(d)28°C；(e)31°C；(f)34°C.....	97
圖 4-4 暴露艙實驗中實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)前臂外側	

皮膚溫度(skin temperature)盒型圖：(a)全部溫度組合；(b)22°C； (c)25°C；(d)28°C；(e)31°C；(f)34°C.....	105
圖 4-5 暴露艙實驗使用不同防曬措施時受試者前臂外側皮膚經皮水分散 失量(TEWL)對應環境溫度之變化：(a)相對溼度 45%；(b)相對溼 度 60%；(c)相對溼度 75%.....	122
圖 4-6 暴露艙實驗使用不同防曬措施時受試者前臂外側皮膚微血流變 化(SCBF)對應環境溫度之變化：(a)相對溼度 45%；(b)相對溼度 60%；(c)相對溼度 75%.....	125
圖 4-7 暴露艙實驗使用不同防曬措施時受試者前臂外側皮膚溫度(skin temperature)對應環境溫度之變化：(a)相對溼度 45%；(b)相對溼 度 60%；(c)相對溼度 75%.....	129
圖 4-8 室內暴露艙實驗使用不同防曬措施時受試者前臂外側皮膚濕度 (skin moisture)對應環境溫度之變化：(a)相對溼度 45%；(b)相對 溼度 60%；(c)相對溼度 75%.....	133
圖 4-9 戶外日光曝曬實驗環境溫度對應環境相對濕度之散佈趨勢.....	136
圖 4-10 戶外日光曝曬實驗環境溫度對應環境風速之散佈趨勢.....	136
圖 4-11 戶外日光實驗曝曬處 UVI 對應黑球溫度之散佈趨勢.....	138
圖 4-12 戶外日光實驗陰涼處 UVI 對應黑球溫度之散佈趨勢.....	138
圖 4-13 戶外日光實驗環境溫度對應黑球溫度之散佈趨勢: (a)陰涼前；(b)	

	曝曬；(c)陰涼後.....	140
圖 4-14	戶外日光曝曬實驗曝曬階段 UVI 對應 WBGT 之散佈趨勢及迴歸 方程式.....	142
圖 4-15	戶外日光實驗實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂 外側經皮水份散失量(TEWL)分佈之盒形圖：(a)陰涼前階段；(b) 曝曬階段；(c)陰涼後階段.....	148
圖 4-16	戶外日光實驗曝曬與陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未 使用袖套)前臂外側經皮水份散失量(TEWL)之對數值對應環境 溫度之散佈與迴歸：(a)曝曬階段；(b)陰涼後階段.....	149
圖 4-17	戶外日光實驗陰涼前階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖 套)皮膚經皮水份散失量(TEWL)對應環境風速之散佈：(a)上臂 內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點).....	150
圖 4-18	戶外日光實驗陰涼前階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖 套)皮膚經皮水份散失量(TEWL)對數值對應綜合溫度熱指數之 散佈：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點).....	152
圖 4-19	戶外日光實驗實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)前臂外側 皮膚經皮水份散失量(TEWL)對數值對應綜合溫度熱指數之散 佈：(a)曝曬；(b)陰涼後.....	153
圖 4-20	日光實驗實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂外側	

	皮膚濕度(skin moisture)量測值之盒形圖：(a)陰涼前階段；(b)曝曬階段；(c)陰涼後階段.....	159
圖 4-21	日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚濕度(skin moisture)對數值對應環境相對濕度之散佈與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處).....	161
圖 4-22	日光實驗陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚濕度(skin moisture)對數值對應環境相對濕度之散佈與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處).....	162
圖 4-23	日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚濕度(skin moisture)對數值對應 WBGT 之散佈與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處).....	164
圖 4-24	日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚濕度(skin moisture)對數值對應 UVI 之散佈與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處).....	166
圖 4-25	日光實驗實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂外側皮膚微血流變化量(SCBF)之盒形圖：(a)陰涼前階段；(b)曝曬階段；(c)陰涼後階段.....	172
圖 4-26	日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)皮膚微血流變化量(SCBF)對應環境溫度之散佈圖：(a)上臂內側(未	

	曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處).....	173
圖 4-27	日光實驗陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)皮膚微血流變化量(SCBF)對應環境溫度之散佈圖：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處).....	175
圖 4-28	日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚微血流變化量(SCBF)量測值對應環境風速之散佈圖：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處).....	177
圖 4-29	日光實驗陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚微血流變化量(SCBF)量測值對應環境風速之散佈圖：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處).....	178
圖 4-30	日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂外側皮膚微血流變化量(SCBF)量測值對應 UVI 之散佈與迴歸方程式.....	180
圖 4-31	日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂外側皮膚微血流變化量(SCBF)值對應黑球溫度之散佈與迴歸方程式.....	180
圖 4-32	戶外日光實驗實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用防曬袖套)人員前臂外側皮膚溫度(skin temperature)之盒形圖：(a)陰涼前階段；(b)曝曬階段；(c)陰涼後階段.....	186

圖 4-33	戶外日光實驗曝曬階段實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用 防曬袖套)人員皮膚溫度(skin temperature)對應環境溫度之散佈 與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬 處).....	187
圖 4-34	戶外日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套) 人員皮膚溫度(skin temperature)值對應 WBGT 之散佈與迴歸方 程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處).....	189
圖 4-35	戶外日光實驗陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖 套)人員皮膚溫度(skin temperature)值對應 WBGT 之散佈與迴歸 方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處).....	190
圖 4-36	戶外日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套) 人員皮膚溫度(skin temperature)對應 UVI 之散佈與迴歸方程式： (a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處).....	193
圖 4-37	戶外日光實驗實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂 外側 E-index 量測值之盒形圖：(a)陰涼前階段；(b)曝曬階段；(c) 陰涼後階段.....	199
圖 4-38	戶外日光實驗陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖 套)紅斑指數(E-index)對應環境溫度之散佈圖：(a)上臂內側(未 曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點).....	200

圖 4-39	戶外日光實驗上臂內側受試者紅斑指數(erythema-index, E-index)在陰涼後階段隨 UVI 變化之逐週趨勢圖：(a)實驗組(使用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套).....	202
圖 4-40	戶外日光實驗前臂外側受試者紅斑指數(E-index)在陰涼後階段隨 UVI 變化之逐週趨勢圖：(a)實驗組(使用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套).....	203
圖 4-41	戶外日光曝曬實驗實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用防曬袖套)人員前臂外側 M-index 分佈之盒形圖：(a)陰涼前階段；(b)曝曬階段；(c)陰涼後階段.....	209
圖 4-42	戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在曝曬階段隨 UVI 變化之逐週趨勢圖：(a)實驗組(使用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套).....	210
圖 4-43	戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在陰涼後階段隨 UVI 變化之逐週趨勢圖：(a)實驗組(使用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套).....	211
圖 4-44	前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)對應曝曬期間累積性日光紫外線(irradiance)之分佈與線性迴歸：(a)曝曬階段；(b)陰涼後階段.....	212
圖 4-45	戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在曝曬	

	階段隨標準化 UVI 與黑球溫度變化之逐週趨勢：(a)實驗組(使用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套).....	214
圖 4-46	戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在曝曬階段隨標準化 UVI 與環境溫度變化之逐週趨勢：(a)實驗組(使用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套).....	215
圖 4-47	戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在陰涼後階段隨標準化 UVI 與黑球溫度變化之逐週趨勢：(a)實驗組(使用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套).....	216
圖 4-48	戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在陰涼後階段隨標準化 UVI 與環境溫度變化之逐週趨勢：(a)實驗組(使用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套).....	217
圖 4-49	陰涼前階段經皮水分散失度(TEWL)對數值對應黑球溫度之散佈：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點).....	219
圖 4-50	曝曬階段經皮水分散失度(TEWL)對數值對應黑球溫度之散佈圖：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點).....	220
圖 4-51	陰涼後階段經皮水分散失度(TEWL)對數值對應黑球溫度之散佈圖：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點).....	221
圖 4-52	實驗皮膚濕度(skin moisture)對數值對應黑球溫度之散佈圖：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點).....	223

圖 4-53	曝曬階段皮膚濕度(skin moisture)對數值對應黑球溫度之散佈圖: (a)上臂內側(未曝曬點);(b)前臂外側(曝曬點).....	224
圖 4-54	陰涼後階段皮膚濕度(skin moisture)對數值對應黑球溫度之散佈 圖:(a)上臂內側(未曝曬點);(b)前臂外側(曝曬點).....	225
圖 4-55	陰涼前階段皮膚溫度(skin temperature)對應黑球溫度之散佈趨勢 圖:(a)上臂內側(未曝曬點);(b)前臂外側(曝曬點).....	227
圖 4-56	曝曬階段皮膚溫度(skin temperature)對應黑球溫度之散佈趨勢 圖:(a)上臂內側(未曝曬點);(b)前臂外側(曝曬點).....	228
圖 4-57	陰涼後階段皮膚溫度(skin temperature)對應黑球溫度之散佈趨勢 圖:(a)上臂內側(未曝曬點);(b)前臂外側(曝曬點).....	229
圖 4-58	曝曬階段環境溫度與黑球溫度對應皮膚溫度雙軸散佈圖:(a)實 驗組(使用袖套);(b)控制組(未使用袖套).....	232
圖 4-59	環境物理因子影響皮膚生理指標間因應熱環境變化之反應-時 程關係圖(*表環境物理因子對反應具加強效應、#表環境物理 因子對反應具抑制效應).....	263
圖 4-60	環境物理因子影響皮膚濕度(skin moisture)與經皮水分散失度 (TEWL)間因應熱環境變化之反應-時程關係圖.....	263

第一章 緒論

第一節 研究背景

戶外活動對人類來說是日常生活中極為重要的一環；對於從事戶外作業之勞工而言更是如此。當人類從事戶外活動時，人體會連續性地暴露於自然界中各種氣候因子下，進而影響人體的生理機能。這些氣候因子中多數屬於物理性因子，如日光紫外線輻射、空氣溫度、空氣濕度、大氣風速，及這些因子間可能存在的交互作用等。以上因子及其交互作用經由暴露均可能幅度不一地影響人體生理機能。若逾量暴露產生，人體的生理機能會透過反應機制之啟動適當地因應，以維持人體生理機能之衡定(homeostasis)，避免危害效應之發生。

日光是人類與萬物生存之必要要素；地球上生物生長與維持生命所需之能量皆由日光提供，而日光也是人類從事戶外活動時最直接接觸到的物理因子。根據波長由短至長可將陽光輻射分為紫外光(ultraviolet light, UV; 佔 8.3%)、可見光(visible light, VIS; 佔 38.9%)、以及紅外線(infrared light, IR; 佔 52.8%)⁽¹⁾。當日光照射至皮膚時，由於紫外線的波長短(100-400 nm)、能量高，因此對於人體皮膚生理反應之誘發影響最劇⁽²⁾。圖 1-1 所示為 UVA 與 UVB 進入人體皮膚深層的比例。穿透臭氧層到地表的紫外線主要由 UVA(波長為 315-400 nm)與少量的 UVB(波長為

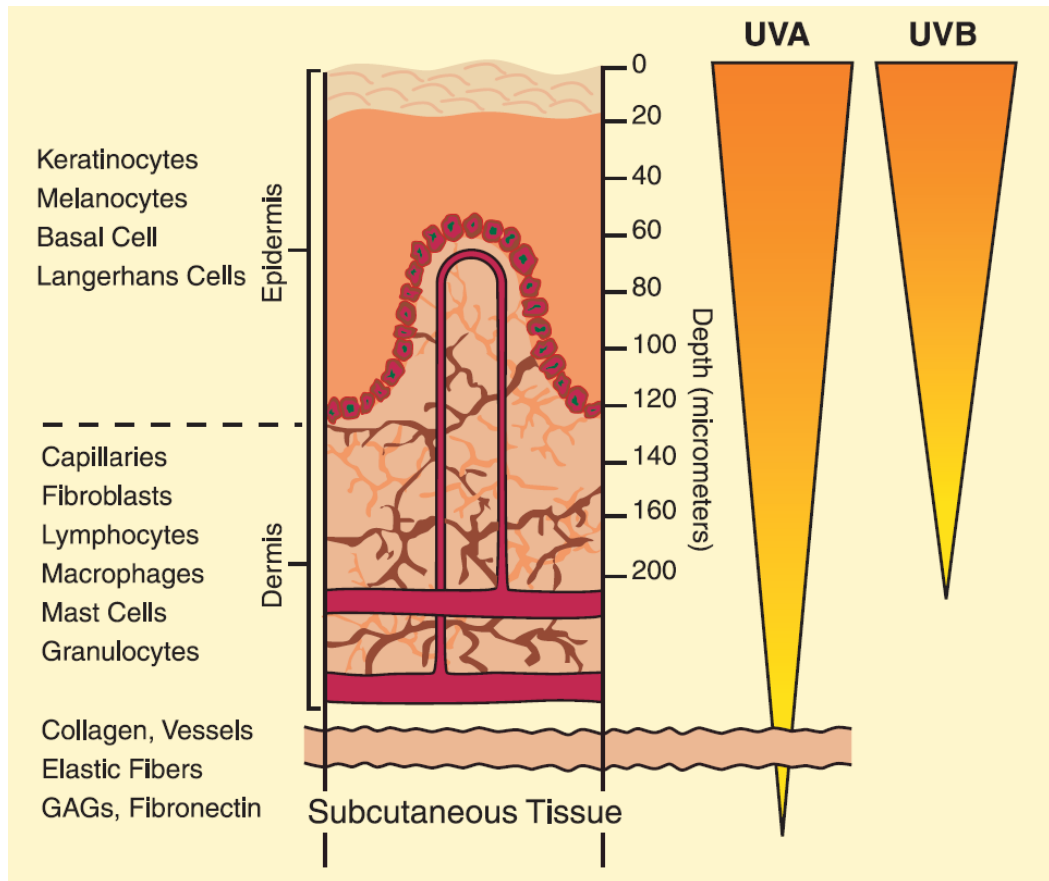


圖1 -1 不同波段紫外光(UVA 與 UVB)進入人體皮膚表皮層、真皮、及皮下組織的比例⁽³⁾

280-315 nm)所組成。其中 UVB 對人體所造成之傷害較 UVA 為高；過度日光曝曬對人體產生之危害約有 80%源自 UVB，另 20%則源自 UVA⁽⁴⁾。

圖 1-2 所示為紫外線抵達地表過程中可能影響輻射能量變化的主要環境因素。表 1-1 所示則為人體遭受過量日光紫外線曝曬時各部位所可能產生之急性與慢性健康危害與疾病症狀⁽⁶⁾。皮膚是人類身體最外層的器官，可以保護人體內部組織避免遭受外界傷害或破壞，因此於日光紫外線過度暴露時，皮膚產生負面健康效應的機率亦遠高於其他器官。皮膚遭受紫外線過度暴露時可能產生的不同異常皮膚生理與生化反應包括紅斑生成(erythema)⁽⁷⁾、表皮細胞異常增生(epidermal proliferation)^(8,9)、細胞凋亡(apoptosis)^(10, 11)、黑素沈澱(hyperpigmentation)⁽¹²⁾、以及免疫抑制(immunosuppression)^(13, 14, 15)等，但以上所述各現象皆為皮膚遭受過度曝曬後之後期臨床徵狀(clinical manifestations)。最近的研究則利用皮膚微血流(skin microcirculation)變化作為皮膚遭受過度紫外光曝曬時之前臨床指標(pre-clinical indicator)，藉以觀察日光紫外線曝曬對皮膚之先期影響，提前了解皮膚受紫外線傷害之可能性並及早提供保護措施。

過去數十年間工業活動蓬勃發展，人為化學物不斷產生。這些化學性產物許多已證實對生態環境可產生破壞。其中因為使用氟氯碳化物(chlorofluorocarbons)所產生之污染物不斷消耗平流層(stratosphere)中的臭

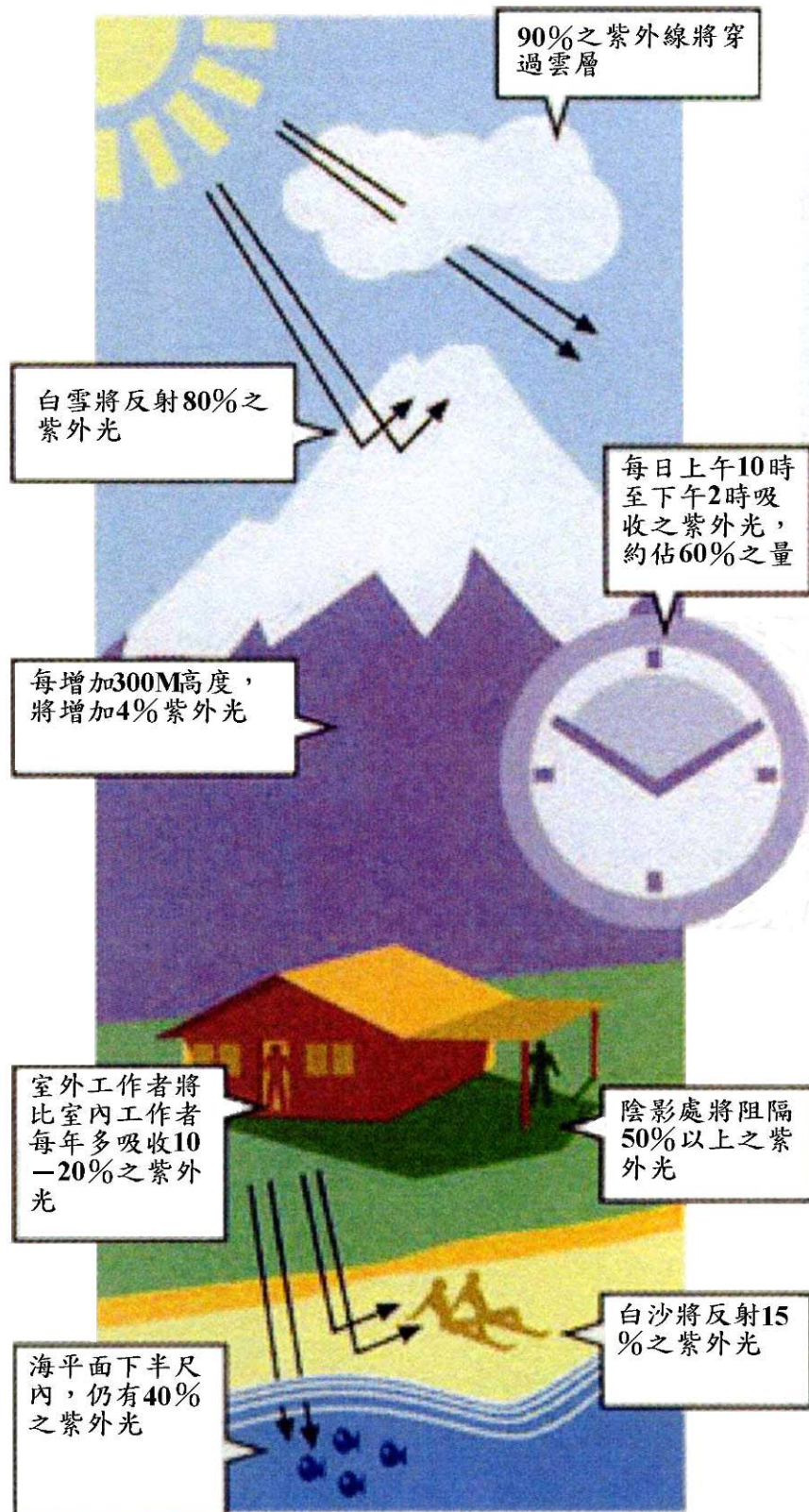


圖 1-2 日光紫外光抵達地表過程中可影響輻射能量變化之環境因子⁽⁵⁾

表 1-1 日光紫外線曝曬可生成之健康傷害、傷害部位、與疾病症狀

疾病	疾病與曝曬相關性	好發部位	症狀
黑素瘤	與兒童期曬傷密切相關	成人上背部、女性腿部	不規則色素長成鱗狀，有分泌物，流血肉瘤，外表變化有痛癢的感覺
非惡性黑素瘤	基底細胞癌及鱗狀細胞癌與慢性 UV 曝曬有關	耳部周圍、臉部、唇部、手部	淺膚色者易發可能穿透皮膚，傷害骨頭；形成鱗狀紅斑病變會延伸至其他部位
日光性角質化	日光曝曬為主因	手、手前肘、頸部 V 型部位	黑素瘤的前身；皮膚變厚、變紅、變粗糙
白內障與其他	眼翳、眼部周圍皮膚癌、視網膜的變質與退化	水晶體、眼部周圍	水晶體透明度損害，可能導致失明
免疫系統傷害	二十四小時曝曬可導致白血球的抵禦功能降低		過量的曝曬即使是深色肌膚者亦容易損害其身體的免疫機制

資料來源：行政院環境保護署—空氣品質監測網：紫外線監測—認識紫外線 <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/b12081.aspx>⁽⁶⁾

氧，造成大氣層抗阻紫外線之能力降低，導致抵達地表的紫外線劑量日漸增加，肇因於紫外線暴露所產生之健康危害風險亦日增⁽¹⁶⁾。日光輻射所產生之 UVB 大部分在日光穿越臭氧層時被吸收，但在臭氧層逐步遭受破壞的狀況下，過量的 UVB 可抵達地球表面，並對地球上的生物產生危害，包含增加人類罹患皮膚癌的可能性及前述之各型皮膚傷害⁽¹⁷⁾。就勞工而言，從事戶外作業者與在其他作業環境之勞工相較更易遭受高劑量的紫外線暴露，實為高風險之暴露族群。

到達地表之紫外線強度主要是以日光紫外光指數(Global Solar UV Index, UVI)表示。UVI 為全球通用的日光紫外線曝曬指標與警示系統，並提供一般民眾預防紫外線暴露可採取的合適防護措施⁽⁵⁾。UVI 預報值預測第二天正午時可能抵達地表紫外線之輻射強度；其數值可由 0 (例如夜晚)至 15 或 16 (高海拔之熱帶地區，且無自然遮蔽物處)。UVI 值愈高，表示紫外線輻射能量對皮膚與眼睛之危害愈大。當太陽升至最高點時，到達地表之紫外線最為強烈；但若太陽降至接近地平線時，紫外線之能量將會迅速地減少。一般而言，因紫外線曝曬而生成紅斑所需時間會受到許多因素影響：包括太陽高度、雲層總量、以及個人皮膚狀況(圖 1-2)。但當 UVI 值為 10 或更高時，大約只要 10 分鐘左右之曝曬即可能造成皮膚紅斑生成⁽⁵⁾。依據國際照明委員會(International Commission on Illumination, CIE)參考作用光譜所定義之 UVI 可表示為：

$$I_{uv} = k_{er} \cdot \int_{250nm}^{400nm} E_{\lambda} \cdot s_{er}(\lambda) d\lambda \quad (\text{Eq. 1-1})$$

Eq. 1-1 中 E_{λ} 為在波長 λ 時之太陽光譜輻射度，單位為 $W/(m^2 \cdot nm)$ ； $d\lambda$ 則是輻射度加總時使用的波長區段。 $S_{er}(\lambda)$ 為紅斑作用光譜； k_{er} 為一常數，在日光照射情形下之適用值為 $40 m^2/W$ 。當實際監測與報導 UVI 時，通常 UVI 會以「暴露等級」(exposure category) 再加以區分。如表 1-2 中所示，暴露等級在設計上類似於危害等級，主要目的在連結曝曬程度資訊與可使用的防護措施。

適宜的環境溫度與環境濕度亦是生物生長與維持生命的重要要素。然而，極端的溫濕度環境會對人體造成熱危害(thermal stress)。尤其目前地球溫室效應情形日益嚴重，夏季溫度屢創新高，故高溫高濕環境暴露所生成之健康效應危害日增。當暴露於極端溫濕度時，人體會透過生理反應(如排汗、增加體循環)維持生理平衡與避免有害的健康效應發生⁽¹⁸⁾。當人體無法負荷或透過生理機能釋放過多的熱量時，則可能會誘發熱暈厥(heat syncope)、熱衰竭(heat exhaustion)、脫水與電解質流失(dehydration and loss of electrolytes)等現象，嚴重時可至中暑(heat stroke)。熱危害普遍存在於許多戶外作業或高溫高濕之室內作業環境中，然而居住在熱帶與亞熱帶的居民，由於已適應該區域之氣候環境，因此較難察覺熱危害及

表 1-2 紫外線指數、對應曝曬級數與及相關防護措施

紫外線指數	曝曬級數	曬傷時間	防護措施
0~2	微量級		
3~5	低量級		
6~7	中量級	30 分鐘內	帽子/陽傘+防曬液+太陽眼鏡+儘量待在陰涼處
8~10	過量級	20 分鐘內	帽子/陽傘+防曬液+太陽眼鏡+陰涼處+長袖衣物+上午十時至下午二時儘量避免外出
11 以上	危險級	15 分鐘內	帽子/陽傘+防曬液+太陽眼鏡+陰涼處+長袖衣物+上午十時至下午二時儘量避免外出

資料來源：行政院環境保護署—空氣品質監測網：紫外線監測—認識紫外線(<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/b12081.aspx>)⁽⁸⁾

其可能產生的健康傷害⁽¹⁹⁾。圖 1-3 所示為暴露於熱環境時人體相對應之生理效應與可能產生之熱危害現象。當熱儲存比率(heat storage)大於 0 時，人體之核心溫度(core temperature)、皮膚血液流速(skin blood flow)與皮膚溫度(skin temperature)會增加。若因皮膚血液流速增加而使得血管擴張過快，則會導致血壓下降，進而引發腦部血流不足，產生熱暈厥或熱衰竭現象。人體常以增加排汗量降低核心溫度與皮膚溫度。若長時間處於流汗的狀況時，皮膚表皮易會產生汗疹(heat rash)；排汗量太高，則人體會流失大量水分與鹽份，造成脫水與熱痙攣。因大量或長時間的排汗導致汗腺疲勞(sweat gland fatigue)，或是因身體脫水後沒有適當地採取措施以降低體溫，體溫則會不斷的上升，最終導致中暑現象的產生。

傳統對於環境物理因子之暴露評估著重於對其在環境中所存在幅度變化之量測，如測量紫外線抵達地表之能量(以紫外線指數表示)⁽¹⁾或自然環境中大氣溫度與相對濕度之綜合強度(如綜合溫度熱指數；Wet-Bulb Globe Temperature Index, WBGT)⁽¹⁹⁾，而非直接評估當人體暴露於此類環境時可能產生之生理效應及潛在健康危害為何(如上述物理力之環境變化量與生理效應間之對應關係)，故一般大眾難以確切明瞭過度紫外線與熱危害暴露所造成之健康風險，亦無法確知其採取之防護措施是否適當。

第二節 研究之重要性

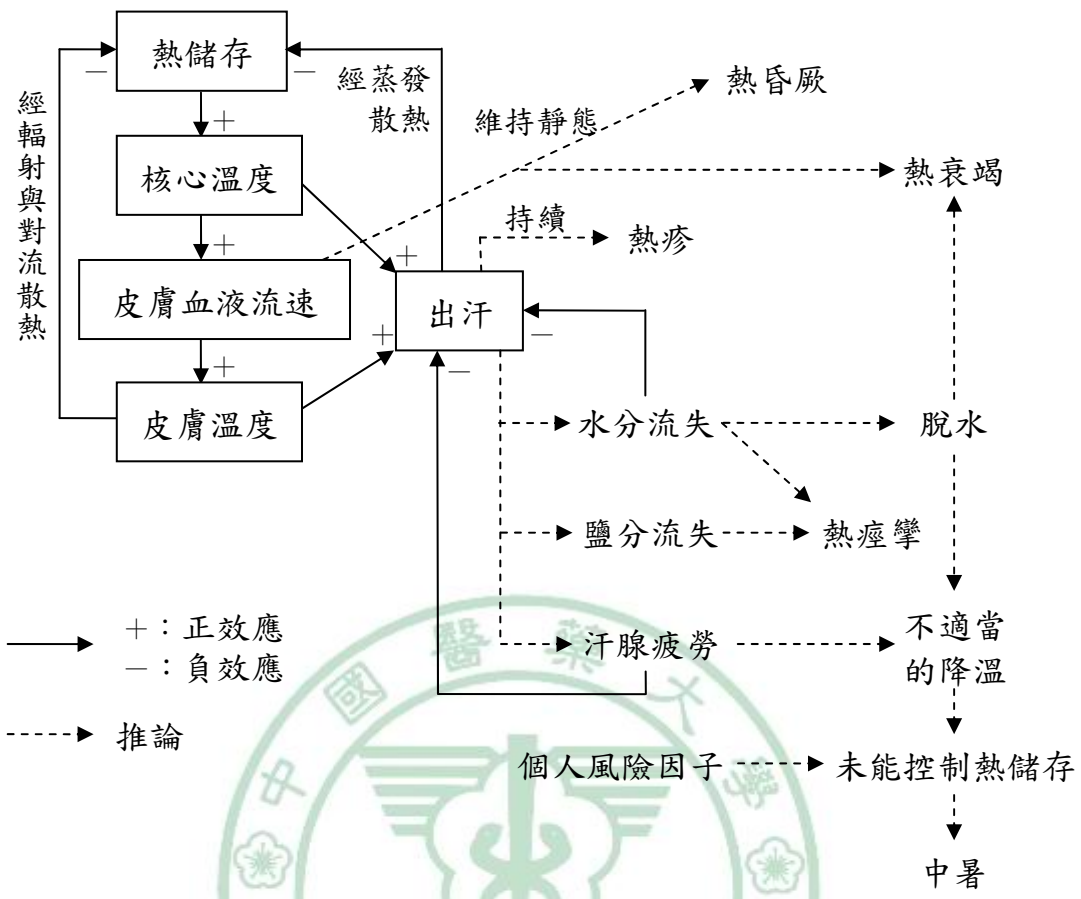


圖 1-3 暴露於熱環境時人體生理效應與可能產生之熱危害⁽¹⁸⁾

近年來，隨著自然環境不斷地改變，紫外線暴露與熱危害議題逐漸地受到重視，國人使用防曬措施意識逐步提升。在防止過度日光紫外線曝曬方面，主要防護方式包含使用不同防曬係數(Sun Protection Factor, SPF)之防曬霜或防曬乳液(sun screens or lotions)、使用防曬衣物(如穿戴不同材質防曬袖套；sun-protective gloves)、或如環保署所建議之避免於日曬強烈時段出外活動、及於外出時尋求建築物陰影遮蔽等。在使用防曬霜或防曬乳液方面，陳玉潔⁽²⁰⁾發現防曬乳液可降低因日光紫外線曝曬所引起之急性皮膚紅斑生成，但其防護效應隨施用時間之增加而降低，且因個人使用習慣不同而有顯著差異。一般而言，市售防曬霜或防曬乳液之保護時限僅 30 分鐘，逾 30 分鐘後須再補充防曬霜或乳液，此舉對於從事戶外作業之勞工而言十分不便，故此類作業勞工往往採取穿戴防曬袖套以避免遭受過度日光紫外線暴露而導致健康傷害。目前市售之防曬袖套多以棉質材質為主，宣稱具有阻抗紫外線之效果，可防止使用者皮膚因紫外線暴露而曬黑或曬傷。但其確切之防護效能則欠缺系統性之探討。此外，以棉質為主之防曬袖套在濕熱地區如我國使用時，對使用者熱舒適之影響甚或引發熱危害之潛能亦急須釐清。因此，本研究將以特定皮膚生理指標為工具，評估防曬袖套之使用對因應日光紫外線曝曬所引起之短、長期傷害之防護效能，並討論防曬袖套是否適用於在我國夏季一般民眾可能面臨之濕熱環境。

第三節 研究目的

本研究透過皮膚生理指標之短期與累積性變化，評估防曬袖套對日光紫外線輻射之防護效能，並同時檢驗其使用對人體熱舒適可能產生之影響。此外探討前述效能及影響隨不同環境物理因子變異量及其交互作用可產生之變化，以建立量化關係與發展預測模式。研究所探討之環境物理因子包括環境溫度、環境相對濕度、環境風速、及自然日光紫外線輻射；所使用之前臨床皮膚生理指標為皮膚微血流變化(skin capillary blood flow, SCBF)，臨床皮膚生理指標包括經皮水分散失度(transdermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚溫度(skin temperature)、紅斑生成(erythema)、及黑色素沉澱(pigmentation)。此外，本研究亦將評估主觀熱舒適感與客觀皮膚生理反應間，在遭受不同環境物理因子影響與使用防曬袖套與否之狀況下，可能存在之差異。具體研究目的包括：

1. 評估各皮膚生理指標在使用及未使用防曬袖套之狀況下，隨環境物理因子變異所產生之改變，進而量化比較防曬袖套之使用對人體散熱需求之影響；
2. 利用皮膚生理指標在熱環境改變時之改變順序及幅度，討論皮膚因應熱環境改變時散熱行為過程中各皮膚生理指標間之時序關係，特別是前臨床指標與臨床指標間之關係；

3. 藉由短期與累積性紅斑生成及黑素沉澱之變化，量化評估防曬袖套之防護效能；並比較防曬袖套與防曬乳液⁽²⁰⁾二者使用時之效能差異；
4. 觀察在熱環境轉換與自然日光紫外線暴露狀況下，實驗參與者之主觀熱舒適認知與客觀生理指標間之差異如何受防曬袖套使用之影響；
5. 評估使用世界衛生組織建議之保護機制(包括防曬乳液、防曬袖套、戶外陰影遮蔽)時，相對於直接遭受日光曝曬狀況，日光紫外線與不同皮膚生理指標間劑量-反應關係之改變，並進行以皮膚生理指標為基礎之危害減量分析。

第四節 研究假設

本研究之主要研究假設包含：

1. 自然紫外線輻射可誘發皮膚急性與慢性生理變化；日光紫外線強度愈高，所產生之急性與慢性效應愈趨於嚴重；
2. 相較於室內環境，存在於戶外環境之環境物理力多了自然輻射熱，此輻射熱會影響人體皮膚生理機制，尤以皮膚溫度此生理指標受影響最顯著。
3. 皮膚生理因日光紫外線輻射所產生之變化幅度在使用防曬袖套時與未使用防曬袖套時不同；特定皮膚生理變化可適切反應防曬袖套對日光紫外線輻射之抗阻效能；

4. 人體遭受日光紫外線與環境溫濕度影響時，個體間之主觀熱感知(thermal sensation)隨個人感受不同而具差異顯著，但愈是處於極端環境下，主觀熱感知愈趨近一致；作為評估環境物理力影響之工具，主觀熱感知與客觀生理指標間之關聯性隨所觀察之生理指標不同，呈現不同程度差異。

第五節 名詞界定

1. 紫外線(ultraviolet light, UV)：抵達地表之日光由紅外線(infrared light, IR；佔52.8%)、可見光(visible light, VIS；佔38.9%)與UV(佔8.3%)所組成；紫外線可依波長區分為UVA(315-400 nm)、UVB(280-315 nm)與UVC(100-280 nm)。當紫外線通過大氣臭氧層時，UVC與絕大部分的UVB會被臭氧吸收，而UVA則不受影響。因此，能夠抵達地表之紫外線主要由UVA(約98%)與少量的UVB(2%)所構成。
2. 紫外光指數(Global Solar UV Index, UVI)：UVI為目前表示日光紫外線到達地表強度之主要指標，其指數可由0至15或16，暴露等級區分為微量、低量、中量、高量與過量，單位為 $100 \text{ J/m}^2/\text{hr}$ 。在正常的強況下，出現紫外線指數最高時段通常為每日12時至14時之間。
3. 皮膚微血流測量所運用之雷射-都卜勒(Laser Doppler)技術：原理為皮膚動靜脈組織中之微血管可因應皮膚對於外界物理性、化學性或生物

性危害調節之需而產生微血流通量(perfusion flux)及紅血球移動速率量變化，進而使得射入皮膚表面(表皮深度1 μm 處)之雷射光折射量產生改變，構成血流量量化量測之基礎。

4. 皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)：當皮膚遭受物理性、化學性或生物性危害之初期傷害，人體修復機能為供給受傷細胞足夠養分而增加皮膚微血流量。皮膚微血流亦可因微氣候(microclimate)之改變而產生變化，如在高溫高濕環境中皮膚微血流量增加以釋放多餘體熱。
5. 皮膚障壁功能(skin barrier function)：皮膚是人類表面積最大之器官，且為人體阻擋外來危害之第一道防線，亦有防止體內水分散失之功能，這些功能總稱為皮膚障壁功能。皮膚障壁功能主要提供者為表皮最外層之角質層(stratum corneum)，其主要由扁平長型角質細胞與環繞細胞周圍之脂肪所構成；厚度因部位而異，一般介於10-20 μm 間。對於皮膚傷害與吸收物質程度，皮膚障壁功能是最重要之評估依據。
6. 經皮水分散失量(transepidermal water loss, TEWL)：此一指標廣泛應用於評估皮膚障壁功能；測量方式為量測人體表皮水分以蒸氣型態、在未自覺出汗之狀況下、採被動擴散方式逸散至大氣中之多寡。當皮膚遭受物理性、化學性或生物性危害時會破壞皮膚障壁功能，此時所測量之TEWL會比一般健康皮膚高。

7. 紅斑生成(erythema)：當皮膚受到傷害時，人體修復機能為供給受傷細胞足夠養分而增加皮膚微血流量，但若微血流量高於微血管擴張速度時，則會導致紅斑生成。一般人體皮膚之紅斑生成會受到傷害後24至72小時之間達高峰。
8. 黑色素沈澱(pigmentation)：日光紫外線能量的吸收是影響黑色素沈澱的主要因素；當紫外線照射至皮膚時會活化黑色素細胞(melanocyte)中的酪胺酸酶(tyrosinase)，進而誘發黑色素(melanin)生成，亦稱為黑色素生成(melanogenesis)或曬黑(suntan)。此一反應可增加皮膚抵抗紫外線之危害，而顏色較深的皮膚能防禦能量較高的紫外線。一般人體皮膚之色素沈澱會在皮膚受紫外線曝曬後7至14日達高峰。
9. 最小皮膚致紅劑量(minimal erythema dose, MED)：皮膚受日光紫外線照射時所產生之曬傷現象(sunburn)可利用MED表示。MED為一客觀量測皮膚對紫外光耐受力之方式，數值愈高表耐受力愈好，亦即在相同的日光紫外光強度下需要較長的曝曬時間才會出現曬傷，其單位為每單位面積之微焦耳數(mJ/cm^2)。測量方式是將從未曝曬日光之皮膚(如背部或臀部等)分為數個單位，各單位分別以由低到高不同劑量之紫外光曝曬10分鐘，而後觀察於24小時(皮膚紅斑反應標準時間)內能使單一單位完整曝曬面積完全變紅之紫外線劑量。
10. 皮膚溫度(skin temperature)：一般人體皮膚平均溫度為 33°C ，但皮膚溫

度會隨著環境溫度而變化。同時與TEWL 及皮膚濕度相較，皮膚溫度與主觀熱舒適感之關聯性最高⁽²¹⁾，故為評估人體熱舒適時之重要參考指標。

11. 皮膚濕度(skin moisture)：為水分停留在皮膚表面之含量，此指標不但會受環境氣候因子影響(如溫度、濕度等)，且個人排汗量差異亦會造成皮膚濕度的改變。
12. 熱舒適(thermal comfort)：美國冷凍空調技師協會(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE)對熱舒適之定義為人體對於周遭環境(微氣候)舒適度之主觀滿意狀態。影響熱舒適的因子包含空氣溫度(air temperature)、平均輻射溫度(mean radiant temperature)、風速(air movement)、相對濕度(relative humidity)、衣著量(insulative clothing)與人體活動程度(activity level)。
13. 熱感知投票值(thermal sensation vote, TSV)：為受試者對環境主觀舒適感覺之分數。於ASHRAE Standard 55問卷中將TSV分為7個等級，分別為-3(冷)、-2(涼)、-1(微涼)、0(剛好)、1(微暖)、2(暖)、及3(熱)。
14. 熱危害(thermal stress)：當周遭熱環境之變化造成人體主觀感受或生理反應產生危害性異常變化時，該熱環境即構成熱危害之環境(如極高溫或極低溫環境)。熱危害常以熱危害指數(Heat Stress Index)與綜合溫度熱指數(Wet-Bulb Globe Temperature Index)作為評估指標。

15. 綜合溫度熱指數(Wet- Bulb Globe Temperature Index)：由有效溫度指數(Effective Temperature, ET)與修正有效溫度指數(Corrected Effective Temperature, CET)發展而來；過去用於評估與控制美國陸軍軍事訓練營之環境熱危害，目前則被廣泛地應用在評估工業熱危害。WBGT 可用公式直接計算，計算方式依室內/無日曬與室外/有日曬之情況分別表示為： $WBGT_{indoor} = 0.7 T_{nwb} + 0.3 T_g$ 與 $WBGT_{outdoor} = 0.7 T_{nwb} + 0.2 T_g + 0.1 T_{db}$ ，其中 T_{nwb} 為自然濕球溫度； T_g 為黑球溫度； T_{db} 則為乾球溫度；單位以攝氏或華氏呈現。
16. 水蒸氣分壓(aqueous vapour pressure, vp_a)：由於水汽的存在而增加的氣壓，稱為水蒸氣分壓。水蒸氣分壓越高表示空氣中含水汽的量越多。水蒸氣分壓於世界氣象組織技術規範屬於溼度的表示方法之一。
17. 絕對溼度(absolute humidity)：一定體積的空氣中含有的水蒸氣的質量，一般其單位為 g/m^3 。絕對濕度的最大值為飽和狀態下的最高濕度。絕對濕度只有與溫度對照判讀才有意義，因為空氣中能夠含有濕度的量會隨溫度而變化，且於不同的高度中絕對濕度亦不同，因為隨著高度變化空氣的體積亦會隨之改變。但絕對濕度越靠近最高濕度，它隨高度的變化就越小。
18. 相對溼度(relative humidity)：是指氣體中，水蒸氣的分壓除以飽和蒸氣壓的百分比率。也就是絕對濕度與最高濕度之間的比，其值顯示水蒸

氣的飽和度有多高。在測量當時的氣溫下，空氣中之水分含量達至飽和，相對濕度就是100%。

- 19.輻射熱殘留：人體於曝曬時直接遭受日光紫外線照射，但曝曬時所接收到之輻射熱能量並不因離開日光直射環境而立即消失。此輻射熱能量隨離開日光直射環境之時間增加而逐漸減弱。



第二章 文獻回顧

人體表皮遭受紫外線曝曬時可能產生多種反應，包括曬傷、細胞異常增生、及表皮滲透性屏障損傷等。有關因自然日光曝曬導致之皮膚生理變化研究資料迄今有限，且相關科學研究鮮少量化日光紫外線造成之皮膚傷害。近年來日光紫外線暴露造成之皮膚傷害相關研究主要使用人工模擬紫外光照射啮齒類動物之角質層及表皮層，並觀察其皮膚生理變化⁽²²⁾；所觀察的皮膚生理變化主要為皮膚微血流變化、紅斑生成、及色素沉澱。在職業衛生領域亦常以經皮水分散失度(TEWL)作為評估皮膚障壁功能的指標。皮膚濕度為另一常見之生理指標，但以其作為評估皮膚表面含水量受環境溫濕度與日光紫外線輻射影響變化之工具尚不常見。

在熱舒適研究方面，主要調查方法包括：1)利用可控制室內微氣候(microclimate)之環境暴露艙(environmental exposure chamber)進行比對微氣候變因與主觀熱感知關聯性之實驗；2)利用戶外實際調查(field survey)研究對應各種場域與氣候之熱舒適需求。調查人體熱舒適之方法泰半以問卷方式半量化評估受測者對熱環境之感知(thermal sensation)⁽²³⁾。有關自然日光暴露對於人體熱舒適變化之研究較少；吳介銘⁽²¹⁾與陳玉潔⁽²⁰⁾利用美國冷凍空調技師協會(American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers, ASHRAE) Standard 55⁽²⁴⁾標準問卷為基礎所發展之中文問卷，分別調查遭受日光紫外線曝曬時不同性別與使用防曬乳

液與否人員熱感知之差異。此外亦有研究使用人工模擬紅外光照射至人體皮膚，觀察皮膚溫度與熱感知之變化幅度⁽²⁵⁾。

以下分別介紹本研究中所探討之皮膚生理指標：

第一節 反應微氣候改變之皮膚生理現象

2.1.1 經皮水分散失度

TEWL 為評估皮膚障壁功能及生理衡定時常用的指標。TEWL 量測水分以蒸氣之型態從體內透過表皮蒸發逸散至空氣中的量，據以評估皮膚阻絕內外環境之障壁功能是否正常。在未自覺出汗的狀況下，TEWL 數值愈大，代表皮膚的屏障效能愈低⁽²²⁾。美國國家職業安全與衛生研究院(National Institute for Occupational Safety and Health)於近年訂定以 TEWL 評估工業化學物暴露導致皮膚障壁功能損害之標準⁽²⁶⁾。過去研究顯示出，當人類皮膚遭受紫外線輻射暴露時，皮膚障壁功能完整性所受之傷害與紫外線波長和強度(暴露劑量)有關。去毛鼠或小鼠之皮膚當遭受：1)單一、高劑量的 UVB 曝曬⁽²⁷⁾；2)重複、低於可引起紅斑生成劑量之 UVB 曝曬⁽²⁸⁾；3)UVA 與 UVB 同時曝曬時，TEWL 皆呈現上升趨勢⁽²⁹⁾。

皮膚表皮能保護人體免於遭受外界各種物理性、化學性之傷害。皮膚表皮層為一具滲透性之障壁；此障壁主要由角質層細胞及細胞間質中存在的脂質(intercellular lipids)所組成。這些脂質包含神經醯胺(ceramides)、

膽固醇(cholesterol)、游離脂肪酸(free fatty acids)，以及微量的非極性脂肪與硫酸固醇(cholesterol sulfate)等。Meguro *et al.*⁽³⁰⁾研究經單一劑量(2單位之最小致紅劑量；minimum erythema dose, MED)或連續劑量(每日0.5單位之MED；共14天)之UVB照射後，角質細胞間脂質多層結構之變化。此研究結果發現暴露三天後，去毛鼠皮膚之TEWL顯著地上升，且以共價方式結合的神經醯胺含量明顯下降，說明神經醯胺是維繫皮膚障壁功能之重要成分。Akitomo *et al.*⁽³¹⁾ 利用TEWL評估倉鼠(hamsters)背部皮膚角質層因紫外線照射產生之皮膚表面脂肪過氧化(lipid peroxidation)對其皮膚障壁功能之影響；發現若將膽固醇先施放至皮膚上，再以能誘發耳朵紅腫現象之最小UVB劑量(minimum ear-swelling dose)照射時，與只單獨照射UVB的部位相比較，實驗部位的TEWL上升了至少2倍。綜合上述研究之發現建議：UVB在活體實驗中(*in vivo*)可直接活化皮脂腺之功能並促進脂肪之分泌，而在紫外線照射時上述脂肪發生過氧化反應，進而使得皮膚障壁功能遭受損害。Jiang *et al.*⁽³²⁾評估鼠類皮膚角質層中細胞間脂質經UVB照射後之反應。實驗以單一劑量之UVB (0.15 J/cm²)照射去毛成鼠的皮膚，並以TEWL作為評估障壁功能之依據。研究結果顯示單一劑量的UVB輻射能夠顯著地增加TEWL值—TEWL於照射UVB後第二天開始上升，並於第四天時到達高峰。實驗中利用電子顯微鏡觀察細胞間區域所發生、顯著的異常型態(morphological abnormalities)狀況；異常的型態包

括層板顆粒(lamellar granules)之組成改變、其於表皮角質層(stratum corneum)與粒狀層(stratum granulosum)間之含量變化、以及角質細胞中細胞核之不易釋出。

2.1.2 皮膚濕度

日光紫外線輻射亦能對皮膚濕度產生影響，但目前相關之研究仍然有限。Li *et al.*⁽³³⁾使用人工模擬UVB光源($725 \pm 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$)，以每日6小時、連續3天照射飼養在恆溫室內空間(23°C)之大鼠(Sprague-Dawley rats)皮膚；研究發現在第一天曝曬0至2小時時，皮膚濕度呈現下降趨勢，隨後則逐漸回升，但未能恢復至原先正常情況。第二天皮膚濕度呈現之趨勢與第一天相同，但其數值高於第一天之量測值。第三天皮膚濕度則出現連續下降趨勢，此顯示皮膚已遭受累積性傷害，故皮膚表皮障壁功能明顯下降。

2.1.3 紅斑生成與黑素沉澱

遭受紫外線照射時，人體皮膚產生最明顯的生理反應為紅斑生成與黑素沈澱。紅斑生成以及黑素沈澱與膚色、年齡、曝曬位置、紫外線波長、及曝曬劑量有相當的關聯⁽³⁴⁾。此兩種指標對因紫外線曝曬或其他危害所造成之皮膚病理或生理反應具有高再現性且簡單明瞭的優點。紅斑生成及黑素沉澱常分別以紅斑指數(erythema-index, E-index)以及黑素指

數(melanin-index, M-index)表示⁽³⁵⁾；兩者亦是許多研究中觀察紫外線暴露數小時乃至數天後生理反應變化選用的指標。

Farr and Diffey⁽⁷⁾以 E-index 評估紫外線曝曬後的健康效應，發現所測得的紅斑生成與紫外線劑量之對數值呈線性關係。此外，Diffey *et al.*⁽³⁶⁾於 1987 年的研究調查顯示：皮膚經 UVA 與 UVB 照射後 24 小時之曝曬劑量對數值與紅斑生成值之迴歸模式雖未顯示顯著的劑量-反應關係，但 UVA 照射後的紅斑生成為雙相(biphasic)反應：紅斑經照射後立即顯現，並於曝曬後 6 至 24 小時間上升至並維持穩定在高峰。Park *et al.*⁽³⁷⁾利用螢光燈源所產生之寬頻中波長 UVA 與 UVB 射線照射皮膚表面，並以 E-index 與 M-index 檢驗因紫外光暴露生成之皮膚顏色變化過程。研究結果發現照射後第 1 天時 E-index 為最大值，而後逐漸下降，惟經過 28 天後仍無法回復至皮膚原先情況；而 M-index 則緩慢上升，直到第 7 天時到達高峰。Suh *et al.*⁽³⁸⁾在為期六個月的研究中，觀察寬頻中波長 UVA (BBUVA)、窄頻中波長 UVB (NBUVB)、以及寬頻中波長 UVB (BBUVB) 照射所導致之紅斑生成與色素沈澱隨時間的反應變化；實驗結果發現經 BBUVA 照射後 1 小時內紅斑生成與色素沈澱最為明顯。若分別以 NBUVB 與 BBUVB 輻射誘發皮膚紅斑生成，則紅斑生成分別在照射 1 天與 2 天後情況最為嚴重；照射 NBUVB 後 3 到 6 天之間皮膚色素沉澱達到最大，而照射 BBUVB 則需要 4 到 7 天。皮膚照射 NBUVB 與 BBUVB 後分別

須 1 個月與 3 個月方能恢復至原本膚色。

2.1.4 皮膚之微血流變化

皮膚微血流變化主要利用雷射-都卜勒(laser Doppler)技術進行測量，常應用於診斷與皮膚微血流變化相關之醫學症狀，如手-手臂振動症候群(hand-arm vibration syndrome，簡稱 HAVS)^(45, 46)或與由交感神經引起之血管收縮⁽⁴⁷⁾。Laser Doppler 技術之測量原理為皮膚動靜脈組織中之微血管可因應皮膚溫度調節之需而產生血流量變化，進而使得射入之雷射光折射量改變，構成血流量量化量測之基礎⁽⁴⁸⁾。近年來，一些研究利用皮膚微血流變化評估源自人工 UV 光源曝曬所產生之紅斑生成因應人體使用抗氧化物而生成之改變。Dreher *et al.*⁽⁴⁹⁾使用非侵入性的生物工程方法，包括皮膚膚色和皮膚微血流，評估維生素 E/C 與 melatonin 共同施用時，對曝曬 30 分鐘之寬頻 UV 輻射可產生之協力防護作用；Perugini *et al.*⁽⁵⁰⁾利用測量皮膚障壁功能、表皮顏色變化及皮膚微血流改變研究化妝品成分中橄欖多酚(oleuropein)(由橄欖葉葉子和橄欖油萃取之酚類化合物)降低因 UVB 曝曬導致紅斑生成之效能。當環境熱因子改變時，同時也可使用 laser Doppler 評估皮膚微血流之變化；如曾有研究觀察手或手指進入可控溫之水池，對應環境溫度之冷熱改變，觀察皮膚局部微血管之收縮反應^(51, 52)。然而，使用 laser Doppler 所量測之皮膚微血流變化評估因熱

環境改變所引起之健康危害仍屬於發展初期，未臻成熟。以上述研究來講，均利用水浴加熱或降溫製造與一般環境變化顯著偏離之熱環境變化(游泳池除外)；此外當手或手指進入水池時，皮膚局部微血流適應熱環境之機制，當與反應空氣中之熱變化利用排汗散熱之現象不同。

第二節 TEWL、皮膚濕度、與紅斑生成受溫度影響之測量

人體大多數的生理組織皆會受到溫度影響。Youn *et al.*⁽³⁹⁾發現：啮齒類動物之皮膚若於紫外線照射前後改變周遭之環境溫度，可影響皮膚微血流以及發炎反應之幅度，並同時影響因紫外線輻射所導致的紅斑生成與色素沈澱。目前以紫外線照射前後皮膚表面溫度變化為主題的研究並不廣泛；但少數研究亦發現皮膚表面溫度可因紫外線曝曬而改變，並對 TEWL 與皮膚生成紅斑之程度造成影響。Thiele *et al.*⁽⁴⁰⁾研究去毛鼠遭受紫外線與臭氧同時暴露後皮膚溫度的改變，觀察到 TEWL 與皮膚溫度兩者間具顯著關係。Shea and Parrish⁽⁴¹⁾於其 1982 年的研究中發現，當以 UVB(290-320 nm)照射人類皮膚時，紅斑生成之閾值劑量會在皮膚冰敷狀況下(以 20°C 或更低溫度之水袋於 UVB 照射後立即冰敷 1 小時)較高；閾劑量之提升以照射後 4 至 6 小時後最為明顯。Shea and Parrish 的研究結果建議：可引起發炎反應之訊號物質會因冰敷而改變擴散方式，因而造成皮膚血流反應之變化，或是改變皮膚細胞修復因紫外線曝曬而產生損

害之能力。

皮膚濕度為水分停留於皮膚表面之含量，其功用為調節皮膚散發體熱⁽⁴²⁾。由於水具有高比熱之特性($S=1$)，對濕度較低的皮膚而言，其比熱較正常狀況為低，因此只要環境溫度稍加變化，即可以造成皮膚溫度顯著變化；也因此過於乾燥之皮膚會具有較高皮膚溫度，且無法透過散發熱量來達到避免曬傷的狀況⁽⁴³⁾。McLellan *et al.*⁽⁴⁴⁾於不同環境溫度(16, 24, 32°C)與相對濕度($35 \pm 10\%$)情況下，於暴露艙中進行量測實驗，測量受試者於熱適應後腳掌、下背處與手掌背部皮膚濕度變化，其量測時間為 15 分鐘。研究結果發現受測者之腳掌皮膚濕度隨環境溫度升高而增加。

第三節 環境相對濕度與水蒸氣分壓之關係及其對 TEWL 及皮膚濕度之影響

從皮膚表皮逸散水分之多寡主要取決於皮膚表面和空氣中之水蒸氣壓力差，Winslow⁽⁵³⁾提出以下公式說明上述現象：

$$E/A = k (vp_s - vp_a) \quad (\text{Eq. 2-1})$$

式中之 E/A 為每單位面積皮膚表面所蒸散之水蒸氣量(單位為 $\text{kg}\cdot\text{cal}/\text{m}^2$)， k 為一空氣流動常數，數值為 $7.5 \text{ kg}\cdot\text{cal}/\text{m}^2/\text{mmHg}$ 。 vp_s 代表皮膚表面之水蒸氣壓力(單位為 mmHg)； vp_a 代表空氣中之水蒸氣壓力(單位為 mmHg)。

此外，空氣中水蒸氣壓力亦可以以下公式換算：

$$vp_a = rh_a \in(T_A) \quad (\text{Eq. 2-2})$$

公式 Eq. 3-2 中之 rh_a 為空氣中之相對濕度， $\in T_A$ 表示空氣中於測量當下溫度之飽和蒸氣壓(單位為 mmHg)。當空氣溫度恆定時，人體皮膚濕度會隨空氣中之相對濕度上升而增加。Mole⁽⁵⁴⁾提及，人體皮膚濕度取決於以下四點因素：水分經由擴散方式通過皮膚之程度、皮膚溫度、環境中之水蒸氣壓力、及空氣中之流動率。

第四節 使用防曬袖套對防止日光紫外線暴露傷害之效能

近年來皮膚癌逐漸受到國人重視，大多數之皮膚癌可透過減少日光紫外線曝曬和正確使用防曬機制有效預防⁽⁵⁵⁾。防曬機制可進一步可區分為物理性與化學性，物理性防曬是將太陽光反射或散射，因而具有同時防禦 UVA 和 UVB 的功能；化學性防曬則利用化學防曬劑直接吸收紫外線，達到防曬效果。本研究中採取之防曬袖套屬於物理性防曬措施。Salas *et al.*⁽⁵⁶⁾研究農場工人長期暴露於紫外線輻射下使用不同防護措施之頻率，發現平均年齡為 33 歲之男性農場工人中，使用長袖衣物作為防曬措施的比率高於選擇以防曬乳液作為防曬措施之工人。由以上結果顯示，對於戶外作業之勞工而言，使用長袖衣物或防曬袖套作為防止日光紫外線過度

暴露之便利性較高，此亦為本研究選擇防曬袖套作為研究焦點之主因。

第五節 濕熱環境變化對皮膚生理反應及主觀熱感知之影響

在熱環境對人體皮膚生理反應現象之影響方面，吳介銘⁽²¹⁾於人工氣候暴露艙中預設環境溫溼度調查皮膚生理指標與人體熱舒適感隨環境溫濕度改變所產生之變化，以評估於日常活動中因遭受熱危害因子人體客觀與主觀反應之變化趨勢與反應幅度。該研究選定之皮膚生理反應包含 TEWL、皮膚溫度、皮膚濕度、E-index 與 M-index；主觀熱舒適感則以 ASHRAE Standard 55⁽²⁴⁾ 標準問卷之中文問卷調查。其研究結果顯示：TEWL 與皮膚溫度顯著地隨環境溫度改變呈線性變化，但受相對濕度之影響較小；皮膚濕度為各皮膚生理指標中唯一可同時反應環境溫度與相對濕度影響者。皮膚生理指標間反應時程關係為：皮膚溫度直接反應環境溫度，其次因應散熱需求皮膚濕度顯著上升；而後隨皮膚濕度漸趨飽和，TEWL 顯著上升增加水分排出。熱感知投票值(thermal sensation vote, TSV)隨環境溫濕度上升而增加，尤以環境溫度最為明顯。

調查男女熱舒適差異研究大都於實驗室或以實地調查(field survey)方式進行。因為對熱環境舒適之主觀認知因人而異，故不同性別對熱舒適認知之影響較不易觀察，而該影響亦鮮少透過結合熱舒適調查與皮膚生理反應觀測決定。Hwang *et al.*⁽⁵⁷⁾ 利用 ASHRAE Standard 55⁽²⁴⁾ 之室內熱

感知問卷調查台灣中南部 7 所大學 36 間教室(26 間設有空調系統，10 間為自然通風)學生之熱舒適與熱接受度，結果顯示：在相同微氣候條件下，男女生之 TSV 具統計上顯著差異(p -value = 0.03)。Lan *et al.*⁽⁵⁸⁾透過實驗量測中國籍受測者之心率變異度(heart rate variability, HRV)與 17 個身體部位皮膚溫度受環境溫度變化之影響，發現皮膚溫度隨著操作溫度(operative temperature)增加而升高，且男性平均皮膚溫度高於女性 0.5°C。男性於熱環境之 HRV 高於冷環境，女性恰好相反；女性除於冷環境之 HRV 高於男性外，其餘環境下之 HRV 皆低於男性，顯示女性對冷環境之敏感度較男性為高。該研究亦使用 ASHRAE 問卷調查受試者對於環境溫濕度之熱舒適感，發現女性對於溫度變化之敏感度高於男性，但男性則對濕度敏感度較高。男女間之 TSV 未有顯著差異；女性感覺舒適之室內操作溫度(comfortable operative temperature; 26.3°C)高於男性(25.3°C)。

第六節 戶外日光直射處與遮蔭處之紫外光量差異

太陽輻射抵達地表所產生之紫外光輻射能量，隨地表之海拔、坡度、坡向、及陰影遮蔽等因素不同產生變化⁽⁵⁹⁾。避免直接日光曝曬可降低因遭受紫外光輻射曝曬所產生之病變；樹蔭、屋簷、騎樓等遮蔽物可部份阻擋紫外光輻射對皮膚產生之直接曝曬⁽⁶⁰⁾。Turnabull *et al.*⁽⁶¹⁾利用因應太陽紫外線輻射生成維生素D₃之生成量，於澳洲比較全日光直射與日光於

遮蔭處反/折射對人體產生暴露量間之差異。研究發現：太陽天頂角(solar zenith angle, SAZ)為 5° 時，受測者於全日光直射處(輻射強度為 0.67 W/m^2)所產生之維生素 D_3 大於在遮蔭處產生之維生素 D_3 生成量(0.20 W/m^2)。

第七節 皮膚生理指標間因應環境熱因子變化之反應-時程關係

陳玉潔⁽²⁰⁾利用其研究中暴露艙實驗前臂外側所量測之皮膚生理指標—SCBF、TEWL、皮膚溫度與皮膚濕度—並透過立體散佈圖與兩兩對應方式觀察其相對分佈以分析不同皮膚生理指標間之反應-時程關係。其研究結果發現，當遭受熱環境刺激時，皮膚溫度直接反應外在環境溫度之變化，並透過 SCBF 之增加將熱環境刺激反應至體內；而後人體透過皮膚水份之增加以及水份散失，逐步將體熱散出體外。在未明顯排汗之狀況下，皮膚濕度之增加所反應者為逸散體熱之初期皮膚生理變化；隨著表皮蓄積水份接近飽和，皮膚水份以水蒸氣型態逐步散失，但皮膚濕度以及 TEWL 變化之時序接近，如圖 2-1 所示。以作為反應熱環境改變之生理變化指標而言，SCBF 具先期性之優點，且穩定性較 TEWL 為高。但 SCBF 為一高敏感之皮膚生理指標，故僅需少量之環境溫度刺激即可產生顯著變化，惟變化形成之後環境物理因子之持續增強則不必然導致 SCBF 之擴大。顯見 SCBF 為此研究選取皮膚生理指標中對環境物理因子影響具先期指引效能之指標。

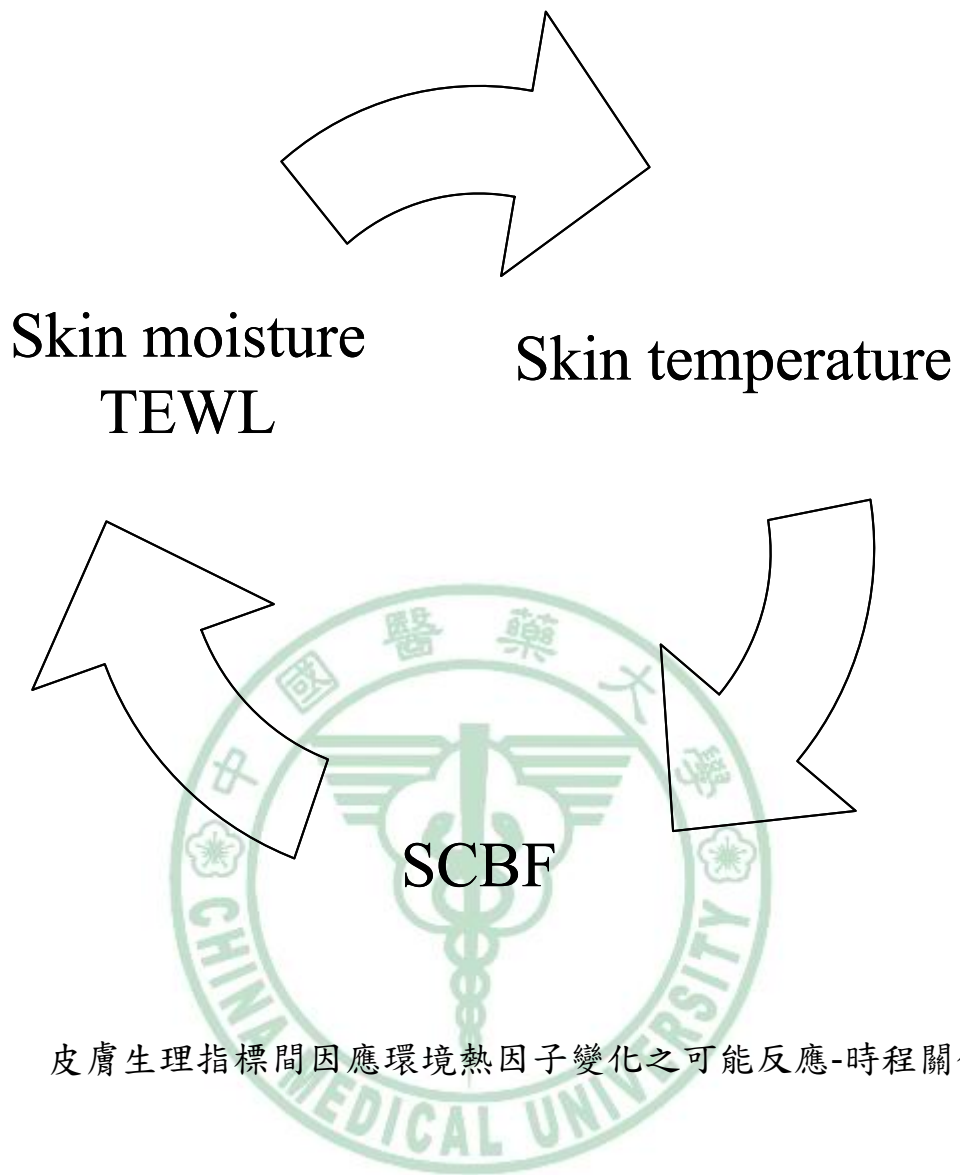


圖 2-1 皮膚生理指標間因應環境熱因子變化之可能反應-時程關係圖

第八節 文獻總結

歸結上述討論發現：TEWL、皮膚濕度、皮膚紅斑生成、黑素沈澱、皮膚溫度、以及 SCBF 變化不同程度地反應出皮膚遭受紫外光輻射或熱環境變化後可能產生之生理反應，故上述各項皮膚生理指標具有作為評估因日光紫外線曝曬或熱危害造成負面健康效應之皮膚生理指標潛力。

由於人體對於熱環境之舒適程度除可透過客觀生理指標觀察外，亦涉及主觀心理因素影響，故單獨採用客觀生理指標或主觀問卷方式調查人體對於熱環境之感受時，無法真正並準確反應人體因應熱環境變化所產生之影響。因此需以主觀熱感知問卷及客觀生理指標反應調查方式一同進行，藉以提供人體受熱環境變化影響時主客觀感知之異同處。

本研究將探討受試者於是否使用防曬袖套時上述生理指標受到不同環境物理力作用時所產生之單獨或綜合變化，嘗試建立因應熱環境變化時各生理指標間與各環境物理因子(環境溫度、環境相對濕度、風速、日光輻射變化、環境水蒸氣分壓)間之關係。

第九節 研究架構

如圖 2-2 所示，本研究之進程依以下步驟進行：

1. 本研究問題描述與研究目的之確認：描述本研究欲探討之核心問題，包含：1)人體處於較極端熱環境之狀況下，使用防曬袖套是否會對個

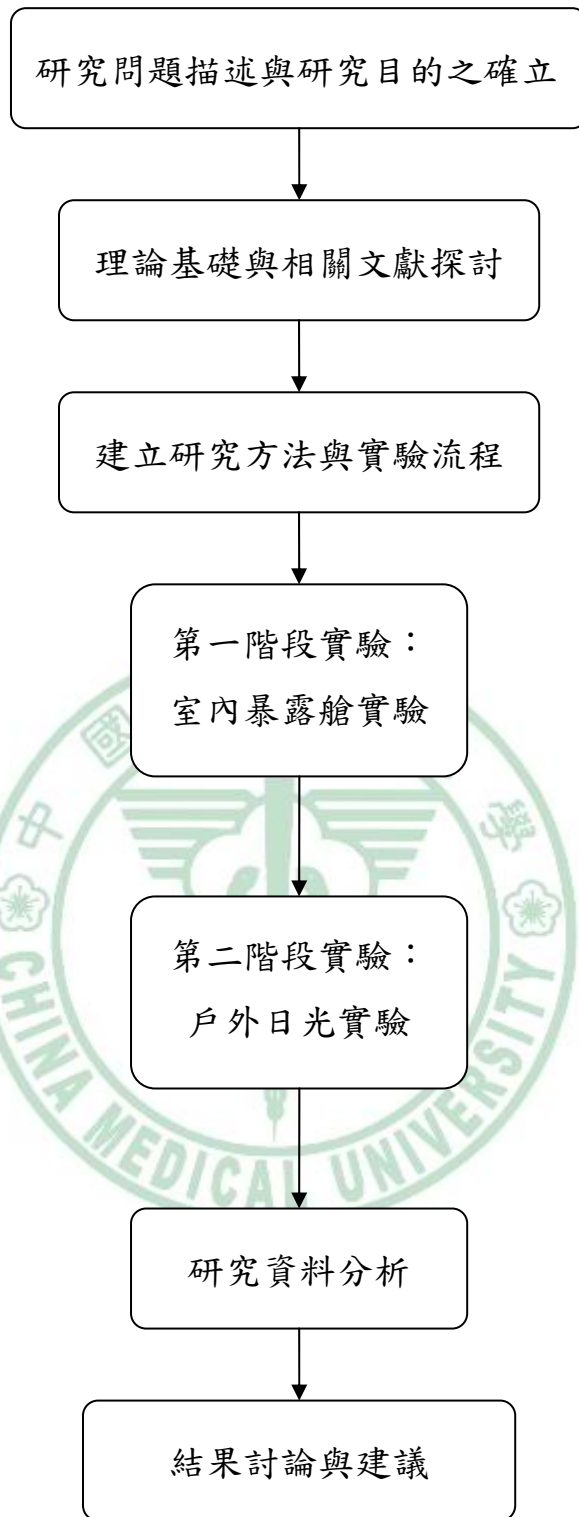


圖 2-2 本論文之研究架構與各階段進行之任務

人主觀熱感知與客觀生理指標反應間之關聯性產生影響?;2)遭受日光紫外線曝曬時，使用防曬袖套是否會引發不同之人體皮膚生理反應?

本論文主要研究目的在於透過控制型實驗找尋上述問題之解答。

2. 理論基礎與相關文獻探討：本階段之工作在透過文獻回顧及整理，瞭解目前研究人體皮膚於紫外線與熱環境暴露產生變化時，常用的量測工具與可觀察之皮膚生理反應，並評估其應用於本研究作為指標之適用性；同時參酌不同研究建立之理論基礎與實驗結果，作為本研究之參考。
3. 建立研究方法與實驗流程：選定研究對象、實驗所可使用之儀器或工具、資料收集與分析方法、並設定研究實驗期程與流程。
4. 第一階段實驗(室內暴露艙實驗)：於人工氣候實驗室內，透過環境溫度、環境相對濕度、與環境風速之不同組合，檢驗個人主觀熱感知與客觀皮膚生理指標反應隨不含輻射熱之熱環境改變所產生之變化，量化分析主客觀反應之異同及不同生理指標間之時程-反應關係，以及是項關係是否使用防曬袖套之影響。相關實驗方法於第三章中詳述。
5. 第二階段實驗(戶外日光實驗)：觀察在戶外陰涼處與日光紫外線直接曝曬處等不同戶外熱環境(不含輻射熱與含輻射熱)，人體皮膚生理指標與主觀熱感知隨環境物理力改變產生之變化，分析其急性與累積性之健康效應，並探討防曬袖套之使用對其之影響。相關實驗方

法與流程於第三章中詳述。

6. 收取台中地區日光紫外線指數：評估於本研究戶外日光實驗進行階段，台中地區每日逐時之日光紫外線強度變化，並透過與第二階段實驗受試者暴露期長短之交叉分析，決定受測者之實際暴露劑量，以建立不同皮膚生理指標之長、短期劑量-反應關係；紫外線指數來源為中央氣象局大氣物理科提供之每日紫外線指數。
7. 研究資料分析：統整第一與第二階段所收集之數據資料，利用統計方法分析實驗結果。
8. 結果討論與建議：針對觀察所得現象討論與分析，檢視是否達研究之預設目標，亦探討本研究所使用研究策略與方法之限制，俾據以建議研究成果之可能應用方式。

第三章 研究方法

第一節 研究設計

本研究主要分二階段進行，包含暴露艙實驗及戶外自然日光照射實驗。在各階段實驗中探討皮膚在使用與未使用防曬袖套狀況下，下列皮膚生理指標受環境因子影響之變化與幅度：SCBF、TEWL、皮膚溼度、皮膚溫度、E-index、及 M-index。所探討之環境物理因子包括環境溫度、環境相對濕度、環境風速、以及日光紫外光輻射。研究調查上述生理指標在使用防曬袖套時因應環境物理因子變化所產生之改變，建立劑量-反應關係(dose-response relationship)，並比較其與未使用防曬袖套時可觀察得到變化間之差異，此外亦於實驗過程中以問卷方式調查受試者主觀熱感知，評估於不同環境物理因子影響下受試者(含未使用與使用袖套者)自覺反應之變化，以及上項變化與客觀生理指標間之差異。

本研究之實驗規範與研究流程已於中華民國 99 年 9 月 20 日經中國醫藥大學公共衛生學院研究倫理委員會同意通過。研究倫理委員會同意書及申請書分別見附錄 A 與 B。各階段研究實驗目的、相關內容、實驗步驟與資料收集於第四節詳述。

第二節 研究對象

本計劃二階段之研究對象皆為中國醫藥大學大學部/研究所碩士班女

性同學共計 28 人次，含暴露艙實驗 14 人次及戶外日光照射實驗 14 人次；參與各階段實驗 14 人次中分為實驗組 7 人次以及控制組 7 人次；參與研究之受試者年齡介於 20 至 26 歲間。此外參與本研究二階段實驗中有兩名受試者重複，故本研究實驗總參與人數為 26 名女性。選擇女性對象參與研究之原因包括：1)吳介銘⁽²¹⁾針對台中地區同年齡層大專男、女性進行之調查顯示：男性之基礎皮膚生理值(紅斑生成指數、黑素沉澱指數)偏高，約為女性之 1.5 倍，導致因短期曝曬產生之急性皮膚生理變化與女性相較不易觀察；2)本研究同時調查實驗參與者經累積性戶外曝曬後之皮膚生理指標變化，惟吳介銘⁽²¹⁾之調查顯示：男性戶外活動程度較女性頻繁，且分散於每日不同時段，包含日光紫外線曝曬強烈時間點(中午 12 時至下午 2 時)，故除非大量增加有效樣本數，難以建立可信度高之累積性曝曬與皮膚生理變化間量化關係。以上兩項因素將影響本研究計畫目標之達成，故在本研究中選定女性進行調查。

所有受試者於各階段實驗進行前皆已填妥並繳交「受試者基本資料問卷」，內容包含：基本資料(性別、年齡、身高與體重)、夏季戶外活動狀況、個人皮膚生理狀況與夏季衣著量(「個人基本資料」問卷；見附錄 C-1)。為使受試者清楚了解本實驗設計，於實驗進行前提供每位受試者「受試者指引說明」，並由工作人員詳細說明。如附錄 C-2 所示，「受試者指引說明」內容包含：服裝穿著規定、實驗日期、實驗地點、實驗流程與

注意事項、以及所量測之生理指標。此外，研究人員亦提醒受試者於實驗過程中若感身體不適，應立即向研究人員反應並於當下立刻停止實驗。受試者於了解本研究之實驗設計、進程、與步驟，並確認參與意願後，簽署「受測人員同意書」，方得參與實驗進行。（「受測人員同意書」見附錄 C-3）。受測者之基本資料分析結果下：

3.2.1 基本人體計測資料

表 3-1 所示為本研究中不同階段實驗之實驗組及控制組受試者之性別、年齡、身高、體重、以及人體質量指標(Body Mass Index, BMI)分佈。不論在暴露艙實驗或戶外日光照射實驗中，實驗組與控制組成員之 BMI 均極為接近。

3.2.2 皮膚生理狀況自我評估

「個人基本資料」亦針對各受試者過去 6 個月內是否有自覺異常皮膚生理狀況進行初步調查，以了解受試者之皮膚狀況對實驗進行是否構成干擾因子。每位受試者於填寫問卷時依個人皮膚狀態之發生異常頻率作自我評估，區分為：沒有(0%)、偶爾(1-25%)、普通(26-50%)、經常(51-75%)、持續性(76-100%)。暴露艙實驗受試者調查結果見表 3-2；戶外日光實驗受試者調查結果見表 3-3。參與本研究之受試者中，暴露艙實驗之受試者不論實驗組或控制組於調查中皆自覺個人皮膚生理狀況屬於健

表 3-1 暴露艙實驗與戶外日光曝曬實驗受試者之人體計測資料

暴露艙實驗受試者之人體計測資料			
	實驗組	控制組	全體
人數(n)	7	7	14
平均年齡(yr)	23.4 ± 1.4	22.0 ± 1.4	22.7 ± 1.5
平均身高(cm)	159.6 ± 6.1	161.6 ± 5.7	160.6 ± 5.8
平均體重(kg)	51.3 ± 5.0	51.6 ± 4.6	51.4 ± 4.6
平均 BMI (kg/m ²)	20.1 ± 1.7	19.8 ± 2.1	20.0 ± 1.9
戶外日光曝曬實驗受試者之人體計測資料			
	實驗組	控制組	全體
人數(n)	7	7	14
平均年齡(yr)	21.7 ± 2.1	20.7 ± 1.1	21.21 ± 1.7
平均身高(cm)	159.4 ± 4.7	163.1 ± 5.1	161.3 ± 4.8
平均體重(kg)	52.6 ± 8.5	52.1 ± 5.2	52.4 ± 6.7
平均 BMI (kg/m ²)	20.7 ± 3.9	19.54 ± 1.3	20.1 ± 2.9

表 3-2 暴露艙實驗受試者自覺皮膚生理狀況^a

	實驗組(人數)	控制組(人數)	全體(人數)
皮膚乾澀	從未: 3	從未: 3	從未: 6
	偶爾: 4	偶爾: 3	偶爾: 7
	普通: 0	普通: 1	普通: 1
	經常: 0	經常: 0	經常: 0
	持續性: 0	持續性: 0	持續性: 0
皮膚紅腫	從未: 5	從未: 3	從未: 8
	偶爾: 2	偶爾: 3	偶爾: 5
	普通: 0	普通: 1	普通: 1
	經常: 0	經常: 0	經常: 0
	持續性: 0	持續性: 0	持續性: 0
皮膚刺激(癢、痛)	從未: 5	從未: 3	從未: 8
	偶爾: 2	偶爾: 3	偶爾: 5
	普通: 0	普通: 1	普通: 1
	經常: 0	經常: 0	經常: 0
	持續性: 0	持續性: 0	持續性: 0

^a 皮膚生理狀況分級包含：沒有(0%)、偶爾(1-25%)、普通(26-50%)、經常(51-75%)、持續性(76-100%)

表 3-3 戶外日光曝曬實驗受試者自覺皮膚生理狀況^a

	實驗組(人數)	控制組(人數)	全體(人數)
皮膚乾澀	從未: 2	從未: 0	從未: 2
	偶爾: 2	偶爾: 6	偶爾: 8
	普通: 0	普通: 0	普通: 0
	經常: 3	經常: 0	經常: 3
	持續性: 0	持續性: 1	持續性: 1
皮膚紅腫	從未: 5	從未: 7	從未: 12
	偶爾: 1	偶爾: 0	偶爾: 1
	普通: 1	普通: 0	普通: 1
	經常: 0	經常: 0	經常: 0
	持續性: 0	持續性: 0	持續性: 0
皮膚刺激(癢、痛)	從未: 5	從未: 3	從未: 8
	偶爾: 0	偶爾: 1	偶爾: 1
	普通: 1	普通: 3	普通: 4
	經常: 1	經常: 0	經常: 1
	持續性: 0	持續性: 0	持續性: 0

^a 皮膚生理狀況分級包含：沒有(0%)、偶爾(1-25%)、普通(26-50%)、經常(51-75%)、持續性(76-100%)

康。戶外日光曝曬實驗之受試者中，三名實驗組受試者自覺皮膚經常屬乾澀狀況；一名對照組受試者自覺皮膚屬持續性乾澀狀況。惟自覺皮膚乾澀者之 TEWL 與 skin moisture 基線(baseline)數值與其他受測者並無明顯差異，故同意可參與本實驗進行。

3.2.3 夏季戶外活動狀況

因應戶外日光曝曬實驗基礎值調查所需，且為了解受試者平時於戶外活動狀況，故研究開始前先行讓受試者填寫個人戶外活動狀況調查表，瞭解受試者於夏季白日期間外出活動情況，如外出時間、皮膚遭日曬時間、外出活動地點、使用防護措施與否、以及易受陽光照射之皮膚部位，以避免非實驗期間日曬干擾之問題。

表 3-4 為參與暴露艙實驗受試者問卷調查結果，表 3-5 為參與戶外日光實驗受試者問卷調查結果。問卷中在「夏季白日外出時間」與「夏季白日外出遭日曬時間」項目下將其分項選擇分級為：每日 1 小時以下、1-2 小時、2-4 小時、以及 4 小時以上。統計調查結果，於暴露艙實驗受試者部分，發現外出時間每日 1 小時以下有 2 人、1-2 小時有 8 人、2-4 小時有 3 人、4 小時以上有 1 人；相對遭受日曬時間每日 1 小時以下有 9 人、1-2 小時有 3 人、2-4 小時有 1 人、4 小時以上有 1 人。戶外日光實驗之受試者中則每日 1-2 小時有 5 人、2-4 小時有 4 人、4 小時以上有 5

表 3-4 暴露艙實驗受試者於 2009 年夏季戶外活動狀況

	實驗組(人數)	控制組(人數)	全體(人數)
夏季 ^a 白日 ^b 外出時間	1 小時以下: 0	1 小時以下: 2	1 小時以下: 2
	1-2 小時: 5	1-2 小時: 3	1-2 小時: 8
	2-4 小時: 1	2-4 小時: 2	2-4 小時: 3
	4 小時以上: 1	4 小時以上: 0	4 小時以上: 1
夏季 ^a 白日 ^b 外出遭日曬 時間	1 小時以下: 5	1 小時以下: 4	1 小時以下: 9
	1-2 小時: 1	1-2 小時: 2	1-2 小時: 3
	2-4 小時: 0	2-4 小時: 1	2-4 小時: 1
	4 小時以上: 1	4 小時以上: 0	4 小時以上: 1
平常外出之 活動地點	室內為主: 2	室內為主: 3	室內為主: 5
	室外為主: 0	室外為主: 0	室外為主: 0
	室內外皆有 (室外較長): 1	室內外皆有 (室外較長): 0	室內外皆有 (室外較長): 1
	室內外皆有 (室內較長): 4	室內外皆有 (室內較長): 4	室內外皆有 (室內較長): 8
	室內外皆有 (室內外一樣): 0	室內外皆有 (室內外一樣): 0	室內外皆有 (室內外一樣): 0
	會: 6	會: 4	會: 10
平日外出是 否使用防曬 措施(優先使 用類型)	防護衣物: 4	防護衣物: 5	防護衣物: 9
	陽傘: 0	陽傘: 1	陽傘: 1
	防曬品: 0	防曬品: 0	防曬品: 0
	不會: 1	不會: 3	不會: 4
易受陽光照 射之皮膚部 位(依圈選頻 率排列)	第一順位部位 ^c : A = E > B	第一順位部位 ^c : A > E > D	第一順位部位 ^c : A > E = B = D
	第二順位部位 ^c : B = D > A = E = F	第二順位部位 ^c : B = C > D = E = F	第二順位部位 ^c : B > D > C = E = F > A

^a 夏季期間為 6 月至 10 月

^b 白日為上午 7 時至晚間 7 時

^c 皮膚部位: A 為顏面; B 頸部; C 上臂; D 前臂; E 手掌與手臂; F 小腿; G 大腿

表 3-5 戶外日光曝曬實驗受試者於 2010 年夏季戶外活動狀況

	實驗組(人數)	控制組(人數)	全體(人數)
夏季 ^a 白日 ^b 外出時間	1 小時以下: 0	1 小時以下: 0	1 小時以下: 0
	1-2 小時: 2	1-2 小時: 3	1-2 小時: 5
	2-4 小時: 2	2-4 小時: 2	2-4 小時: 4
	4 小時以上: 3	4 小時以上: 2	4 小時以上: 5
夏季 ^a 白日 ^b 外出遭日曬 時間	1 小時以下: 2	1 小時以下: 1	1 小時以下: 3
	1-2 小時: 5	1-2 小時: 4	1-2 小時: 9
	2-4 小時: 0	2-4 小時: 2	2-4 小時: 2
	4 小時以上: 0	4 小時以上: 0	4 小時以上: 0
平常外出之 活動地點	室內為主: 1	室內為主: 1	室內為主: 2
	室外為主: 1	室外為主: 0	室外為主: 1
	室內外皆有 (室外較長): 0	室內外皆有 (室外較長): 0	室內外皆有 (室外較長): 0
	室內外皆有 (室內較長): 3	室內外皆有 (室內較長): 6	室內外皆有 (室內較長): 9
	室內外皆有 (室內外一樣): 2	室內外皆有 (室內外一樣): 0	室內外皆有 (室內外一樣): 2
	會: 6	會: 4	會: 10
平日外出是 否使用防曬 措施(優先使 用類型)	防護衣物: 4	防護衣物: 2	防護衣物: 6
	陽傘: 0	陽傘: 1	陽傘: 1
	防曬品: 0	防曬品: 1	防曬品: 1
	不會: 1	不會: 3	不會: 4
易受陽光照 射之皮膚部 位(依圈選頻 率排列)	第一順位部位 ^c : A > E > C	第一順位部位 ^c : A > C = D = F	第一順位部位 ^c : A > C = E > D = F
	第二順位部位 ^c : B > A = D = E	第二順位部位 ^c : B > C = D = E = F = G	第二順位部位 ^c : B > D = E > A = C = F = G

^a 夏季期間為 6 月至 10 月

^b 白日為上午 7 時至晚間 7 時

^c 皮膚部位: A 為顏面; B 頸部; C 上臂; D 前臂; E 手掌與手臂; F 小腿; G 大腿

人；相對遭受日曬時間每日 1 小時以下有 3 人、1-2 小時有 9 人、2-4 小時有 2 人。問卷中「平常外出之活動地點」分類為：室內為主、室外為主、室內外皆有且室外較長、室內外皆有且室內較長、室內外皆有但兩者無顯著差異。於暴露艙實驗受試者調查結果顯示，實驗組與控制組之戶外活動分類地點以室內外皆有且室內較長(實驗組 4 人；控制組 4 人)、室內為主(實驗組 2 人；控制組 3 人)、以及室內外皆有且室外較長(實驗組 1 人；控制組 0 人)。戶外日光實驗受試者調查結果顯示，實驗組與控制組之戶外活動分類地點以室內外皆有且室內較長(實驗組 3 人；控制組 6 人)、室內為主(實驗組 1 人；控制組 1 人)、室內外皆有但兩者無顯著差異(實驗組 2 人；控制組 0 人)、以及室外為主(實驗組 1 人；控制組 0 人)。以上調查結果顯示，參與本研究之受試者夏季戶外活動大多以室內場所為主。

「平日外出是否會使用防護措施」項目中之選項分為會與不會。若受試者圈選「會」，則需進一步填寫常用防護措施，含防護衣物、陽傘、防曬乳液或防曬霜、或其他。分析發現結果，暴露艙受試者中有 10 人習慣性使用防護措施；戶外日光實驗者亦有 10 人使用防護措施。其中大部分(75%)之受試者優先選擇使用防護衣物作為防護措施。

在外出活動時易受陽光照射之皮膚部位方面：因本研究設計之皮膚曝曬點為左手臂前臂外側，故在實驗前問卷中調查受試者平日外出時易受

陽光曝曬之皮膚部位。在此項目中受試者依照平日外出時不同皮膚部位之曝曬頻率依序填寫；調查之皮膚部位包含顏面、頸部、上臂、前臂(不含手掌與手臂)、手掌與手臂、小腿、大腿。問卷調查結果發現，各受試者自認常受日曬的皮膚部位曝曬頻率最高者為顏面(暴露艙實驗有 7 人；戶外日光曝曬實驗有 8 人)；其次為頸部(暴露艙實驗有 4 人；戶外日光曝曬實驗有 5 人)。

3.2.4 受試者衣著量

問卷同時調查各受試者於夏季期間(6 月至 10 月)白日(上午 7 時至晚間 7 時)外出時之衣著量情況，藉此瞭解各受試者之平日衣著量，並評估可能遭受日曬之皮膚部位。由調查結果中可知，參與暴露艙實驗受試者平日最常穿著之衣物為短袖襯衫/T-shirt(表 3-6)。其中 10 名受試者會加穿薄外套(實驗組 6 名，控制組 4 名)；下身以穿著長褲/裙與及膝褲者居多。足部大多選擇以休閒鞋搭配短襪作為穿著。戶外日光實驗受試者部份，平日最常穿著之衣物為短袖襯衫/T-shirt(表 3-7)。其中 8 名受試者會加穿薄外套(實驗組 4 名，控制組 4 名)；下身以穿著長褲/裙與及膝褲者居多，足部則大多選擇以休閒鞋搭配短襪。

第三節 研究儀器設備與工具

表 3-6 暴露艙實驗受試者夏季白日外出時最常穿著之衣物(衣物選項依穿著頻率高低排列，最高為 1)

	實驗組(人數)	控制組(人數)
上身	短袖襯衫/T-shirt: 7	短袖襯衫/T-shirt: 7
	薄外套: 6	薄外套: 4
下身	長褲/裙: 3	長褲/裙: 4
	短褲/裙: 0	短褲/裙: 0
	及膝褲: 4	及膝褲: 3
足部	鞋類	
	休閒鞋: 5	休閒鞋: 5
	球鞋: 2	球鞋: 0
	拖鞋: 0	拖鞋: 2
	襪類	
	短襪: 5	短襪: 5
	長褲襪: 0	長褲襪: 1
無襪: 2	無襪: 1	

表 3-7 戶外日光實驗受試者夏季白日外出時最常穿著之衣物(衣物選項依頻率高低排列，最高為 1)

	實驗組(人數)	控制組(人數)
上身	短袖襯衫/T-shirt: 7	短袖襯衫/T-shirt: 7
	薄外套: 4	薄外套: 4
下身	長褲/裙: 2	長褲/裙: 5
	短褲/裙: 0	短褲/裙: 0
	及膝褲: 5	及膝褲: 2
足部		鞋類
	休閒鞋: 5	休閒鞋: 7
	球鞋: 1	球鞋: 0
	拖鞋: 1	拖鞋: 0
		襪類
	短襪: 6	短襪: 6
	長褲襪: 0	長褲襪: 1
無襪: 1	無襪: 0	

3.3.1 測量皮膚生理指標之儀器

本研究所量測之生理指標中，SCBF 測量儀器為 Moor VMS-LDF tissue blood flow and temperature monitor (Moor Instruments, Devon, UK)。

TEWL、skin temperature 與 skin moisture 測量儀器為 Cortex[®] DermaLab System (Cortex Technology, Hadsund, Denmark)；其中 TEWL 利用 Cortex[®] DermaLab TEWL probe 測量，皮膚溫濕度利用 Cortex[®] DermaLab flat-head moisture probe 測量。E-index 與 M-index 之測量儀器為 Cortex[®] DSM II Colormeter (Cortex Technology, Hadsund, Denmark)。

3.3.2 測量與紀錄環境物理因子之儀器

實驗進行時同步以 CENTER 314 數位溫濕度表 (CENTER 314 Temperature/Humidity Datalogger, Center Technology Corp., Taipei, Taiwan) 收錄戶外環境之乾球溫度 (dry temperature)、相對濕度 (relative humidity)、及黑球溫度 (globe temperature)，此外利用 Model 8386 VELOCICALC[®] Plus Air Velocity Meter (TSI Incorporated, St. Paul, MN, USA) 收錄實驗環境內之風速 (air movement)。實驗過程中紀錄之環境物理量利用相對濕度表 (psychrometric chart)⁽⁶³⁾ 推估自然濕球溫度 (natural wet bulb temperature)，並計算綜合溫度熱指數⁽⁶⁴⁾ (Wet-Bulb Globe Temperature, WBGT)。

3.3.3 人工氣候環境暴露艙

圖3-1為本研究第一階段實驗(暴露艙實驗)所使用之人工氣候環境暴露艙外觀圖。暴露艙之空氣溫度、相對濕度可按所欲調整之環境狀況，透過資料擷取模組由電腦進行回饋控制。暴露艙設定溫度範圍為10至40°C，精確度達±0.5°C；相對濕度範圍為30至80%，精確度達±0.5%。

暴露艙實驗進行時同步量測與記錄乾球溫度、黑球溫度、相對濕度、以及環境風速四種環境物理因子。暴露艙實驗共設定15種溫、濕度變項組合；其中溫度為22、25、28、31、與34°C，環境相對濕度為45、60、與75%。表3-8所示為暴露艙實驗中人工氣候環境暴露艙15種環境物理因子變項組合之均勻性統計結果。均勻性測試之結果發現：在15種環境溫、濕度變項組合中，各控制環境變項之變異係數均小於10%，故本暴露艙對上述環境因子均勻性具良好的控制能力。

3.3.4 實驗使用防曬袖套與比較之防曬乳液成份說明

本研究中提供實驗組受試者使用之防曬袖套採用市售一般防曬袖套，其材質為 cotton 95%及 spandex 5%，長度為 59.5cm，厚度為 1.5mm，顏色為灰色。Cotton 纖維之各項特性如表 3-9。此防曬袖套屬於過肘長袖袖套且具有彈性。防曬袖套實際物品及使用狀況如圖 3-2。

陳玉潔⁽²⁰⁾之研究中所使用之防曬乳液之UVB防曬效能為SPF 30；UVA為PA+++。防曬乳液之成份含：aqua/water, octocrylene, glycerin, alcohol denat, propylene glycol, C12-15 alkyl benzoate, drometrizole

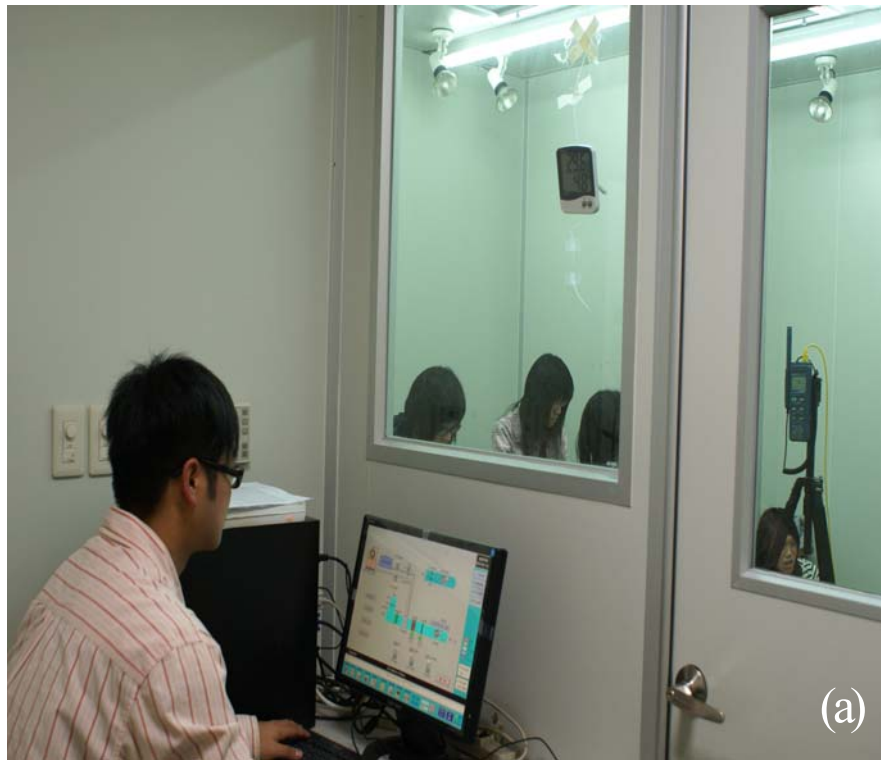


圖 3-1 中國醫藥大學職業安全與衛生學系人工氣候環境暴露艙：(a)暴露艙溫濕度控制室；(b)暴露艙實驗進行實況

表 3-8 15 種環境物理因子變相組合均勻性統計結果

環境組合	環境物理因子	平均值	標準差	變異係數(%)
22°C 及 45%	乾球溫度(°C)	22.71	0.37	1.61
	相對溼度(%)	49.02	0.77	1.57
	黑球溫度(°C)	22.15	0.41	1.86
	絕對溼度(g/cm ³)	9.96	0.33	3.27
	濕球溫度(°C)	15.95	0.38	2.4
	WBGT (°C)	17.81	0.39	2.17
22°C 及 60%	乾球溫度(°C)	21.76	0.48	2.22
	相對溼度(%)	60.83	1.09	1.8
	黑球溫度(°C)	21.24	0.6	2.81
	絕對溼度(g/cm ³)	11.7	0.21	1.77
	濕球溫度(°C)	16.84	0.32	1.88
	WBGT (°C)	18.16	0.38	2.1
22°C 及 75%	乾球溫度(°C)	22.25	0.26	1.17
	相對溼度(%)	74.99	0.47	0.62
	黑球溫度(°C)	21.82	0.2	0.89
	絕對溼度(g/cm ³)	14.84	0.22	1.45
	濕球溫度(°C)	19.18	0.23	1.2
	WBGT (°C)	19.97	0.19	0.97
25°C 及 45%	乾球溫度(°C)	24.91	0.46	1.85
	相對溼度(%)	46.74	1.37	2.94
	黑球溫度(°C)	24.48	0.52	2.14
	絕對溼度(g/cm ³)	10.76	0.38	3.54
	濕球溫度(°C)	17.38	0.4	2.32
	WBGT (°C)	19.51	0.42	2.13

25°C 及 60%	乾球溫度(°C)	25.06	0.11	0.44
	相對溼度(%)	59.99	0.25	0.42
	黑球溫度(°C)	24.74	0.3	1.19
	絕對溼度(g/cm ³)	13.93	0.11	0.79
	濕球溫度(°C)	19.59	0.11	0.54
	WBGT (°C)	21.14	0.16	0.73
25°C 及 75%	乾球溫度(°C)	25.05	0.12	0.47
	相對溼度(%)	74.76	0.5	0.67
	黑球溫度(°C)	24.78	0.14	0.57
	絕對溼度(g/cm ³)	17.34	0.19	1.11
	濕球溫度(°C)	21.73	0.15	0.69
	WBGT (°C)	22.65	0.13	0.58
28°C 及 45%	乾球溫度(°C)	27.86	0.55	1.98
	相對溼度(%)	45.81	0.81	1.77
	黑球溫度(°C)	27.6	0.53	1.9
	絕對溼度(g/cm ³)	12.42	0.26	2.1
	濕球溫度(°C)	19.59	0.35	1.81
	WBGT (°C)	21.99	0.4	1.84
28°C 及 60%	乾球溫度(°C)	28.12	0.26	0.94
	相對溼度(%)	60.1	0.89	1.48
	黑球溫度(°C)	27.99	0.29	1.04
	絕對溼度(g/cm ³)	16.55	0.29	1.77
	濕球溫度(°C)	22.27	0.24	1.07
	WBGT (°C)	23.98	0.23	0.97
28°C 及 75%	乾球溫度(°C)	28	0.25	0.89
	相對溼度(%)	74.69	0.88	1.18
	黑球溫度(°C)	27.91	0.27	0.97

	絕對溼度(g/cm ³)	20.42	0.44	2.15
	濕球溫度(°C)	24.45	0.31	1.26
	WBGT (°C)	25.49	0.28	1.1
31°C 及 45%	乾球溫度(°C)	30.82	0.29	0.95
	相對溼度(%)	45.71	0.66	1.44
	黑球溫度(°C)	30.62	0.36	1.18
	絕對溼度(g/cm ³)	14.56	0.26	1.81
	濕球溫度(°C)	21.96	0.23	1.05
	WBGT (°C)	24.56	0.24	0.99
	31°C 及 60%	乾球溫度(°C)	31.01	0.45
相對溼度(%)		59.72	1.38	2.31
黑球溫度(°C)		30.6	0.49	1.59
絕對溼度(g/cm ³)		19.23	0.58	3.01
濕球溫度(°C)		24.72	0.42	1.71
WBGT (°C)		26.48	0.42	1.6
31°C 及 75%	乾球溫度(°C)	30.94	0.43	1.4
	相對溼度(%)	74.02	1.24	1.68
	黑球溫度(°C)	30.57	0.66	2.15
	絕對溼度(g/cm ³)	23.74	0.66	2.8
	濕球溫度(°C)	27.06	0.44	1.63
	WBGT (°C)	28.12	0.5	1.77
34°C 及 45%	乾球溫度(°C)	33.56	0.62	1.86
	相對溼度(%)	45.83	0.99	2.15
	黑球溫度(°C)	32.88	0.46	1.39
	絕對溼度(g/cm ³)	16.9	0.52	3.1
	濕球溫度(°C)	24.2	0.46	1.89
	WBGT (°C)	26.8	0.45	1.68

34°C 及 60%	乾球溫度(°C)	33.98	0.18	0.52
	相對溼度(%)	59.17	1.61	2.71
	黑球溫度(°C)	33.19	0.21	0.63
	絕對溼度(g/cm ³)	22.31	0.72	3.2
	濕球溫度(°C)	27.21	0.39	1.44
	WBGT (°C)	29	0.32	1.11
34°C 及 75%	乾球溫度(°C)	34	0.08	0.24
	相對溼度(%)	73.18	1.95	2.66
	黑球溫度(°C)	33.38	0.51	1.51
	絕對溼度(g/cm ³)	27.62	0.8	2.91
	濕球溫度(°C)	29.76	0.38	1.28
	WBGT (°C)	30.85	0.38	1.24

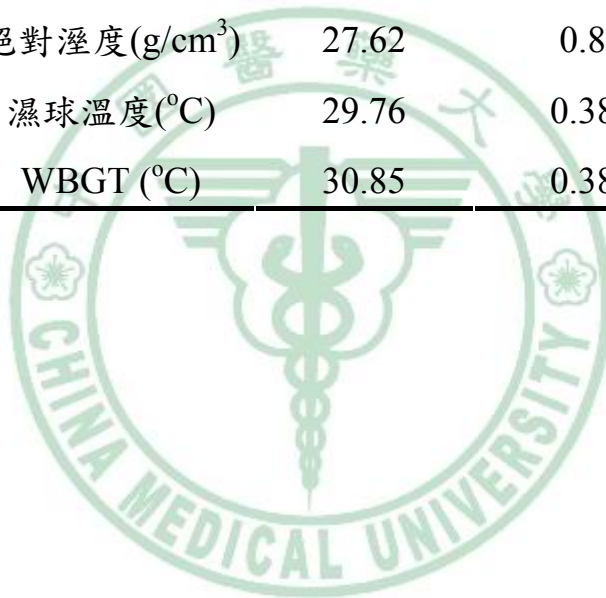


表 3-9 cotton 纖維特性分析表⁽⁶⁵⁾

基本物性		機械性質		熱性質	
橫斷面		斷裂強度(乾) (g/D)	3.0-5.0	熱塑性	無
縱斷面		斷裂強度(濕) (g/D)	3.3-6.4	熔點(°C)	無
比重 (g/cm ³)	1.54	斷裂伸度(%)	3-10	限氧指數(%)	17-19
回潮率(%)	8.5	磨擦係數	0.22-0.57	導熱係數 ^a (W/M/K)	0.125
		回彈性 (五分法)	★★		
化學性質		其他性質			
耐酸性 (三分法)	★★ (熱稀酸、冷濃酸 分解)	耐候性 (五分法)	★★★★		
耐鹼性 (三分法)	★★ (苛性鈉膨脹)	抗菌性 (五分法)	★★		
耐溶劑 (三分法)	★★ (一般溶劑皆不溶)	抗靜電性 (五分法)	★★★★★		

^a 導熱係數單位換算(cal/cm sec °C x 418.3 = W/M/K)



圖3-2 實驗組受試者所使用之防曬袖套：(a)防曬袖套實體；(b)與(c)所示為防曬袖套實際使用狀況

trisiloxane, cyclohexasiloxane, cyclopentasiloxane, butyl methoxydibenzoylmethane, ethylhexyl triazone, titanium dioxide, ethylhexylglycerin, triethanol amine, acrylates/C10-30 alkyl acrylate crosspolymer, dimethiconol, PEG/PPG-18/18 dimethicone, glycine soja/soybean oil, tocopherol, pentasodium ethylenediamine tetramethylene phosphonate, aluminum hydroxide, stearic acid, vitreoscilla ferment, limonene, CI15985/yellow 6, CI16035/red 40, parfum/fragrance。此研究中受試者單次使用劑量約為2 g(可塗抹表面積約為 450 cm²), 均勻塗抹於左手前臂及上臂。

3.3.5 熱感知問卷

本研究使用之熱舒適問卷為利用美國冷凍空調技師協會(ASHRAE) Standard 55⁽²⁴⁾標準問卷中譯版為基礎所發展之問卷, 如附錄D所示。問卷於每次戶外日光實驗與暴露艙實驗進行時填寫, 以比較測量期間生理值之變化與主觀熱感受間之異同。戶外日光實驗中問卷填寫時間分別為在日光照射區與戶外陰涼區測量皮膚生理指標時; 暴露艙實驗中問卷填寫時間為進入暴露艙時與測量皮膚生理指標前。

第四節 資料收集

3.4.1 暴露艙實驗流程

本階段實驗之實驗場所為中國醫藥大學職業安全與衛生學系人工氣

候環境暴露艙。暴露艙實驗中所採取的環境溫濕度與風速組合已於 3.3.3 敘述。本階段實驗目的在於建立受測者於在無自然紫外光曝曬及配戴袖套之情況下，各生理指標(包含 SCBF、TEWL、E-index、M-index、皮膚溼度、皮膚溫度)隨環境溫度、相對濕度、及風速產生之變化，以評估：

- 1) 以上生理指標於皮膚表面以日光遮蔽物(袖套)覆蓋時對其他熱環境物理因子改變產生之反應；
- 2) 上述生理反應與熱環境因子變異量間之劑量-反應關係；
- 及 3) 上述指標因應熱環境改變所產生變化時之反應-時程關係。

實驗過程中除量測受試者皮膚生理指標及調查主觀熱感知外，同時收錄室內環境內之乾球溫度、黑球溫度、相對濕度、及風速，並利用以上述值計算絕對溼度、濕球溫度、以及 WBGT 值。此外，本階段實驗受測者於受測期間須遵守之衣著量及皮膚防護裝置規定包括：1) 受測時服裝為短袖上衣及長褲；2) 實驗組受試者加穿過肘棉質手套；3) 實驗受試者於實驗進行期平時不可施用乳液、化妝、及藥用等保養產品。

圖 3-3 所示為暴露艙實驗之流程與皮膚生理指標測量方法。圖 3-4 為受測者參與暴露艙實驗之狀況。受測者於測量前先進入暴露艙維持靜止狀態 30 分鐘，以適應暴露艙內之熱環境，並確定皮膚處於乾燥狀態。本實驗進行皮膚生理指標測量(包含 SCBF、TEWL、皮膚溫度、皮膚溼度)。俟適應期結束後，分別於受測者前臂外側距腕關節約 10 cm 處與上臂內側距肘關節約 15 cm 處(如圖 3-5 所示)依序測量 SCBF、TEWL(及皮膚溫

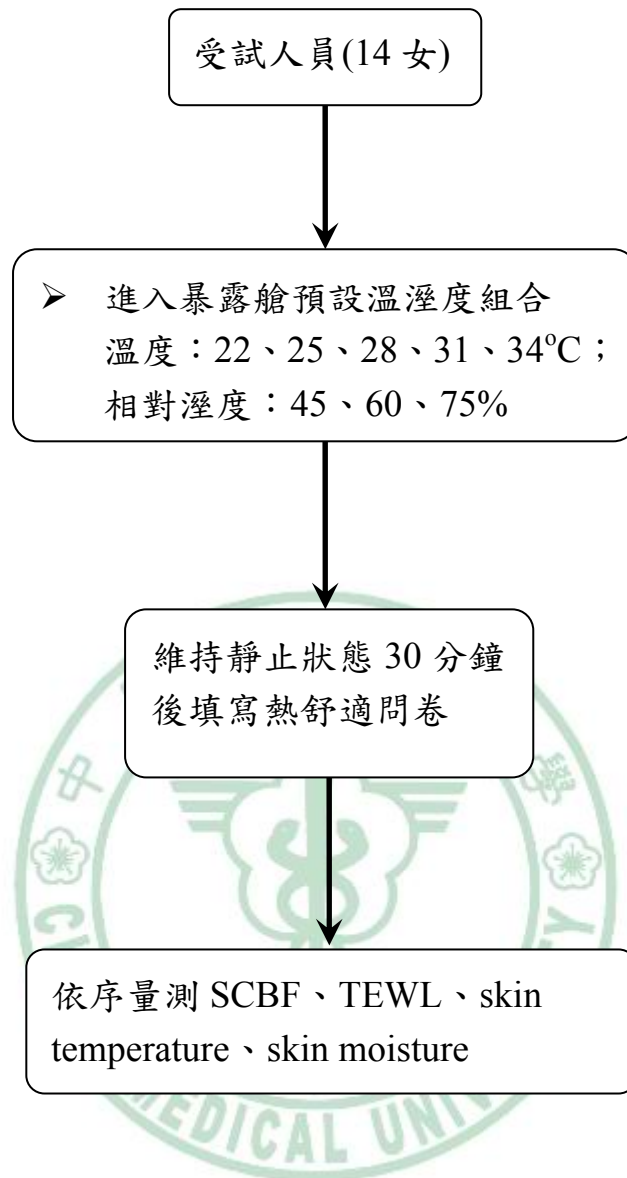


圖 3-3 暴露艙實驗之實驗流程與皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、經皮水分散失量(transepidermal water loss, TEWL)、皮膚溫度(skin temperature)、皮膚溼度(skin moisture)、人體熱感知之測量調查程序



圖 3-4 暴露艙實驗進行流程：(a)受試者適應暴露艙環境熱環境；(b)受試者量測 SCBF 與 TEWL；(c)受試者量測 skin moisture

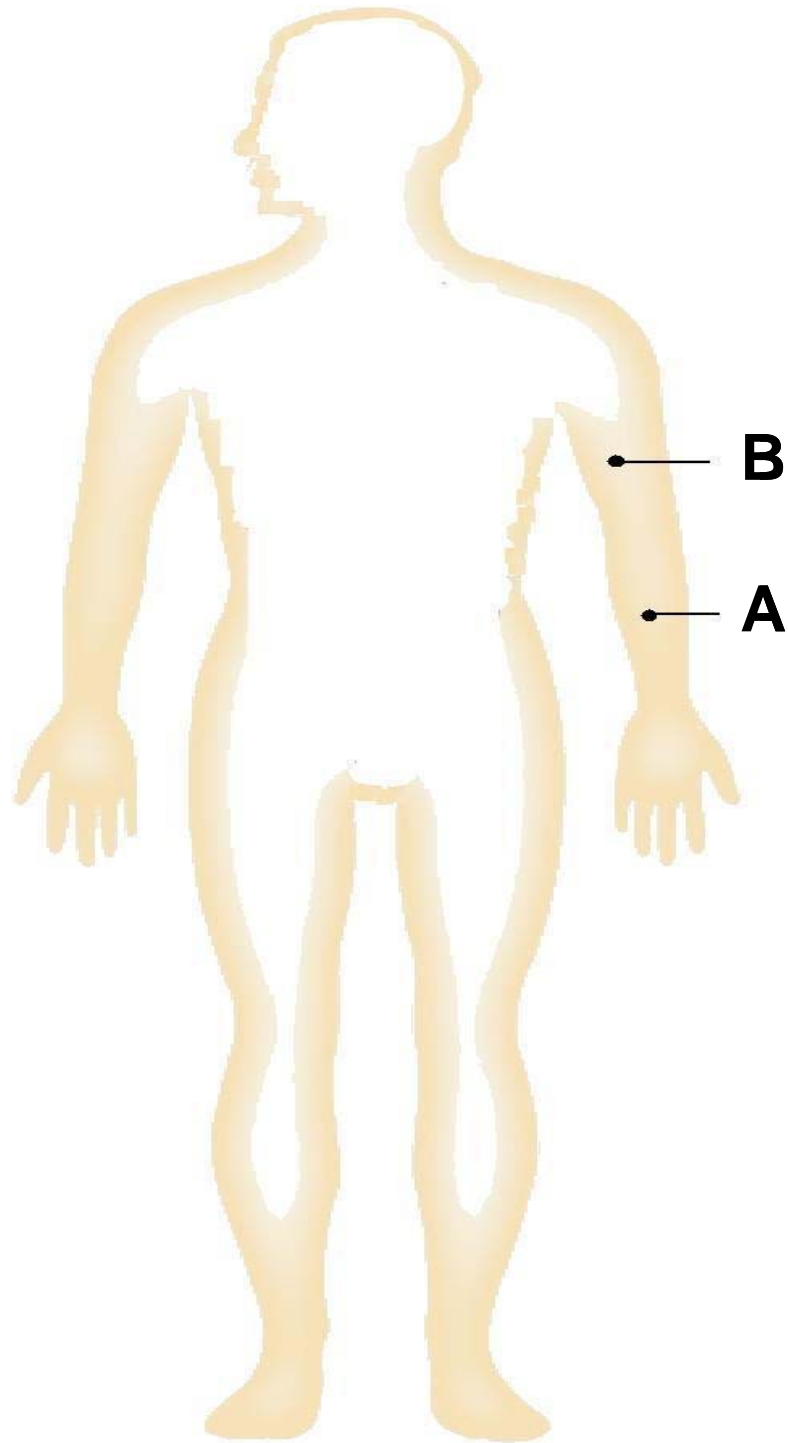


圖3-5 本研究實驗中受測者所測量之皮膚部位。A 點位於前臂外側，為日光皮膚曝曬點；B 點位於上臂內側衣袖遮蓋處，為無日光曝曬之皮膚對照點

度)、皮膚溼度。TEWL 與皮膚溫度之量測方式為將 probe 置於皮膚表面 120 秒並收取數據(量化分析時取後 30 秒之平均值作為代表)。SBFC 之量測將 probe 置於皮膚表面 120 秒並收取數據(量化分析時取後 90 秒之平均值作為代表), skin moisture 收取 4 次測量值, 每次 10 秒, 取其 4 次平均值作為代表。此外, 實驗中以問卷方式收取受試者於人工氣候暴露艙內對各溫濕度及風速之主觀感受。問卷調查將於每次暴露艙實驗中當受試者適應期結束、進行系列皮膚生理指標測量前執行, 以嘗試比較測量期間生理值之變化與受試者主觀熱感受之異同。

3.4.2 戶外日光曝曬實驗流程

本階段研究旨在模擬戶外活動情形(受測者穿著短袖衣物、配戴防曬袖套並維持靜態活動)下, 各生理指標(SCBF、TEWL、E-index、M-index、皮膚溼度、皮膚溫度、及耳溫)隨環境溫度、相對濕度及環境風速產生之變化, 以了解: 1)以上生理指標於皮膚表面以日光遮蔽物(袖套)覆蓋時反應短期與累積性日光紫外線暴露生成健康效應之有效性; 2)建立上述指標與自然紫外光曝曬強度之量化或半量化劑量-反應關係; 及 3)建立上述指標因應自然紫外光曝曬產生變化間之時程-反應關係。

本階段受測者須遵守衣著量及皮膚防護裝置之規定包括: 1)受測時服裝為短袖衣物及長褲; 2)實驗組受試者加穿過肘棉質手套; 4)受試者於實

驗進行期不可施用乳液、化妝、及藥用等保養產品；5)受試者於戶外自然日光曝曬期間不得使用其他防曬設備(如：陽傘、帽子、外套)。本階段受測者所使用防曬袖套與暴露艙階段所使用之防曬袖套一致。為有效評估日光紫外線暴露可產生之累積性效應，受試者於實驗期間須逐日填報每日戶外活動紀錄表。實驗進行同時收錄該室外環境內之乾球溫度、黑球溫度、相對濕度、及風速；並利用以上述值計算絕對溼度、濕球溫度、以及 WBGT 值。

圖 3-6 所示為戶外日光曝曬實驗之流程與皮膚生理指標測量方法。本階段實驗共進行戶外量測 16 次，自 99 年 7 月開始至 99 年 10 月共為期 4 個月，觀察受試者於長期時間後皮膚生理指標變化。實驗場所為中國醫藥大學立夫教學大樓戶外中庭無日光曝曬陰涼處(戶外陰涼處)及相同中庭區域內可受陽光照射處(自然日光紫外線曝曬處(見圖 3-7))。在本階段實驗正式開始前，全體參與人員於 16 樓職業安全與衛生學系皮膚暴露實驗室進行生理指標量測以建立個單次戶外測量值之比較基值。於各單次實驗中，受試者首先於立夫教學大樓戶外中庭無日光曝曬陰涼處(戶外陰涼處)靜坐 20 分鐘，而後進行皮膚生理指標測量。生理指標測量時須確定皮膚處於乾燥狀態。熱舒適問卷調查於生理指標量測前填寫。生理指標測量時須確定皮膚處於乾燥狀態。待戶外陰涼處測量完畢後，受測者前往相同中庭區域內可受陽光照射處(自然日光紫外線曝曬處)進行靜態活動

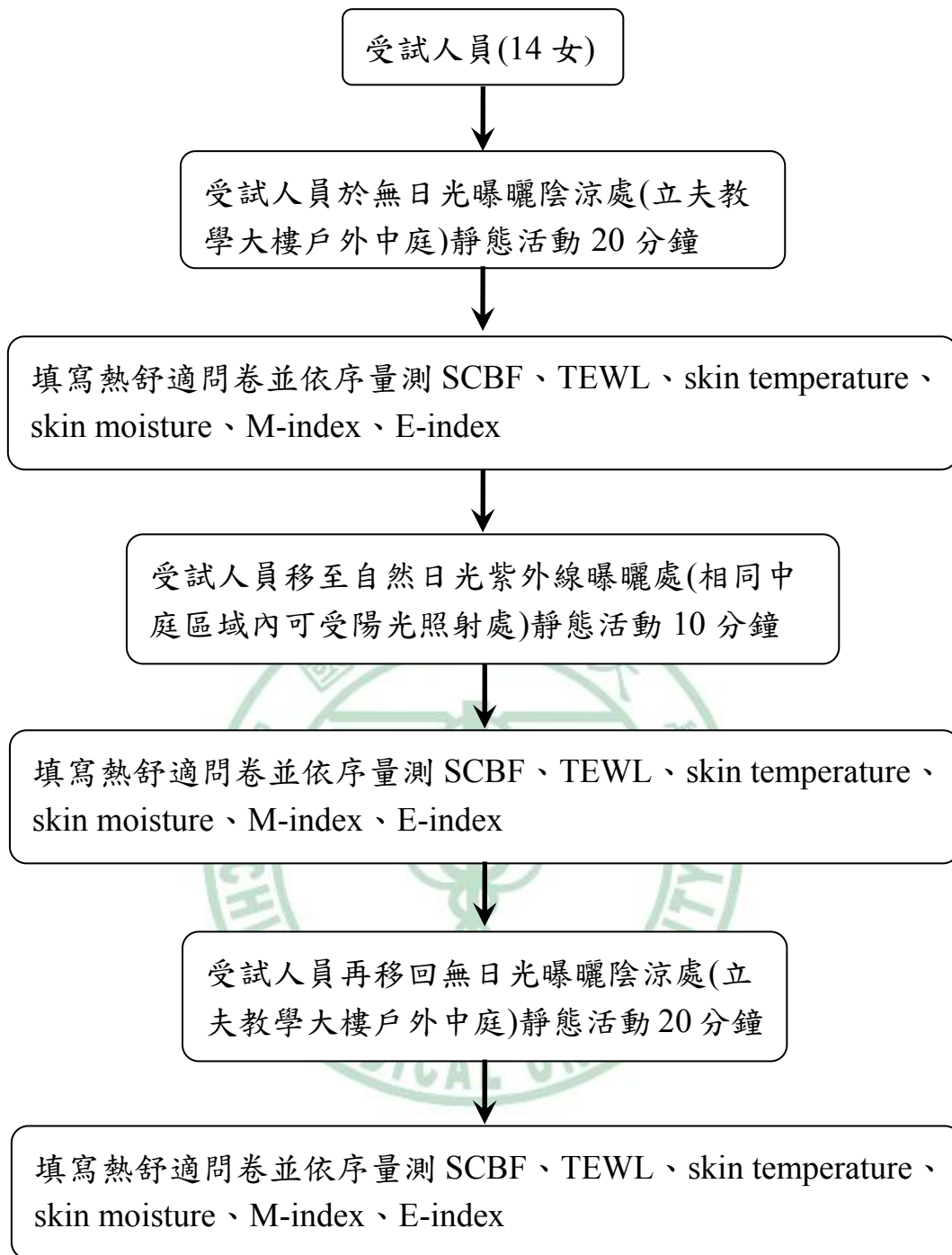


圖 3-6 戶外日光曝曬實驗之實驗流程與皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、經皮水分散失量(transepidermal water loss, TEWL)、皮膚溫度(skin temperature)、皮膚溼度(skin moisture)、人體熱感知之測量調查程序



圖 3-7 戶外日光曝曬實驗進行狀況：(a)戶外無日光曝曬陰涼處；(b)自然日光紫外線曝曬處；(c)受試者適應戶外環境實況(左為實驗組受試者，右為控制組受試者)

10 分鐘，之後進行皮膚生理指標測量。參與人員進行皮膚生理指標測量前亦須填寫熱舒適問卷。俟日光曝曬處實驗結束後，受測者再度回到無日光曝曬之戶外陰涼處並靜坐 20 分鐘，而後進行皮膚生理指標測量與熱舒適問卷調查。皮膚生理指標測量方面：SCBF、TEWL(及皮膚溫度)、皮膚溼度、E-index 及 M-index 值於受測人員前臂外側距腕關節約 10 cm 處與上臂內側距肘關節約 15 cm 處依序測量。SCBF 測量時將 probe 置於皮膚表面 120 秒並收取數據(量化分析時取後 30 秒之平均值作為代表)。TEWL 與皮膚溫度之測量時將 probe 置於皮膚表面 120 秒並收取數據(量化分析時取後 90 秒之平均值作為代表)；skin moisture 收取 4 次測量值，每次 10 秒，取其 4 次平均值作為代表；E-index 及 M-index 則收取連續 10 次(每秒一次)之測量值，取其 10 次平均值作為代表。在日光直接照射處進行測量時，實驗步驟與戶外陰涼處之步驟相同。每次進行戶外日光曝曬實驗時，亦以問卷方式收取受試者對於自然物理環境之主觀感受。問卷調查分三次進行，第一次為受測人員於戶外陰涼處靜坐 20 分鐘後進行填寫，第二次為於自然日光照射處接受日光曝曬 10 分鐘後填寫，第三次則為受試者結束日光曝曬後回至戶外陰涼處靜坐 20 分鐘後進行填寫。

此外，執行戶外日光曝曬實驗時，亦以 CENTER 314 數位溫濕度表收錄戶外環境內之乾球溫度、黑球溫度、及相對濕度，並利用 Model 8386 VELOCICALC[®] Plus Air Velocity Meter 收錄環境風速，爾後利用以上數值

與相對濕度表(psychrometric chart)⁽⁶²⁾推估自然濕球溫度，並計算 WBGT。為與戶外活動紀錄表對照日光紫外線之強度，本研究透過與中央氣象局大氣物理科合作，收集台灣中部地區 99 年夏季(7 至 10 月)每日即時紫外線輻射量資料(UVI)⁽⁶⁴⁾。中央氣象局之資料來源為其台中氣象站(位於台中公園內，東經 24.08 度；北緯 120.40 度)所監測之每小時整點 UVB 輻射值(100J/m²/hr)。99 年 7 月至 10 月之逐日、逐時 UVI 即時測報值收錄於附錄 E。

3.4.3 日光紫外線指數與累積輻射計量之計算

為有效評估長期接受紫外線曝曬可能對生理指標產生之累積性效應，本研究透過以下公式計算紫外光累積輻射劑量(irradiance)：

$$Irradiance_{UV} = \sum_{Ist\ Measure}^{Current\ Measure} (UVI_{Hourly} \cdot Weight\ of\ Exposure) \quad (Eq. 3-1)$$

Eq. 3-1 中 UVI_{Hourly} 為自戶外日光實驗開始至累積曝曬計算時間點間，中央氣象局台中地區每日上午7時至下午6時間紫外光即時監測之每小時平均值(每日共有11平均值，分別為上午7-8時、上午8-9時、上午9-10時、上午10-11時、上午11至正午12時、正午12時至下午1時、下午1-2時、下午2-3時、下午3-4時、下午4-5時、下午5-6時之即時監測值之平均數值)。平均值之定義為監測時段起始時間與結束時間點紫外光監測值之平均，如上

午7-8時間之平均值為7時正與8時正之即時監測值之平均數值。*Weight of Exposure*為每日每小時間受測人員實際曝曬時間(依受測人員所提供之「戶外活動紀錄表」決定)加權指數，為0, 1, 2, 3, 4, 5，分別代表曝曬時間為低於10分鐘、10-20分鐘、20-30分鐘、30-40分鐘、40-50分鐘、50-60分鐘。所以*Irradiance_{uv}*(100 J/m²/hr)為每次進行戶外實驗時，各受試者自第一次測量日上午7時起，迄該測量日之間的紫外光累積輻射劑量。

第五節 資料統計與分析

3.5.1 暴露艙實驗結果統計分析

本階段所收集之前臂外側皮膚生理指標數據依據實驗組別(實驗組、控制組)分類進行統計分析。此外利用皮膚生理指標之平均值與標準差對應環境溫度、環境相對濕度變化之線性分佈作圖，探討不同環境物理因子變化對皮膚生理指標之影響程度與幅度。由於暴露艙實驗所量測之皮膚生理指標等數據呈現常態分布，因此暴露艙實驗所得之數據以有母數統計方法進行分析。首先各皮膚生理指標對應個別環境物理因子之關係以散佈圖(scatter plot)呈現，並於散佈圖中推導其線性迴歸方程式(linear regression equation)，解釋各皮膚生理指標受環境物理因子之影響關係。另外，在不同溫度、相對濕度所量測之生理指標利用單因子變異數分析

(one-way ANOVA)進行檢定，評估單一因子(環境溫度、環境相對濕度)對皮膚生理指標之影響是否達顯著差異。若差異達統計顯著性，則利用雪費多重比較法(Scheffé's multiple-comparisons procedure)⁽⁶⁶⁾觀察不同溫度間(相同相對濕度)、不同相對濕度間(相同溫度)皮膚生理指標量測值是否達顯著統計差異。環境溫濕度進一步轉換成絕對濕度以及WBGT，以分析皮膚生理指標平均值對應絕對濕度及WBGT之分佈與其中個別受測者數值之散佈，並於散佈圖中推導線性迴歸方程式。此外，實驗組與控制組之皮膚生理指標測量值另以表列方式呈現，並使用student's *t* 檢定(student's *t* tests)分析各溫濕度組合間之實驗組與控制組生理指標值是否達統計顯著差異。實驗中前臂外側所測量之皮膚生理指標，含SCBF、TEWL、skin temperature、以及skin moisture，亦兩兩對應方式觀察其散佈，分析各皮膚生理指標受環境溫度、環境相對濕度、以及使用防曬袖套與否之影響。以上所述各散佈圖另進行以下統計分析：1)關聯性分析(correlation analysis)：以皮爾森積差相關係數(Pearson product moment correlation coefficient, r_p)呈現皮膚生理指標與環境物理因子或皮膚生理指標間之相關性，並檢定相關係數之線性強弱；2)線性分析：透過線性迴歸討論皮膚生理指標與環境物理因子或皮膚生理指標之可能線性關係，以判定係數表示(coefficient of determination, r^2)。

在此階段實驗中，受測人員主觀熱感知隨環境溫度、相對濕度改變產

生之變化，於實驗後以問卷調查熱感知投票值(thermal sensation vote, TSV)一次。為研究受測者熱感知隨環境溫度、環境相對濕度改變所產生之變化並量化其趨勢，受測人員於各環境溫濕度組合之實驗中均測量TSV值，並對應環境溫度、相對濕度、絕對濕度、及WBGT值進行分佈分析，以評估主觀熱感知受溫濕度之獨立與綜合影響。TSV對應皮膚生理指標之散佈分析進一步依使用防曬袖套與否分類，以探討在環境溫度、相對濕度對上項分佈之影響中，防曬袖套使用扮演的角色。以上所述各項分佈另進行前述之關聯性分析以及線性分析。

暴露艙實驗收集之數據並以多項式複迴歸分析(multiple regression analysis)檢驗環境溫度、環境相對濕度、以及防曬袖套使用與否等因子對於皮膚生理指標之綜合影響及其影響程度。分析結果以多項式複迴歸方程式(polynomial multiple linear regression equations)、複相關係數(multiple correlation coefficient)、複判定係數(coefficient of multiple determination)、調整複判定係數(adjusted coefficient of multiple determination)與相關統計檢定表示。複迴歸方程式進一步透過標準化複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)之建立，評估在去除各變項單位因素(亦即因環境物理因子測量單位不同所形成測量值間及其反應在方程式偏迴歸係數間之差異)後，環境物理因子對於皮膚生理指標的實際影響程度。暴露艙實驗除以複迴歸方程式與標準化複迴歸方程式呈現外，亦以逐步迴歸

法檢驗複迴歸方程式中各環境物理因子變項與皮膚生理指標之相關性，透過移除關聯性低之變數，增加線性迴歸之預測性。

3.5.2 戶外日光曝曬實驗結果統計分析

本階段研究所收集之前臂外側皮膚生理指標依據實驗組別(實驗組、控制組)、曝曬劑量(短期、累積性)以及戶外實驗地點(戶外前陰涼處、日光曝曬處、及戶外後陰涼處)分類進行統計分析。皮膚生理指標對應UVI(短期曝曬劑量單位)、irradiance(累積性曝曬劑量單位)、黑球溫度、及WBGT之分佈以散佈圖呈現，分析皮膚生理指標與日光紫外光曝曬劑量或與WBGT之相關性，並透過線性迴歸方程式量化推導人體皮膚因短期紫外線曝曬、累積性紫外線曝曬、以及綜合溫濕度環境之改變而產生之生理變化。戶外日光實驗數據以有母數統計進行分析。實驗組與控制組之皮膚生理指標測量值另以表列方式呈現，使用student's *t* 檢定(student's *t* tests)分析不同測量日量測所得之實驗組與控制組皮膚生理指標值在日光曝曬或無日光暴露情形下是否存有統計顯著差異(p -value < 0.05)。實驗中前臂外側與上臂內側所測量之皮膚生理指標，含SCBF、TEWL、skin temperature、skin moisture、E-index、以及M-index，亦以兩兩對應方式觀察其散佈，分析各皮膚生理指標受UVI、irradiance、黑球溫度、WBGT、以及使用防曬袖套與否之影響。以上所述各散佈圖另進行關聯性分析及線性分析表示。

在本階段實驗中，為探討日光照射對受測人員主觀熱舒適隨環境溫濕度改變產生之變化，故於戶外陰涼區及日光照射區測量皮膚生理指標前各進行問卷調查一次，共三次，評估受測者之TSV。戶外陰涼處與日光照射區實驗調查所得之TSV則對應同步量測所得之皮膚生理指標分析，以散佈圖呈現並進行關聯性分析，探討主觀感知與客觀皮膚生理指標之差異，及主、客觀指標與短期、累積性日光紫外線曝曬間之相關性，以及進行線性迴歸探討可能線性關係。TSV與皮膚生理指標之相關性依組別分類，以探討使用防曬袖套是否對主觀感知與客觀生理指標間之差異構成影響。以上所述各項分佈另進行關聯性分析。

日光照射實驗收集之數據並以多項式複迴歸分析方法檢驗環境溫度、環境相對濕度、日光輻射(含短期與累積性輻射)、環境風速、以及防曬袖套使用與否等因子對於皮膚生理指標之綜合影響及其影響程度。日光累積輻射資料部份，來源為中央氣象局大氣物理科提供之台灣夏季每日紫外線計量數據作為分析依據。分析結果以多項式複迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與相關統計檢定表示。複迴歸方程式進一步透過標準化複迴歸方程式之建立，評估在去除各變項單位因素(亦即因環境物理因子測量單位不同所形成測量值間及其反應在方程式偏迴歸係數間之差異)後，環境物理因子對於皮膚生理指標的實際影響程度。戶外日光實驗除以複迴歸方程式與標準化複迴歸方程式呈現外，

亦以逐步迴歸法檢驗複迴歸方程式中各環境物理因子變項與皮膚生理指標之相關系，透過移除關聯性低之變數，增加線性迴歸之預測性。



第四章 研究結果與討論

第一節 暴露艙實驗結果

暴露艙實驗階段共計 15 次，評估受試者皮膚生理指標於固定環境溫溼度狀況下(固定之溫度: 22、25、28、31、及 34°C；相對溼度: 45、60、及 75%)反應熱環境變化之改變趨勢，並同時評估防曬袖套使用對皮膚生理指標之影響，並比較使用防曬袖套與使用防曬乳液兩種不同防曬措施反應熱環境變化間之差異。使用防曬乳液影響之資料來源為陳玉潔⁽²⁰⁾之研究；該資料由原作者提供並同意進行重新分析。以下各節將分別討論 TEWL、skin moisture、SCBF、skin temperature 等不同生理指標測量分析之結果。

4.1.1 室內環境熱因子及防曬袖套使用對經皮水分散失量之影響

表 4-1 為在不同環境溫溼度組合狀況下，實驗組與控制組間前臂外側 TEWL 之實驗組－控制組比值。防曬袖套使用對 TEWL 之影響以 Student's *t* test 檢定是否據統計顯著性。由表中發現在環境溫度 28°C/環境相對濕度 75%、環境溫度 31°C/環境相對濕度 75%、以及環境溫度 34°C/環境相對濕度 45%時實驗組之 TEWL 量測值較控制組低，其餘溫溼度組合則實驗組高於控制組，但統計檢定結果顯示皆無顯著差異(p -value > 0.05)。圖 4-1

表 4-1 實驗組與控制組前臂外側皮膚於不同環境溫溼度之經皮水份散

失度(TEWL)量測值^a、實驗組－控制組比值、及統計檢定結果^b

前臂外側 TEWL 量測值					
溫度	相對濕度	實驗組	控制組	實驗組/控制組	<i>p</i> -value
22	45%	7.06 ± 1.16	6.82 ± 0.74	1.05 ± 0.19	0.651
	60%	6.73 ± 1.29	6.21 ± 1.05	1.11 ± 0.26	0.427
	75%	6.02 ± 1.56	5.76 ± 1.16	1.09 ± 0.34	0.723
25	45%	7.48 ± 1.55	7.51 ± 0.69	1.00 ± 0.21	0.928
	60%	7.43 ± 1.03	7.49 ± 0.55	1.00 ± 0.15	0.900
	75%	6.88 ± 1.39	6.69 ± 0.86	1.04 ± 0.24	0.775
28	45%	9.48 ± 1.79	9.53 ± 0.76	1.00 ± 0.19	0.952
	60%	8.48 ± 1.62	8.29 ± 1.38	1.05 ± 0.26	0.814
	75%	8.38 ± 2.34	10.57 ± 7.35	0.99 ± 0.43	0.467
31	45%	12.71 ± 2.79	10.59 ± 3.58	1.36 ± 0.60	0.240
	60%	17.39 ± 15.38	11.85 ± 4.83	1.61 ± 1.42	0.381
	75%	15.25 ± 12.09	18.29 ± 8.54	0.98 ± 0.86	0.597
34	45%	16.35 ± 8.95	24.22 ± 13.31	0.83 ± 0.57	0.219
	60%	18.48 ± 15.19	30.24 ± 16.78	1.47 ± 1.61	0.841
	75%	26.55 ± 13.21	26.53 ± 10.76	1.16 ± 0.74	0.997

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之差異以 Student's *t* test 檢定

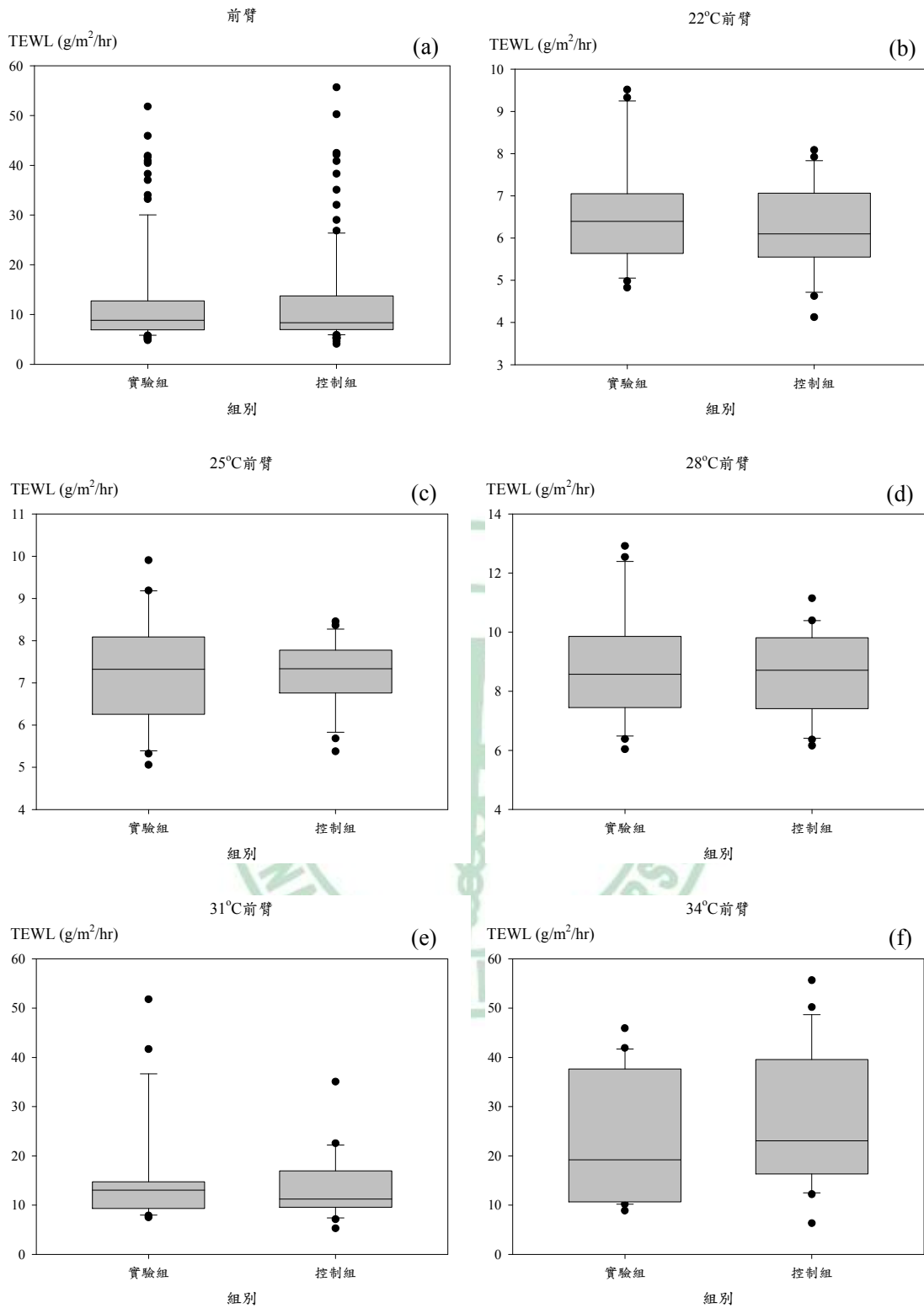


圖 4-1 暴露艙實驗中實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)前臂外側
 經皮水份散失度(TEWL)盒型圖：(a)全部溫度組合；(b)22°C；
 (c)25°C；(d)28°C；(e)31°C；(f)34°C

為暴露艙實驗中實驗組與控制組前臂外側 TEWL 全部環境溫度組合及個別溫度之盒型圖(box plots)。由圖中亦可發現，除環境溫度為 34°C 時實驗組較控制組低外，其餘溫度組合之實驗組分佈較控制組高，推測可能為高環境溫度使用時防曬袖套抑制皮膚排汗現象發生，使體內多餘熱不易以水蒸氣型態逸散出體外產生之現象。

此外另探討環境物理因子變化量對 TEWL 影響、不同組別間之差異是否顯著。表 4-2 為實驗組受試者前臂外側皮膚之 TEWL 量測值於相同環境相對濕度下隨不同環境溫度之變化；不同溫度間之差異以 one-way ANOVA 檢定。環境相對濕度為 45%、60%、以及 75%時，不同環境溫度間之 TEWL 具統計顯著差異(環境相對濕度 45%、60%、以及 75%之 p -value 分別為 0.002、0.001、 < 0.001)，顯示環境溫度之變化確對 TEWL 造成影響。經 Scheffe's 多重比較進一步分析發現，相對濕度 45%時，環境溫度 22 °C 對應 34 °C 與 25 °C 對應 34 °C 具顯著差異(p -value 分別為 0.010 與 0.016)；相對濕度 60%時，環境溫度 25 °C 對應 34 °C 與 28 °C 對應 34 °C 具顯著差異(p -value 分別為 0.009 與 0.014)。當相對濕度為 75%時，環境溫度 22 °C 對應 34 °C、25 °C 對應 34 °C、以及 28 °C 對應 34 °C 具顯著差異(p -value 分別為 0.002、0.003、以及 0.007)。以上結果顯示，防曬袖套使用會對因環境溫度變化產生之 TEWL 變異造成影響，尤其於高環境相對濕度(75%)時更為明顯。以上結果顯示在高溫高濕環境使用防曬袖套時

表 4-2 實驗組(使用袖套)於相同相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側經皮水份散失度(TEWL)之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定		45%之 Scheffe's 多重比較		60%之 Scheffe's 多重比較		75%之 Scheffe's 多重比較				
		F-value	p-value	p-value		p-value		p-value				
前 臂 外 側	45%	5.629	0.002 ^b	22°C	25°C	1.000	22°C	25°C	1.000	22°C	25°C	1.000
				28°C	0.895	28°C	0.998	28°C	0.990			
				31°C	0.236	31°C	0.397	31°C	0.363			
				34°C	0.010 ^b	34°C	0.070	34°C	0.002 ^b			
	60%	6.430	0.001 ^b	25°C	28°C	0.945	25°C	28°C	1.000	25°C	28°C	0.998
				31°C	0.308	31°C	0.466	31°C	0.461			
				34°C	0.016 ^b	34°C	0.009 ^b	34°C	0.003 ^b			
				28°C	31°C	0.750	28°C	31°C	0.576	28°C	31°C	0.649
	75%	7.820	0.000 ^b	34°C	0.095	34°C	0.014 ^b	34°C	0.007 ^b			
				31°C	34°C	0.656	31°C	34°C	0.357	31°C	34°C	0.178

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

皮膚排汗需求增大。表 4-3 為控制組人員前臂外側皮膚之 TEWL 量測值於相同環境相對濕度下隨不同環境溫度之變化；不同相對濕度組別間之差異以 one-way ANOVA 檢定。結果顯示：環境相對濕度為 45%、60%、以及 75%時，不同環境溫度間之 TEWL 具統計顯著差異(環境相對濕度 45%、60%、以及 75%之 p -value 皆為 < 0.001)。經 Scheffe's 多重比較進一步分析發現，環境相對濕度 45%時，環境溫度 22 °C 對應 34 °C、25 °C 對應 34 °C、28 °C 對應 34 °C、以及 31 °C 對應 34 °C 具顯著差異(p -value 分別為 < 0.001 、 0.001 、 0.004 、以及 0.008)；相對濕度 60%時，環境溫度 22 °C 對應 34 °C、25 °C 對應 34 °C、28 °C 對應 34 °C、以及 31 °C 對應 34 °C 具顯著差異(p -value 分別為 < 0.001 、 < 0.001 、 < 0.001 、以及 0.004)。當環境相對濕度為 75%時，環境溫度 22 °C 對應 34 °C、25 °C 對應 34 °C、以及 28 °C 對應 34 °C 具顯著差異(p -value 分別為 < 0.001 、 < 0.001 、以及 0.005)。以上結果說明，未使用防曬袖套時受試者之 TEWL 對環境溫度之變化較為敏感；此差異可能肇因於使用防曬袖套易抑制人體皮膚正常排汗，由於環境相對濕度適中時(60%)較為明顯。

表 4-4 為實驗組前臂外側皮膚 TEWL 量測值於相同環境溫度下隨不同相對濕度之變化；不同相對濕度組別間之差異以 one-way ANOVA 檢定。表 4-5 為控制組前臂外側皮膚 TEWL 量測值於相同環境溫度下隨不同環境相對濕度之變化；差異亦以 one-way ANOVA 檢定。結果顯示：在任何

表 4-3 控制組(未使用袖套)於相同相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側經皮水份散失度(TEWL)之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定		45%之 Scheffe's 多重比較		60%之 Scheffe's 多重比較		75%之 Scheffe's 多重比較				
		F-value	p-value	p-value		p-value		p-value				
前 臂 外 側	45%	9.322	0.000 ^b	22°C	25°C	1.000	22°C	25°C	0.999	22°C	25°C	0.999
				28°C	0.953	28°C	0.993	28°C	0.797			
				31°C	0.859	31°C	0.771	31°C	0.043			
				34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b			
	60%	11.274	0.000 ^b	25°C	28°C	0.984	25°C	28°C	1.000	25°C	28°C	0.876
				31°C	0.927	31°C	0.895	31°C	0.072			
				34°C	0.001 ^b	34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b			
				28°C	31°C	0.999	28°C	31°C	0.947	28°C	31°C	0.391
	75%	10.981	0.000 ^b	34°C	0.004 ^b	34°C	0.000 ^b	34°C	0.005 ^b			
				31°C	34°C	0.008 ^b	31°C	34°C	0.004 ^b	31°C	34°C	0.327

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

表 4-4 實驗組(使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側經皮水份散失度(TEWL)之統計檢定^a

One-way ANOVA 檢定			22°C 之 Scheffe's 多重比較		25°C 之 Scheffe's 多重比較		28°C 之 Scheffe's 多重比較		31°C 之 Scheffe's 多重比較		34°C 之 Scheffe's 多重比較							
溫度	F-value	p-value	p-value		p-value		p-value		p-value		p-value							
前 臂 外 側	22	1.086	0.359	45%	60%	0.899	45%	60%	0.981	45%	60%	0.637	45%	60%	0.748	45%	60%	0.231
	25	0.565	0.578		75%	0.373		75%	0.613		75%	0.580		75%	0.917		75%	0.346
	28	0.685	0.517	60%	75%	0.626	60%	75%	0.726	60%	75%	0.995	60%	75%	0.940	60%	75%	0.960
	31	0.296	0.748															
	34	1.839	0.188															

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

表 4-5 控制組(未使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側經皮水份散失度(TEWL)之統計檢定^a

	One-way ANOVA 檢定			22°C 之 Scheffe's 多重比較			25°C 之 Scheffe's 多重比較			28°C 之 Scheffe's 多重比較			31°C 之 Scheffe's 多重比較			34°C 之 Scheffe's 多重比較		
	溫度	F-value	p-value	p-value		p-value		p-value		p-value		p-value		p-value				
前 臂 外 側	22	2.012	0.163	45%	60%	0.533	45%	60%	0.998	45%	60%	0.869	45%	60%	0.927	45%	60%	0.722
	25	2.972	0.077	75%		0.164	75%		0.129	75%		0.904	75%		0.084	75%		0.953
	28	0.484	0.624	60%	75%	0.697	60%	75%	0.144	60%	75%	0.624	60%	75%	0.164	60%	75%	0.882
	31	3.287	0.061															
	34	0.338	0.718															

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

環境溫度下，環境相對濕度之變化皆不會對受試者之 TEWL 造成影響，即使受試者使用防曬袖套亦同。進一步使用 Scheffe's 多重比較分析所得之結果亦無觀察出任何影響，說明 TEWL 明顯受到環境溫度變化之影響，但受環境相對濕度變化影響則不明顯。

4.1.2 室內環境熱因子及防曬袖套使用對皮膚濕度之影響

表 4-6 為在不同環境溫溼度組合下，實驗組與控制組間前臂外側 skin moisture 之實驗組－控制組比值；使用防曬袖套對 skin moisture 之影響並以 Student's *t* test 檢定是否具統計顯著性。在環境溫溼度組合為 28°C/相對濕度 75% 以及環境溫度 31°C/相對濕度 75% 時，實驗組之 TEWL 較控制組低，其餘溫溼度組合則實驗組高於控制組；以上差異不具統計顯著性 ($p\text{-value} > 0.05$)。圖 4-2 為暴露艙實驗中實驗組與控制組前臂外側 skin moisture 全部溫度組合及個別溫度之盒型圖。如圖所示，控制組之 skin moisture 分布範圍較實驗組廣，推測可能原因為實驗組所使用之防曬袖套除抑制排汗外亦影響皮膚表面濕度之蓄積。

在環境物理因子變化量對 skin moisture 之影響隨防曬袖套使用產生之差異方面：表 4-7 所示為實驗組前臂外側皮膚 skin moisture 於相同相對濕度下隨不同環境溫度之變化；環境溫度組間之差別以 one-way ANOVA 檢定。在相對濕度為 45%、60%、以及 75% 時，不同環境溫度間所量測之

表 4-6 前臂外側皮膚在使用與未使用防曬袖套狀況下於不同環境溫溼度之皮膚濕度(skin moisture)量測值^a、實驗組－控制組比值、及統計檢定^b

前臂外側 skin moisture 量測值					
溫度	相對濕度	實驗組	控制組	實驗組/控制組	<i>p</i> -value
22	45%	87.00 ± 53.41	67.93 ± 30.13	1.53 ± 1.16	0.427
	60%	103.07 ± 31.33	105.11 ± 23.81	1.03 ± 0.38	0.893
	75%	109.71 ± 54.35	149.82 ± 69.11	0.91 ± 0.68	0.251
25	45%	96.07 ± 37.50	96.04 ± 35.04	1.20 ± 0.65	0.999
	60%	148.57 ± 81.58	138.57 ± 50.97	1.30 ± 1.07	0.788
	75%	194.50 ± 84.73	185.57 ± 91.37	1.29 ± 0.81	0.853
28	45%	120.36 ± 59.33	120.25 ± 94.90	1.46 ± 1.19	0.998
	60%	138.11 ± 73.90	151.89 ± 85.97	1.16 ± 0.85	0.753
	75%	257.46 ± 117.84	374.61 ± 232.69	0.89 ± 0.57	0.258
31	45%	146.96 ± 35.85	126.64 ± 58.91	1.37 ± 0.65	0.451
	60%	393.14 ± 350.78	301.50 ± 145.06	1.58 ± 1.57	0.535
	75%	343.75 ± 214.46	676.82 ± 483.20	0.84 ± 0.82	0.121
34	45%	182.04 ± 68.04	262.75 ± 207.85	1.10 ± 0.89	0.348
	60%	489.57 ± 249.66	561.61 ± 316.55	1.33 ± 1.30	0.645
	75%	802.07 ± 301.90	1011.32 ± 531.87	1.03 ± 0.67	0.390

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 實驗組與控制組間差異以 Student's *t* test 檢定

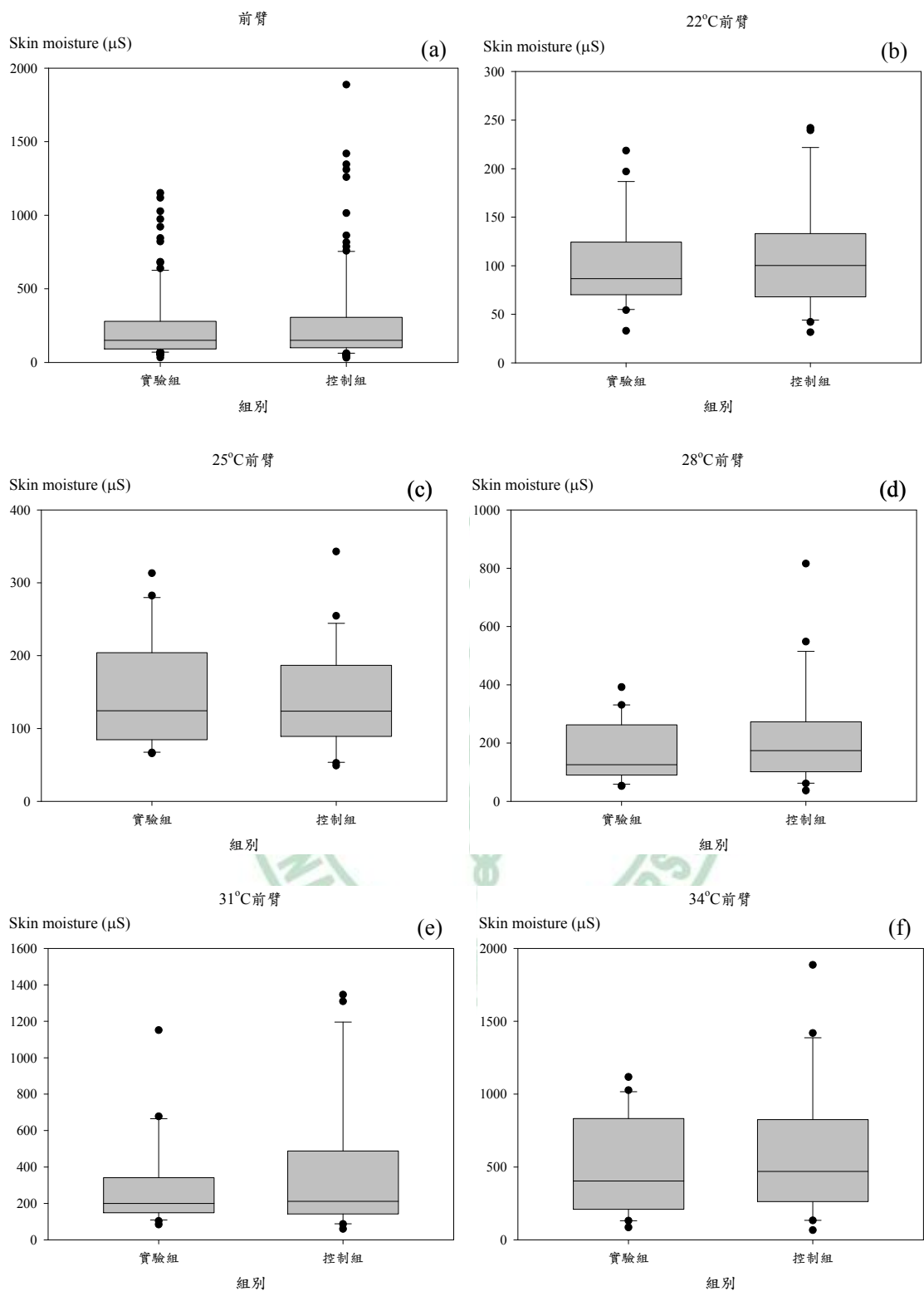


圖 4-2 暴露艙實驗中實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)前臂外側皮膚濕度(skin moisture)盒型圖：(a)全部溫度組合；(b)22°C；(c)25°C；(d)28°C；(e)31°C；(f)34°C

表 4-7 實驗組(使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚濕度(skin moisture)之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定		45%之 Scheffe's 多重比較		60%之 Scheffe's 多重比較		75%之 Scheffe's 多重比較				
		F-value	p-value	p-value		p-value		p-value				
前 臂 外 側	45%	3.609	0.016 ^b	22°C	25°C	0.991	22°C	25°C	0.996	22°C	25°C	0.939
				28°C		0.841	28°C		0.999	28°C		0.671
				31°C		0.358	31°C		0.144	31°C		0.231
				34°C		0.041 ^b	34°C		0.024 ^b	34°C		0.000 ^b
	60%	5.386	0.002 ^b	25°C	28°C	0.978	25°C	28°C	1.000	25°C	28°C	0.979
				31°C		0.634	31°C		0.286	31°C		0.662
				34°C		0.114	34°C		0.059	34°C		0.000 ^b
				28°C	31°C	0.923	28°C	31°C	0.247	28°C	31°C	0.935
	75%	15.991	0.000 ^b	34°C		0.330	34°C		0.048 ^b	34°C		0.000 ^b
				31°C	34°C	0.815	31°C	34°C	0.934	31°C	34°C	0.002 ^b

^a Skin moisture 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

skin moisture 具統計顯著差異(相對濕度 45%、60%、以及 75%之 p -value 分別為 0.016、0.002、 < 0.001)，顯示環境溫度之變化會對 skin moisture 造成影響。經 Scheffe's 多重比較進一步分析發現：環境相對濕度為 45% 時，只有環境溫度 22°C 對應 34°C 時有顯著差異(p -value 為 0.041)；環境相對濕度 60%時，環境溫度 22°C 對應 34°C 與 28°C 對應 34°C 有顯著差異(p -value 分別為 0.024 與 0.048)。當環境相對濕度為 75%時，環境溫度 22°C 對應 34°C、25°C 對應 34°C、28°C 對應 34°C、以及 31°C 對應 34°C 皆有顯著差異(22°C、25°C、28°C 對應 34°C p -value 為 < 0.001 、31°C 對應 34°C 則為 0.002)。以上結果顯示，skin moisture 因使用防曬袖套而產生之差異，在環境溫度變化大時較為顯著，尤其於高相對濕度(75%)時更為明顯。亦即在高相對濕度時，若使用防曬袖套，則環境溫度稍具變化，皮膚即會快速於表面累積水份。表 4-8 為控制組前臂外側皮膚之 skin moisture 於相同相對濕度下隨不同環境溫度之變化；不同環境溫度間之差異亦以 one-way ANOVA 檢定。當環境相對濕度為 45%、60%、以及 75% 時，不同環境溫度間所量測之 skin moisture 存有差異(相對濕度 45%之 p -value 為 0.018、60%及 75%之 p -value 皆為 < 0.001)。經 Scheffe's 多重比較進一步分析發現，相對濕度 45%時，環境溫度 22°C 對應 34°C 具顯著差異(p -value 為 0.036)；相對濕度 60%時，環境溫度 22°C 對應 34°C、25°C 對應 34°C、及 28°C 對應 34°C 具顯著差異(p -value 分別為 < 0.001 、

表 4-8 控制組(未使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚濕度(skin moisture)之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定		45%之 Scheffe's 多重比較		60%之 Scheffe's 多重比較		75%之 Scheffe's 多重比較				
		F-value	p-value	p-value		p-value		p-value				
前 臂 外 側	45%	3.534	0.018 ^b	22°C	25°C	0.993	22°C	25°C	0.997	22°C	25°C	1.000
				28°C		0.929	28°C		0.990	28°C		0.823
				31°C		0.895	31°C		0.300	31°C		0.110
				34°C		0.036 ^b	34°C		0.000 ^b	34°C		0.002 ^b
	60%	9.478	0.000 ^b	25°C	28°C	0.996	25°C	28°C	1.000	25°C	28°C	0.897
				31°C		0.990	31°C		0.487	31°C		0.155
				34°C		0.096	34°C		0.001 ^b	34°C		0.003 ^b
				28°C	31°C	1.000	28°C	31°C	0.570	28°C	31°C	0.611
	75%	7.781	0.000 ^b	34°C		0.204	34°C		0.002 ^b	34°C		0.033 ^b
				31°C	34°C	0.243	31°C	34°C	0.088	31°C	34°C	0.514

^a Skin moisture 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

0.001、以及 0.002)。當環境相對濕度為 75%時，環境溫度 22°C 對應 34°C、25°C 對應 34°C、以及 28°C 對應 34°C 具顯著差異(p -value 分別為 0.002、0.003、以及 0.033)。以上結果顯示：未使用防曬袖套人員之 skin moisture 量測值對環境溫度之變化較敏感，而防曬袖套之使用造成人體皮膚表面水分蓄積，故 skin moisture 隨溫度之變化不若控制組顯著。

表 4-9 為實驗組人員前臂外側皮膚之 skin moisture 於相同環境溫度下隨不同相對濕度之變化；相對濕度組別間之差異以 one-way ANOVA 檢定。在環境溫度為 28°C 與 34°C 時，不同相對濕度組間之結果具統計顯著差異(p -value 分別為 0.018 與 < 0.001)。經 Scheffe's 多重比較進一步分析發現，當環境溫度為 28°C 時，相對濕度 45%對應 75%之 skin moisture 量測值具顯著差異(p -value 為 0.029)；環境溫度為 34°C 時，相對濕度 45%對應 75%之 skin moisture 量測值具顯著差異(p -value 為 < 0.001)。表 4-10 為控制組人員前臂外側皮膚之 skin moisture 量測值於相同環境溫度下隨不同相對濕度之變化；不同濕度組間之差異以 one-way ANOVA 檢定。在環境溫度為 22°C、28°C、31°C 與 34°C 時，skin moisture 隨相對溼度之變化具顯著差異(p -value 分別為 0.012、0.011、0.008、與 0.006)。使用 Scheffe's 多重比較分析發現，當環境溫度為 22°C 時，環境相對濕度 45%對應 75%之 skin moisture 量測值具顯著差異(p -value 為 0.013)，環境溫度為 28°C 時，環境相對濕度 45%對應 75%以及 60%對應 75%之 skin moisture

表 4-9 實驗組(使用袖套)於同一環境溫度、不同環境相對濕度下，前臂外側皮膚濕度(skin moisture)之統計檢定^a

	One-way ANOVA 檢定			22°C 之 Scheffe's 多重比較			25°C 之 Scheffe's 多重比較			28°C 之 Scheffe's 多重比較			31°C 之 Scheffe's 多重比較			34°C 之 Scheffe's 多重比較		
	溫度	F-value	p-value	p-value		p-value		p-value		p-value		p-value		p-value				
前 臂 外 側	22	0.422	0.662	45%	60%	0.821	45%	60%	0.406	45%	60%	0.930	45%	60%	0.183	45%	60%	0.068
	25	3.342	0.058		75%	0.677		75%	0.059		75%	0.029 ^b		75%	0.326		75%	0.000 ^b
	28	5.106	0.018 ^b	60%	75%	0.967	60%	75%	0.497	60%	75%	0.061	60%	75%	0.928	60%	75%	0.063
	31	2.091	0.153															
	34	12.766	0.000 ^b															

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

表 4-10 控制組(未使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側皮膚濕度(skin moisture)之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定			22°C 之 Scheffe's 多重比較			25°C 之 Scheffe's 多重比較			28°C 之 Scheffe's 多重比較			31°C 之 Scheffe's 多重比較			34°C 之 Scheffe's 多重比較		
		溫度	F-value	p-value	p-value		p-value		p-value		p-value		p-value		p-value				
前 臂 外 側	22	5.649	0.012 ^b	45%	60%	0.336	45%	60%	0.473	45%	60%	0.927	45%	60%	0.548	45%	60%	0.357	
	25	3.460	0.054		75%	0.013 ^b		75%	0.054		75%	0.019 ^b		75%	0.009 ^b		75%	0.006 ^b	
	28	5.870	0.011 ^b	60%	75%	0.214	60%	75%	0.404	60%	75%	0.042 ^b	60%	75%	0.083	60%	75%	0.113	
	31	6.432	0.008 ^b																
	34	6.942	0.006 ^b																

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

具顯著差異(p -value 分別為 0.019 與 0.042)。當環境溫度為 31°C 時，相對濕度 45% 對應 75% 之 skin moisture 具顯著差異(p -value 為 0.009)；環境溫度為 34°C 時，相對濕度 45% 對應 75% 之 skin moisture 量測值具顯著差異(p -value 為 0.006)。以上觀察顯示：未使用防曬袖套時，受測者之 skin moisture 反應環境相對濕度變化之程度較有使用防曬袖套時為高。推論以上現象之產生，防曬袖套對外界熱環境之隔離效果。當使用防曬袖套時，防曬袖套內之空間屬於與外界隔離之熱環境。因應人體熱調節現象之發生，此熱環境所蓄積之熱能無法與外界環境交換，造成皮膚表面溫度較高，進而促使 skin moisture 上升，無法正常反應與外界熱環境平衡之狀況。亦因此使用 one-way ANOVA 檢定時，不易觀察出 skin moisture 受環境相對濕度之影響。

4.1.3 室內環境熱因子及防曬袖套使用對皮膚微血流變化之影響

表 4-11 為在不同環境溫溼度組合狀況下，實驗組與控制組間前臂外側 SCBF 之實驗組－控制組比值，以及利用 Student's t test 檢定防曬袖套使用是否對 SCBF 造成影響之結果。在環境溫度 25°C/相對濕度 75%、環境溫度 28°C/相對濕度 60%、環境溫度 28°C/相對濕度 75%、環境溫度 31°C/相對濕度 75%、以及環境溫度 34°C/相對濕度 45% 時，實驗組之 SCBF 較控制組低，其餘溫溼度組合則較控制組高。但以上區別以 Student's t test

表 4-11 前臂外側皮膚在使用防曬袖套(實驗組)與未使用防曬袖套(控制組)狀況下於不同環境溫溼度之皮膚微血流變化(SCBF)量測值

^a、實驗組－控制組比值、及統計檢定^b

前臂外側 SCBF 量測值					
溫度	相對濕度	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
22	45%	14.07 ± 11.86	8.20 ± 3.22	1.93 ± 1.74	0.247
	60%	9.29 ± 2.66	8.16 ± 1.70	1.18 ± 0.40	0.363
	75%	9.67 ± 1.62	9.30 ± 2.57	1.14 ± 0.46	0.752
25	45%	11.57 ± 5.43	9.84 ± 1.89	1.22 ± 0.60	0.451
	60%	11.83 ± 3.05	9.86 ± 2.62	1.30 ± 0.55	0.219
	75%	8.90 ± 1.93	10.79 ± 3.98	0.91 ± 0.34	0.282
28	45%	14.71 ± 5.09	12.41 ± 6.00	1.39 ± 0.69	0.454
	60%	10.47 ± 1.78	18.79 ± 10.18	0.75 ± 0.43	0.075
	75%	16.33 ± 5.87	19.60 ± 8.08	0.96 ± 0.48	0.407
31	45%	17.99 ± 4.76	16.74 ± 7.83	1.33 ± 0.73	0.726
	60%	19.91 ± 11.15	13.59 ± 5.37	1.78 ± 1.43	0.201
	75%	21.73 ± 7.97	26.80 ± 12.32	0.94 ± 0.47	0.378
34	45%	17.11 ± 4.86	22.24 ± 5.46	0.81 ± 0.28	0.088
	60%	19.57 ± 3.96	23.29 ± 8.97	1.00 ± 0.51	0.345
	75%	23.31 ± 13.33	23.56 ± 7.67	1.12 ± 0.77	0.967

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 實驗組與控制組之差異以 Student's *t* test 檢定

檢定時並無統計顯著差異(p -value > 0.05)。圖 4-3 為暴露艙實驗中實驗組與控制組前臂外側 SCBF 全部溫度組合及個別溫度之盒型圖。由圖中發現，除環境溫度為 34°C 時控制組高於實驗組外，其餘環境溫度皆觀察到實驗組高於或接近控制組。整體而言，實驗組之 SCBF 高於控制組，可能原因為，如前述，因防曬袖套使用造成袖套內側形成局部過熱環境，導致 SCBF 增加以促進體熱散發。

表 4-12 為實驗組人員前臂外側皮膚之 SCBF 於相同相對濕度下隨環境溫度之變化；不同環境溫度間之差異以 one-way ANOVA 檢定。在相對濕度為 60%及 75%時，不同環境溫度間之 SCBF 存有顯著差異(相對濕度 60%以及 75%之 p -value 分別為 0.001 與 0.002)，顯示於高相對濕度時，環境溫度之變化對 SCBF 造成影響。使用 Scheffe's 多重比較分析發現，相對濕度 60%時，環境溫度 22°C 對應 31°C 與 22°C 對應 34°C 具顯著差異(p -value 分別為 0.030 與 0.038)；相對濕度 75%時，環境溫度 22°C 對應 34°C 與 25°C 對應 34°C 亦具顯著差異(p -value 分別為 0.039 與 0.026)。以上結果顯示，使用防曬袖套時，SCBF 因應環境溫度變化生成之改變於較高相對濕度(60%與 75%)時較明顯，亦即在高環境相對濕度時使用防曬袖套，只要環境溫度稍具變化，皮膚表面之微血流量則會增加。表 4-13 為控制組人員前臂外側皮膚之 SCBF 於相同相對濕度下隨不同環境溫度產生之變化；不同環境溫度間之差異亦以 one-way ANOVA 檢定。

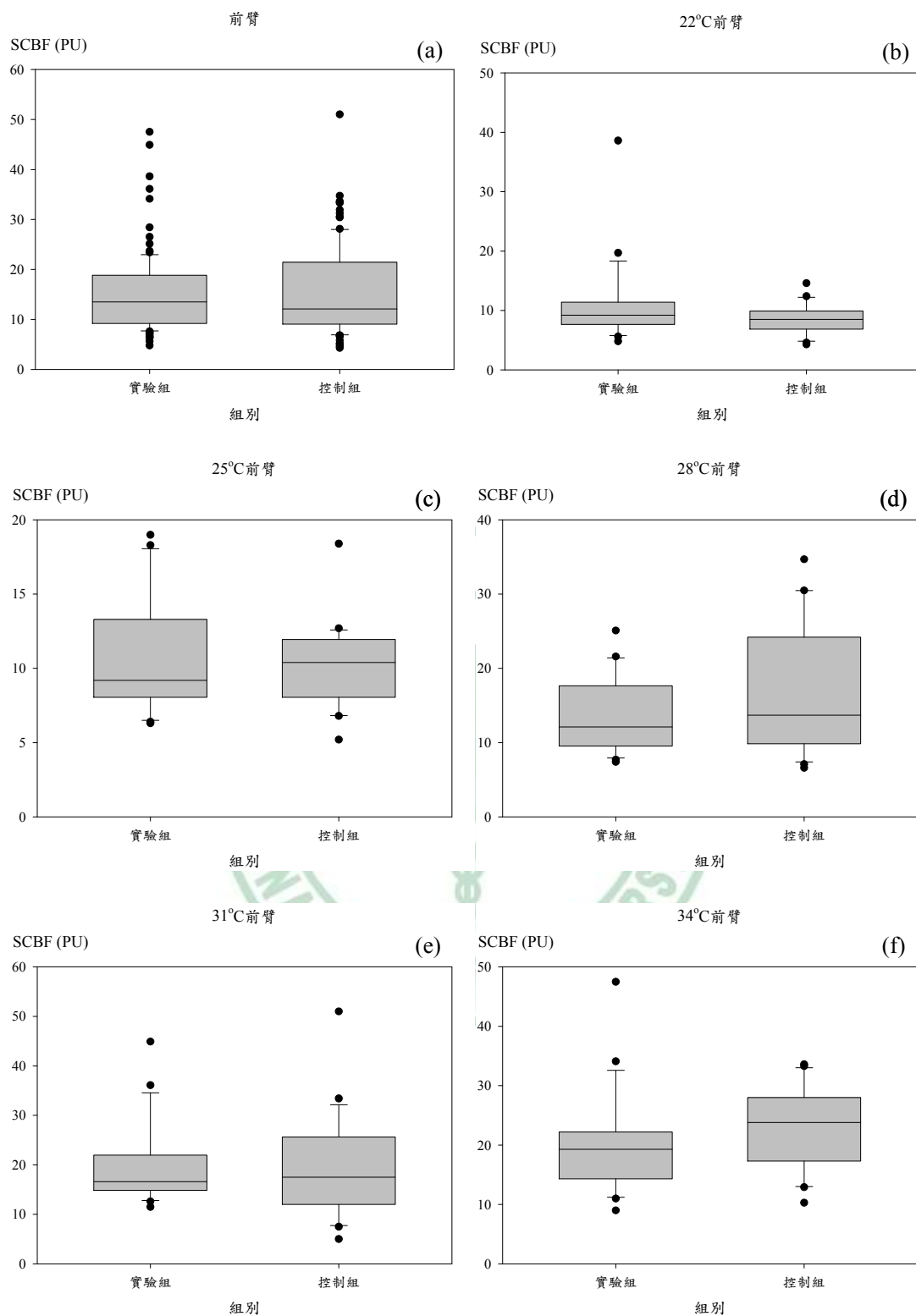


圖 4-3 暴露艙實驗中實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)盒型圖：(a)全部溫度組合；(b)22°C；(c)25°C；(d)28°C；(e)31°C；(f)34°C

表 4-12 實驗組(使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定		45%之 Scheffe's 多重比較		60%之 Scheffe's 多重比較		75%之 Scheffe's 多重比較				
		F-value	p-value	p-value		p-value		p-value				
前 臂 外 側	45%	0.941	0.454	22°C	25°C	0.977	22°C	25°C	0.948	22°C	25°C	1.000
				28°C	1.000	28°C	0.997	28°C	0.606			
				31°C	0.891	31°C	0.030 ^b	31°C	0.087			
				34°C	0.953	34°C	0.038 ^b	34°C	0.039 ^b			
	60%	5.767	0.001 ^b	25°C	28°C	0.948	25°C	28°C	0.995	25°C	28°C	0.501
				31°C	0.570	31°C	0.156	31°C	0.059			
				34°C	0.697	34°C	0.189	34°C	0.026 ^b			
				28°C	31°C	0.940	28°C	31°C	0.068	28°C	31°C	0.770
	75%	5.487	0.002 ^b	34°C	0.980	34°C	0.085	34°C	0.561			
				31°C	34°C	1.000	31°C	34°C	1.000	31°C	34°C	0.997

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

表 4-13 控制組(未使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定		45%之 Scheffe's 多重比較		60%之 Scheffe's 多重比較		75%之 Scheffe's 多重比較				
		F-value	p-value	p-value		p-value		p-value				
前 臂 外 側	45%	7.992	0.000 ^b	22°C	25°C	0.987	22°C	25°C	0.994	22°C	25°C	0.998
				28°C	0.700	28°C	0.091	28°C	0.214			
				31°C	0.086	31°C	0.680	31°C	0.006 ^b			
				34°C	0.001 ^b	34°C	0.006 ^b	34°C	0.036 ^b			
	60%	6.204	0.001 ^b	25°C	28°C	0.934	25°C	28°C	0.209	25°C	28°C	0.360
				31°C	0.234	31°C	0.893	31°C	0.014 ^b			
				34°C	0.004 ^b	34°C	0.018 ^b	34°C	0.074			
				28°C	31°C	0.679	28°C	31°C	0.714	28°C	31°C	0.562
	75%	6.959	0.000 ^b	34°C	0.034 ^b	34°C	0.809	34°C	0.920			
				31°C	34°C	0.455	31°C	34°C	0.146	31°C	34°C	0.960

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

在相對濕度為 45%、60%、以及 75%時，不同環境溫度間所量測之 SCBF 具顯著差異(相對濕度 60%之 p -value 為 0.001；45%以及 75%之 p -value 皆為 < 0.001)。經 Scheffe's 多重比較分析發現，相對濕度 45%時，環境溫度 22 °C 對應 34 °C、環境溫度 25 °C 對應 34 °C、及環境溫度 28 °C 對應 34 °C，SCBF 之差別具顯著差異(p -value 分別為 0.001、0.004、及 0.034)；相對濕度為 60%時，環境溫度 22 °C 對應 34 °C 以及 25 °C 對應 34 °C 之 SCBF 分佈具顯著差異(p -value 分別為 0.006 以及 0.018)。當相對濕度為 75%時，環境溫度 22 °C 對應 31 °C 與 34 °C 以及 25 °C 對應 34 °C 之 SCBF 分佈亦具顯著差異(p -value 分別為 0.006、0.036、以及 0.014)。以上結果顯示：未使用防曬袖套人員之 SCBF 對環境溫度之變化較敏感較，但實驗組人員於低相對濕度時無顯著差異，推論可能因使用防曬袖套造成測量當下之 SCBF 並非反應外界環境(即未與外界熱環境進行熱交換)。受到防曬袖套所產生之隔離蓄熱影響，無法確切觀察環境溫度變化對 SCBF 之影響程度高低。

表 4-14 為實驗組人員前臂外側皮膚之 SCBF 於相同環境溫度下隨不同相對濕度之變化；不同相對濕度間之差異以 one-way ANOVA 檢定。表 4-15 為控制組人員前臂外側皮膚之 SCBF 於相同環境溫度下隨不同環境相對濕度之變化；不同相對濕度間之差異亦以 one-way ANOVA 檢定。在任何環境溫度下，相對濕度之變化皆不會對人員之 SCBF 形成影響，

表 4-14 實驗組(使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定		22°C 之 Scheffe's 多重比較		25°C 之 Scheffe's 多重比較		28°C 之 Scheffe's 多重比較		31°C 之 Scheffe's 多重比較		34°C 之 Scheffe's 多重比較						
溫度		F-value	p-value	p-value		p-value		p-value		p-value		p-value						
前 臂 外 側	22	0.987	0.392	45%	60%	0.465	45%	60%	0.992	45%	60%	0.252	45%	60%	0.912	45%	60%	0.865
	25	1.299	0.297		75%	0.521		75%	0.431		75%	0.808		75%	0.710		75%	0.413
	28	3.025	0.074	60%	75%	0.995	60%	75%	0.367	60%	75%	0.085	60%	75%	0.921	60%	75%	0.717
	31	0.350	0.710															
	34	0.943	0.408															

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

表 4-15 控制組(未使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)之統計檢定^a

		One-way ANOVA		22°C 之 Scheffe's		25°C 之 Scheffe's		28°C 之 Scheffe's		31°C 之 Scheffe's		34°C 之 Scheffe's						
		檢定		多重比較		多重比較		多重比較		多重比較		多重比較						
溫度		F-value	p-value	p-value		p-value		p-value		p-value		p-value						
前 臂 外 側	22	0.444	0.648	45%	60%	1.000	45%	60%	1.000	45%	60%	0.376	45%	60%	0.808	45%	60%	0.967
	25	0.233	0.794		75%	0.730		75%	0.839		75%	0.294		75%	0.140		75%	0.948
	28	1.574	0.234	60%	75%	0.712	60%	75%	0.843	60%	75%	0.983	60%	75%	0.042 ^b	60%	75%	0.998
	31	4.134	0.033 ^b															
	34	0.060	0.942															

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

只於人員未使用防曬袖套，且環境溫度為 31°C 時觀察到具顯著差異 (p -value 為 0.033)。進一步使用 Scheffe's 多重比較分析發現，相對濕度 60% 對應 75% 時，SCBF 之分佈具顯著差異 (p -value 為 0.042)。以上結果說明：雖然在環境溫度為 31°C 時，相對濕度會對 SCBF 產生影響；但整體而言 SCBF 受到環境溫度變化之影響較明顯，受相對濕度變化影響則不明顯。

4.1.4 室內環境熱因子及防曬袖套使用對皮膚溫度變化之影響

表 4-16 為在不同環境溫溼度組合下，實驗組與控制組間前臂外側 skin temperature 實驗組－控制組比值、以及利用 Student's t test 檢定防曬袖套使用是否對 skin temperature 造成影響之結果。結果顯示在環境溫度 25°C/ 相對濕度 45%、環境溫度 31°C/ 相對濕度 60%、環境溫度 31°C/ 相對濕度 75%、以及環境溫度 34°C/ 相對濕度 60% 時之實驗組 skin temperature 量測值略低於控制組，其餘溫溼度組合則實驗組略高於或與控制組相等，但以上結果經 Student's t test 檢定則並未發現無顯著差異 (p -value > 0.05)。圖 4-4 為暴露艙實驗中實驗組與控制組前臂外側 skin temperature 全部溫度組合及個別溫度之盒型圖。由圖中發現，除環境溫度為 31°C 時控制組之分佈明顯高於實驗組外，其餘環境溫度皆觀察到實驗組高於或與控制組接近；整體而言實驗組高於控制組。以上結果說明使用防曬袖套時，

表 4-16 前臂外側皮膚在使用防曬袖套(實驗組)與未使用防曬袖套(控制組)狀況下於不同環境溫溼度之皮膚溫度(skin temperature)之量測值^a、實驗組－控制組比值、及統計檢定^b

前臂外側 skin temperature 量測值					
溫度	相對濕度	實驗組	控制組	實驗組/控制組	<i>p</i> -value
22	45%	24.07 ± 0.39	23.67 ± 0.60	1.02 ± 0.03	0.165
	60%	23.03 ± 1.22	23.03 ± 1.50	1.00 ± 0.08	0.997
	75%	22.78 ± 1.32	22.86 ± 0.76	1.00 ± 0.06	0.896
25	45%	25.72 ± 0.70	26.09 ± 1.19	0.99 ± 0.05	0.486
	60%	26.66 ± 1.05	26.42 ± 1.17	1.01 ± 0.06	0.696
	75%	26.09 ± 1.00	25.70 ± 1.02	1.02 ± 0.05	0.482
28	45%	29.29 ± 0.99	29.24 ± 1.03	1.00 ± 0.05	0.928
	60%	29.05 ± 0.64	29.14 ± 0.59	1.00 ± 0.03	0.793
	75%	29.65 ± 0.91	29.77 ± 0.96	1.00 ± 0.04	0.814
31	45%	31.96 ± 0.69	31.83 ± 0.39	1.00 ± 0.02	0.680
	60%	32.10 ± 0.49	32.45 ± 0.32	0.99 ± 0.02	0.141
	75%	31.68 ± 0.90	32.43 ± 0.35	0.98 ± 0.03	0.062
34	45%	34.15 ± 0.67	34.33 ± 0.88	1.00 ± 0.03	0.664
	60%	34.10 ± 0.62	34.42 ± 1.65	0.99 ± 0.05	0.636
	75%	34.76 ± 0.29	34.81 ± 0.51	1.00 ± 0.02	0.802

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 實驗組與控制組之差異以 Student's *t* test 檢定

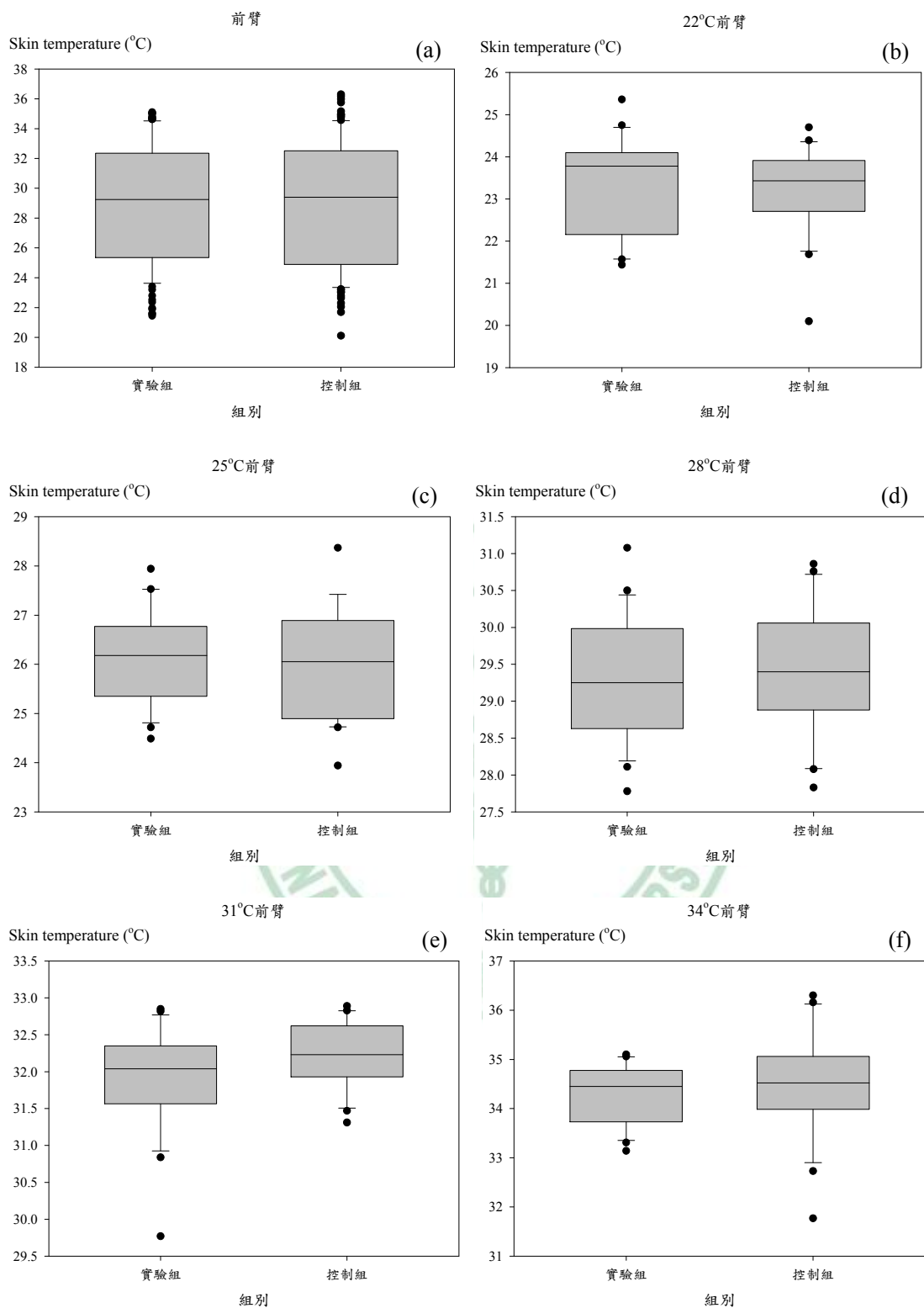


圖 4-4 暴露艙實驗中實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)前臂外側皮膚溫度(skin temperature)盒型圖：(a)全部溫度組合；(b)22°C；(c)25°C；(d)28°C；(e)31°C；(f)34°C

因防曬袖套內側形成局部過熱微環境出現，致使 skin temperature 升高。

表 4-17 為實驗組人員前臂外側皮膚之 skin temperature 於相同相對濕度下隨不同環境溫度之變化；不同環境溫度間之差異以 one-way ANOVA 檢定。在相對濕度為 45%、60%、以及 75%時，不同環境溫度間所量測之 skin temperature 具顯著差異(相對濕度 45%、60%、以及 75%之 p -value 皆為 < 0.001)，顯示在任何相對濕度時環境溫度之變化皆會對 skin temperature 造成影響。經 Scheffe's 多重比較進一步分析發現，相對濕度 45%、60%、以及 75%時，兩兩環境溫度組之間的 skin temperature 皆具顯著差異(p -value < 0.05)。表 4-18 為控制組人員前臂外側皮膚之 skin temperature 於相同相對濕度下隨不同環境溫度之變化；不同環境溫度間之差異以 one-way ANOVA 檢定。檢定結果與表 4-17 所示者相同：相對濕度為 45%、60%、及 75%時，不同環境溫度間所量測之 skin temperature 具顯著差異(相對濕度 45%、60%、及 75%之 p -value 皆為 < 0.001)。進一步使用 Scheffe's 多重比較分析亦發現，相對濕度為 45%、60%、及 75%時，不同環境溫度間，配對比較之下，skin temperature 之間皆具顯著差異(p -value < 0.05)。以上結果說明 skin temperature 能確實反應環境溫度，故不論於何種相對濕度下，環境溫度之變化皆為影響 skin temperature 之主要環境物理因子。

表 4-19 為實驗組人員前臂外側皮膚之 skin temperature 於相同環境溫

表 4-17 實驗組(使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚溫度(skin temperature)之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定		45%之 Scheffe's 多重比較		60%之 Scheffe's 多重比較		75%之 Scheffe's 多重比較				
		F-value	p-value	p-value		p-value		p-value				
前 臂 外 側	45%	240.482	0.000 ^b	22°C	25°C	0.005 ^b	22°C	25°C	0.000 ^b	22°C	25°C	0.001 ^b
				28°C	0.000 ^b	28°C	0.000 ^b	28°C	0.000 ^b			
				31°C	0.000 ^b	31°C	0.000 ^b	31°C	0.000 ^b			
				34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b			
	60%	185.337	0.000 ^b	25°C	28°C	0.000 ^b	25°C	28°C	0.000 ^b	25°C	28°C	0.000 ^b
				31°C	0.000 ^b	31°C	0.000 ^b	31°C	0.000 ^b			
				34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b			
	75%	172.114	0.000 ^b	28°C	31°C	0.000 ^b	28°C	31°C	0.000 ^b	28°C	31°C	0.010 ^b
				34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b			
				31°C	34°C	0.000 ^b	31°C	34°C	0.004 ^b	31°C	34°C	0.000 ^b

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

表 4-18 控制組(未使用袖套)於同一相對濕度、不同環境溫度下，前臂外側皮膚溫度(skin temperature)之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定		45%之 Scheffe's 多重比較		60%之 Scheffe's 多重比較		75%之 Scheffe's 多重比較				
		F-value	p-value	p-value		p-value		p-value				
前 臂 外 側	45%	169.774	0.000 ^b	22°C	25°C	0.001 ^b	22°C	25°C	0.000 ^b	22°C	25°C	0.000 ^b
				28°C	0.000 ^b	28°C	0.000 ^b	28°C	0.000 ^b			
				31°C	0.000 ^b	31°C	0.000 ^b	31°C	0.000 ^b			
				34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b			
	60%	107.233	0.000 ^b	25°C	28°C	0.000 ^b	25°C	28°C	0.004 ^b	25°C	28°C	0.000 ^b
				31°C	0.000 ^b	31°C	0.000 ^b	31°C	0.000 ^b			
				34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b			
				28°C	31°C	0.000 ^b	28°C	31°C	0.000 ^b	28°C	31°C	0.000 ^b
	75%	282.295	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b	34°C	0.000 ^b			
				31°C	34°C	0.000 ^b	31°C	34°C	0.063	31°C	34°C	0.000 ^b

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

表 4-19 實驗組(使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側皮膚溫度(skin temperature)之統計檢定^a

		One-way ANOVA		22°C 之 Scheffe's		25°C 之 Scheffe's		28°C 之 Scheffe's		31°C 之 Scheffe's		34°C 之 Scheffe's						
		檢定		多重比較		多重比較		多重比較		多重比較		多重比較						
溫度		F-value	p-value	p-value		p-value		p-value		p-value		p-value						
前 臂 外 側	22	2.909	0.080	45%	60%	0.215	45%	60%	0.195	45%	60%	0.876	45%	60%	0.940	45%	60%	0.987
	25	1.815	0.191		75%	0.103		75%	0.756		75%	0.738		75%	0.770		75%	0.149
	28	0.858	0.440	60%	75%	0.215	60%	75%	0.671	60%	75%	0.445	60%	75%	0.568	60%	75%	0.113
	31	0.607	0.556															
	34	3.068	0.071															

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

度下隨不同相對濕度之變化；不同相對濕度間之差異以 one-way ANOVA 檢定。表 4-20 為控制組人員前臂外側皮膚之 skin temperature 於相同環境溫度下隨不同相對濕度之變化；不同相對濕度間之差異亦以 one-way ANOVA 檢定。如分析結果顯示：除了在未使用防曬袖套且環境溫度為 31°C 時(p -value 為 0.006)，相對濕度之變化皆不會對 skin temperature 造成影響。進一步使用 Scheffe's 多重比較分析發現：相對濕度 45% 對應 60% 以及 75% 時之 skin temperature 間具顯著差異(p -value 分別為 0.017 及 0.019)。以上結果說明：雖然在環境溫度為 31°C 時，未使用防曬袖套狀況下，相對濕度會對 skin temperature 產生影響，但整體而言 skin temperature 受到相對濕度變化影響較不明顯，主要影響因子仍為環境溫度—skin temperature 此生理指標對環境溫度敏感，對相對濕度不敏感。

4.1.5 室內環境物理力與使用防曬袖套對於主客觀熱舒適指標之綜合影響分析

表 4-21 為室內暴露艙實驗前臂外側個別皮膚生理指標—TEWL、skin moisture、SCBF、與 skin temperature—對應使用防曬袖套與否、環境溫度、以及環境相對濕度之多項式複迴歸方程式。Skin temperature 之複相關係數為所有測量之皮膚生理指標中最高者($r = 0.922$)，且複判定係數亦高達 0.851，顯示 skin temperature 複迴歸方程式具較高之代表性；各項皮

表 4-20 控制組(未使用袖套)於同一環境溫度、不同相對濕度下，前臂外側皮膚溫度(skin temperature)之統計檢定^a

	One-way ANOVA 檢定			22°C 之 Scheffe's 多重比較		25°C 之 Scheffe's 多重比較		28°C 之 Scheffe's 多重比較		31°C 之 Scheffe's 多重比較		34°C 之 Scheffe's 多重比較						
	溫度	F-value	p-value	p-value		p-value		p-value		p-value		p-value						
前 臂 外 側	22	1.206	0.322	45%	60%	0.521	45%	60%	0.867	45%	60%	0.978	45%	60%	0.017 ^b	45%	60%	0.989
	25	0.708	0.506		75%	0.359		75%	0.811		75%	0.540		75%	0.019 ^b		75%	0.731
	28	1.036	0.375	60%	75%	0.953	60%	75%	0.507	60%	75%	0.426	60%	75%	0.998	60%	75%	0.810
	31	6.798	0.006 ^b															
	34	0.362	0.701															

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

表4-21 暴露艙實驗前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)之多項式
 複迴歸方程式(multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj.
 r^2)與統計檢定

	多項式複迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = -0.39x_1 + 1.50x_2 + 0.06x_3 - 28.92$	0.636	0.405	0.396	< 0.001
Skin moisture	$y = -47.49x_1 + 36.10x_2 + 9.31x_3 - 1280.76$	0.661	0.437	0.429	< 0.001
SCBF	$y = -8.91x_1 + 0.33x_2 + 0.08x_3 - 5.62$	0.578	0.335	0.325	< 0.001
Skin temperature	$y = 0.13x_1 + 0.74x_2 + 0.00x_3 + 10.04$	0.922	0.851	0.849	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式是否具有線性關係

膚生理指標之複迴歸統計檢定結果(r^2 值)均達顯著差異(p -value 皆 < 0.001)。複迴歸分析結果進一步利用逐步迴歸法探討與個別生理指標關聯性最強之環境物理因子(環境溫濕度)與非環境因子(使用防曬袖套與否)。表 4-22 為多項式逐步迴歸分析結果。在各因子中，環境溫度是唯一同時對四項皮膚生理指標皆造成影響之環境物理力。此外，環境相對濕度變化會對 skin moisture 以及 SCBF 造成一定程度之影響；是否使用防曬袖套則會對 SCBF 產生影響。

為有效去除複迴歸中各自變項因子之偏迴歸係數(partial-regression coefficient)受該因子測量單位影響，以有效改善不同因子間偏迴歸係數之可比較性，多項式複迴歸方程式進一步標準化討論各生理指標與使用防曬袖套與否以及環境溫濕度間之關係。表 4-23 為暴露艙實驗前臂外側皮膚生理指標對應使用防曬袖套與否、環境溫度、以及環境相對濕度之標準化多項式複迴歸方程式。環境溫度於方程式中對各生理指標之影響程度最大(迴歸係數分別為 TEWL：0.61；skin moisture：0.54；SCBF：0.53；skin temperature：0.97)。Skin moisture 主要受到環境相對濕度影響；迴歸係數為 0.40。表 4-24 為前述標準化多項式複迴歸方程式之逐步迴歸方程式。此處經過逐步迴歸處理後之結果與未標準化多項式複迴歸方程式之逐步迴歸結果一致；環境溫度仍為對皮膚生理指標影響最大之因子。以上結果說明對於室內熱環境而言，環境溫度是最主要影響皮膚生理指標

表4-22 暴露艙實驗前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)之多項式
 複迴歸方程式(multiple regression equations)逐步迴歸(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、
 調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

	多項式逐步迴歸方程式	r	R^2	Adj. R^2	p -value ^c
TEWL	$y = 1.501 x_2 - 29.510$	0.631	0.398	0.395	< 0.001
Skin moisture	$y = 36.096 x_2 + 9.313 x_3 - 1304.505$	0.656	0.431	0.425	< 0.001
SCBF	$y = - 8.910 x_1 + 0.326 x_2 + 0.084 x_3 - 5.621$	0.578	0.335	0.325	< 0.001
Skin temperature	$y = 0.74x_2 + 10.26$	0.922	0.850	0.850	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式逐步迴歸方程式是否具有線性關係

表4-23 暴露艙實驗前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)之標準化
 多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判
 定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)、與統計檢定

	標準化多項式複迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = 0.00x_1 + 0.61x_2 + 0.08x_3 + 0.11$	0.632	0.399	0.390	< 0.001
Skin moisture	$y = 0.03x_1 + 0.54x_2 + 0.40x_3 + 0.10$	0.678	0.459	0.451	< 0.001
SCBF	$y = 0.04x_1 + 0.53x_2 + 0.11x_3 + 0.07$	0.574	0.330	0.320	< 0.001
Skin temperature	$y = 0.00x_1 + 0.97x_2 + 0.00x_3 + 0.03$	0.976	0.953	0.952	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、黑素指數(melanin-index, M-index)、以及紅斑指數(erythema-index, E-index)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式是否具有線性關係

表4-24 暴露艙實驗前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)之標準化
 多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)逐步迴歸(stepwise regression)、複相關係數
 (r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)、與統計檢定

	標準化多項式逐步複迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p-value ^c
TEWL	$y = 0.61x_2 + 0.11$	0.626	0.392	0.389	< 0.001
Skin moisture	$y = 0.54x_2 + 0.40x_3 + 0.12$	0.678	0.459	0.454	< 0.001
SCBF	$y = 0.53x_2 + 0.11x_3 + 0.08$	0.574	0.330	0.323	< 0.001
Skin temperature	$y = 0.97x_2 + 0.02$	0.976	0.953	0.953	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、黑素指數(melanin-index, M-index)、以及紅斑指數(erythema-index, E-index)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式是否具有線性關係

變化之環境物理力。若要避免生理熱調節負荷過度變化及皮膚障壁功能降低，最有效之方法為適當控制室內環境之溫度，避免於高溫環境中長時間置留。表 4-25 為暴露艙實驗受試者主觀熱感知對應使用防曬袖套與否、環境溫度、以及環境相對濕度之標準化多項式複迴歸方程式。影響受試者主觀熱感知之主要原因為環境溫度及是否使用防曬袖套，且複相關係數為 0.825、複判定係數為 0.681，顯示主觀熱感知之複迴歸方程式與皮膚生理指標之複迴歸相比具較高之代表性。

4.1.6 使用不同防曬措施對皮膚生理指標影響之差異

當使用不同紫外光輻射防護措施時，皮膚對應熱環境改變所產生之變化亦不盡相同。本節探討於相同熱環境時使用防曬袖套、使用防曬乳液、以及未使用任何防護措施三者間對前臂外側皮膚生理指標影響之差異。使用防曬乳液時皮膚生理變化現象之資料來自陳玉潔⁽²⁰⁾，並已獲作者授權進行交叉分析。

表 4-26 為暴露艙實驗受試者前臂外側 TEWL 在使用不同防曬措施與未使用防曬措施時之差異。TEWL 之變化首先依據室內環境溫濕度分類，並以 one-way ANOVA 統計檢定；而後各溫濕度組再透過 Scheffe's 多重比較分析防曬措施之使用方式間造成 TEWL 差異之顯著性。結果顯示：不論於何種環境溫濕度組合時，使用不同防曬措施與未使用之人員

表4-25 暴露艙實驗主觀熱感知^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)之多項式複迴歸方程式、標準化多項式複迴歸方程式及其逐步迴歸、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)、與統計檢定

TSV		r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
多項式複迴歸方程式	$y = 0.28x_1 + 0.30x_2 + 0.02x_3 - 8.87$	0.825	0.681	0.676	< 0.001
多項式逐步迴歸方程式	$y = 0.28x_1 + 0.30x_2 + 0.02x_3 - 8.87$	0.825	0.681	0.676	< 0.001
標準化多項式複迴歸方程式	$y = 0.28x_1 + 1.10x_2 + 0.15x_3 + 0.32$	0.825	0.681	0.676	< 0.001
標準化多項式逐步迴歸方程式	$y = 0.28x_1 + 1.10x_2 + 0.15x_3 + 0.32$	0.825	0.681	0.676	< 0.001

^a 主觀指標為熱感知投票值(thermal sensation vote, TSV)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式之逐步迴歸法是否具有線性關係

表 4-26 暴露艙實驗受試者前臂外側皮膚經皮水分散失量(TEWL)受
使用不同防曬措施與未使用防曬措施影響之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定		Scheffe's 多重比較	
溫度(°C)		F-value	p-value		p-value
22	45%	0.684	0.517	防曬袖套	0.740
				防曬乳液	0.937
	60%	0.458	0.640	控制組	0.532
				防曬乳液	1.000
	75%	0.413	0.668	防曬袖套	0.718
				防曬乳液	0.710
25	45%	0.412	0.669	控制組	0.856
				防曬乳液	0.944
	60%	0.017	0.983	防曬袖套	0.673
				防曬乳液	0.727
	75%	0.773	0.477	控制組	0.999
				防曬乳液	0.750
28	45%	0.202	0.819	防曬袖套	0.999
				防曬乳液	0.992
	60%	1.355	0.283	控制組	0.984
				防曬乳液	0.661
	75%	0.593	0.563	防曬袖套	0.661
				防曬乳液	0.966
				控制組	0.509
				防曬袖套	0.876
				控制組	0.998
				防曬乳液	0.847
				防曬袖套	0.430
				控制組	0.985
				防曬乳液	0.344
				防曬袖套	0.998
				控制組	0.668
				防曬乳液	0.629

One-way ANOVA 檢定				Scheffe's 多重比較		
溫度(°C)	F-value	p-value			p-value	
31	45%	1.093	0.356	防曬袖套	防曬乳液	0.571
				控制組	0.386	
				防曬乳液	控制組	0.944
	60%	0.974	0.397	防曬袖套	防曬乳液	0.449
				控制組	0.558	
				防曬乳液	控制組	0.981
	75%	0.692	0.513	防曬袖套	防曬乳液	0.834
				控制組	0.851	
				防曬乳液	控制組	0.514
34	45%	0.846	0.446	防曬袖套	防曬乳液	0.685
				控制組	0.462	
				防曬乳液	控制組	0.927
	60%	0.417	0.665	防曬袖套	防曬乳液	0.804
				控制組	0.978	
				防曬乳液	控制組	0.687
	75%	0.396	0.679	防曬袖套	防曬乳液	0.746
				控制組	1.000	
				防曬乳液	控制組	0.748

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

TEWL 間並無統計上顯著差異(p -value > 0.05)。進一步使用 Scheffe's 多重比較後亦無觀察出有統計上顯著差異之現象。圖 4-5 為暴露艙實驗不同防曬措施受試者前臂外側 TEWL 對應環境溫度之變化。由圖中發現：使用不同防曬措施間之 TEWL 於高溫處(34°C)出現差異；且不論環境相對濕度為何，控制組皆比其餘兩組高，推論應為防曬袖套以及防曬乳液於高溫時抑制皮膚排汗所造成之現象。

表 4-27 為暴露艙實驗受試者前臂外側 SCBF 在使用不同防曬措施與未使用防曬措施時之差異。SCBF 之變化首先依據室內環境溫濕度分類，並以 one-way ANOVA 統計檢定；而後各溫濕度組再透過 Scheffe's 多重比較分析防曬措施之使用方式間造成 SCBF 差異之顯著性。結果顯示：SCBF 量測值間並無統計上顯著差異(p -value > 0.05)，進一步使用 Scheffe's 多重比較後亦無統計上之顯著差異。圖 4-6 為室內暴露艙實驗不同防曬措施受試者前臂外側 SCBF 對應環境溫度之變化。由圖中發現：不同防曬措施使用組別間 SCBF 隨環境溫度變化之趨勢趨近一致，說明 SCBF 隨環境溫度改變形成之變化幅度不會因使用不同防曬措施而產生差異。

表 4-28 為室內暴露艙實驗受試者前臂外側之 skin temperature 在使用不同防曬措施與未使用防曬措施時之差異。skin temperature 之變化首先依據室內環境溫濕度分類，並以 one-way ANOVA 統計檢定；而後各

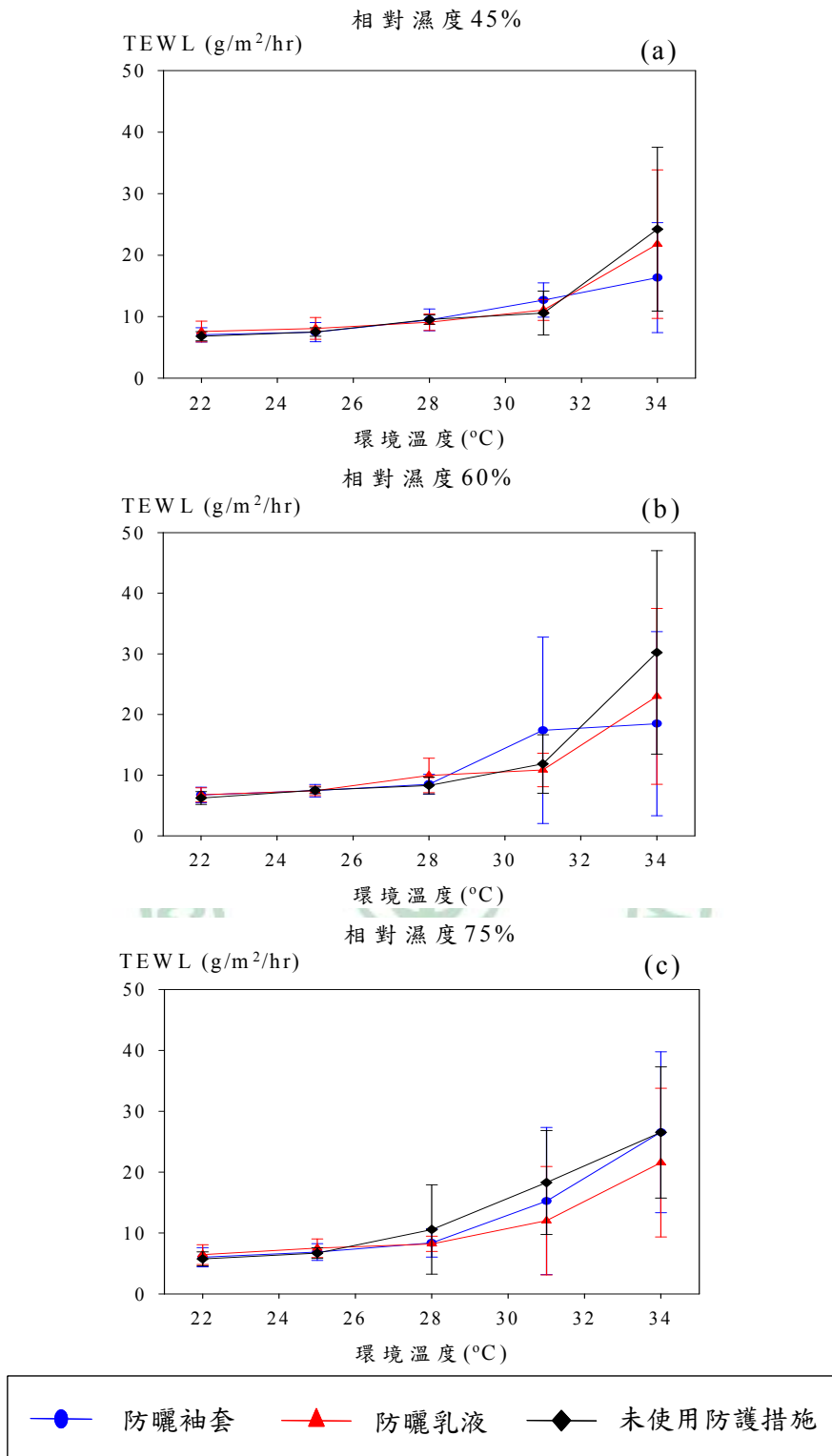


圖 4-5 暴露艙實驗使用不同防曬措施時受試者前臂外側皮膚經皮水分散失量(TEWL)對應環境溫度之變化：(a)相對溼度 45%；(b)相對溼度 60%；(c)相對溼度 75%

表 4-27 室內暴露艙實驗受試者前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)受使用不同防曬措施與未使用防曬措施影響之統計檢定^a

One-way ANOVA 檢定				Scheffe's 多重比較		
溫度(°C)	F-value	p-value			p-value	
22	45%	1.191	0.327	防曬袖套	防曬乳液	0.529
				控制組		0.362
	60%	1.430	0.265	防曬乳液	控制組	0.951
				防曬袖套	防曬乳液	0.678
	75%	0.292	0.750	控制組		0.730
				防曬乳液	控制組	0.266
25	45%	0.600	0.559	防曬袖套	防曬乳液	0.752
				控制組		0.949
	60%	0.812	0.460	防曬乳液	控制組	0.909
				防曬袖套	防曬乳液	0.606
	75%	1.301	0.297	控制組		0.693
				防曬乳液	控制組	0.989
28	45%	0.311	0.737	防曬袖套	防曬乳液	0.922
				控制組		0.705
	60%	2.474	0.112	防曬乳液	控制組	0.473
				防曬袖套	防曬乳液	0.303
	75%	3.207	0.064	控制組		0.623
				防曬乳液	控制組	0.831
				防曬袖套	防曬乳液	0.835
				控制組		0.763
				防曬乳液	控制組	0.991
				防曬袖套	防曬乳液	0.440
				控制組		0.115
				防曬乳液	控制組	0.672
				防曬袖套	防曬乳液	0.323
				控制組		0.639
				防曬乳液	控制組	0.067

One-way ANOVA 檢定				Scheffe's 多重比較		
溫度(°C)		F-value	p-value			p-value
31	45%	0.092	0.913	防曬袖套	防曬乳液	0.926
				控制組	0.942	
				防曬乳液	控制組	0.999
				防曬袖套	防曬乳液	0.873
				控制組	0.425	
				防曬乳液	控制組	0.721
	60%	0.911	0.420	防曬袖套	防曬乳液	1.000
				控制組	0.721	
				防曬乳液	控制組	0.721
				防曬袖套	防曬乳液	0.994
				控制組	0.162	
				防曬乳液	控制組	0.192
75%	0.443	0.649	防曬袖套	防曬乳液	0.989	
			控制組	0.676		
			防曬乳液	控制組	0.760	
			防曬袖套	防曬乳液	0.801	
			控制組	0.999		
			防曬乳液	控制組	0.774	

^a SCBF 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

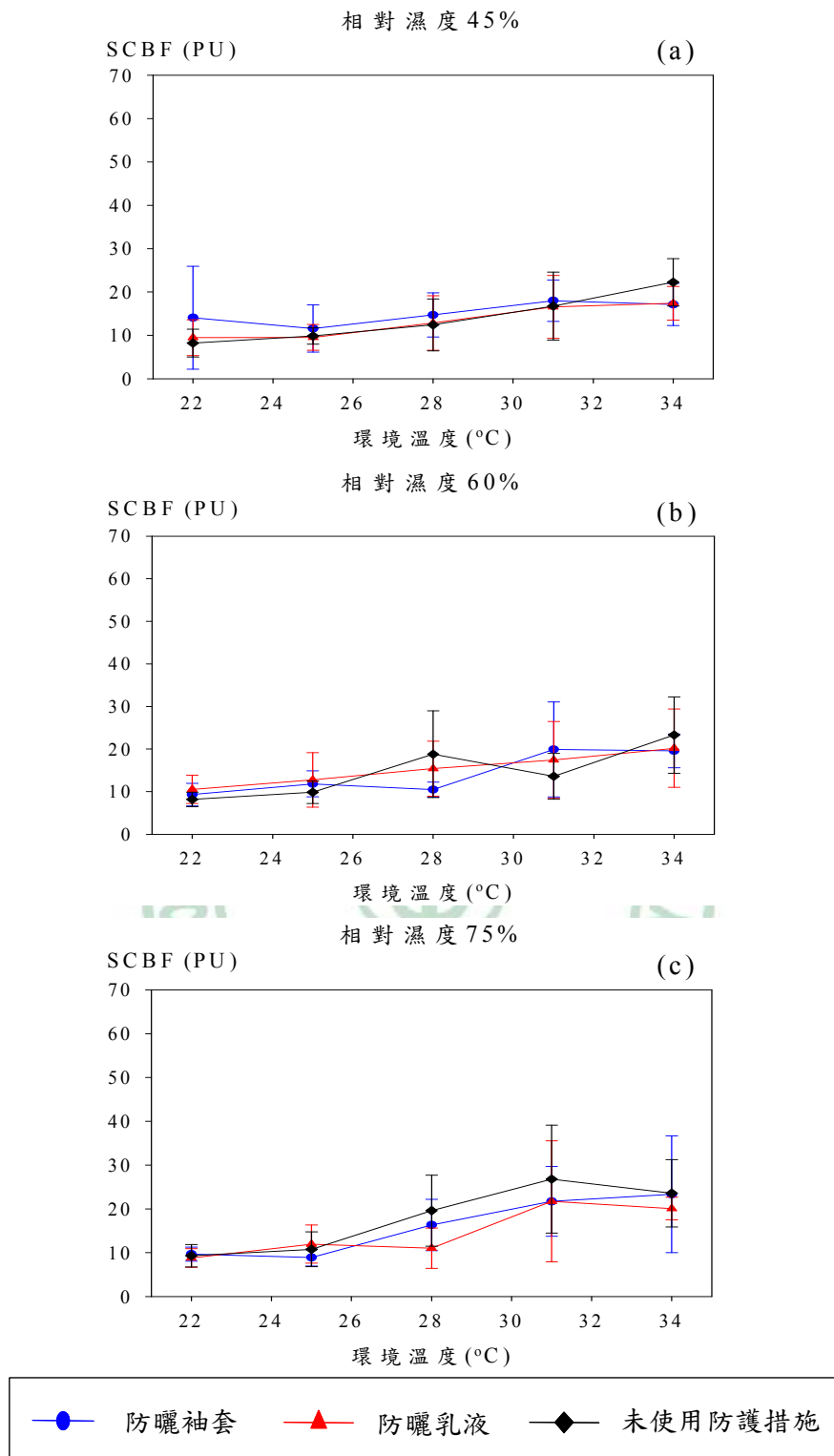


圖 4-6 暴露艙實驗使用不同防曬措施時受試者前臂外側皮膚微血流變化(SCBF)對應環境溫度之變化：(a)相對溼度 45%；(b)相對溼度 60%；(c)相對溼度 75%

表 4-28 暴露艙實驗受試者前臂外側皮膚溫度(skin temperature)受使用

不同防曬措施與未使用防曬措施影響之統計檢定^a

		One-way ANOVA 檢定		Scheffe's 多重比較	
溫度(°C)		F-value	p-value		p-value
22	45%	0.336	0.719	防曬袖套	0.999
				防曬乳液	0.794
	60%	0.031	0.970	控制組	0.767
				防曬乳液	0.977
	75%	0.010	0.990	防曬袖套	1.000
				防曬乳液	0.978
25	45%	0.358	0.704	控制組	0.997
				防曬乳液	0.990
	60%	0.360	0.703	防曬袖套	0.996
				防曬乳液	0.746
	75%	0.843	0.447	控制組	0.792
				防曬乳液	0.703
28	45%	0.007	0.993	防曬袖套	0.916
				防曬乳液	0.912
	60%	0.051	0.951	控制組	0.458
				防曬乳液	0.707
	75%	0.798	0.465	防曬袖套	0.910
				防曬乳液	1.000
				控制組	0.995
				防曬乳液	0.994
				防曬袖套	0.955
				控制組	0.972
				防曬乳液	0.998
				防曬袖套	0.652
				控制組	0.965
				防曬乳液	0.499

One-way ANOVA 檢定				Scheffe's 多重比較		
溫度(°C)	F-value	p-value			p-value	
31	45%	0.654	0.532	防曬袖套	防曬乳液	0.541
				控制組		0.924
				防曬乳液	控制組	0.769
	60%	1.252	0.310	防曬袖套	防曬乳液	0.998
				控制組		0.425
				防曬乳液	控制組	0.395
	75%	2.205	0.139	防曬袖套	防曬乳液	0.618
				控制組		0.139
				防曬乳液	控制組	0.554
34	45%	0.650	0.534	防曬袖套	防曬乳液	0.543
				控制組		0.922
				防曬乳液	控制組	0.774
	60%	0.507	0.611	防曬袖套	防曬乳液	0.880
				控制組		0.884
				防曬乳液	控制組	0.611
	75%	1.280	0.302	防曬袖套	防曬乳液	0.354
				控制組		0.975
				防曬乳液	控制組	0.467

^a skin temperature 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

溫濕度組再透過 Scheffe's 多重比較分析防曬措施之使用方式間造成 skin temperature 差異之顯著性。不論於何種環境溫濕度組合時，不同防曬措施組別間之 skin temperature 並無統計上顯著差異(p -value > 0.05)。進一步使用 Scheffe's 多重比較後亦未發現統計上之顯著差異。圖 4-7 為室內暴露艙實驗不同防曬措施受試者前臂外側 skin temperature 對應環境溫度之變化。由圖中可發現：不同防曬措施組別間 skin temperature 隨環境溫度變化之趨勢趨近於一致，說明 skin temperature 隨環境溫度改變形成之變化幅度不會因使用不同防曬措施而產生差異。

表 4-29 為室內暴露艙實驗受試者前臂外側之 skin moisture 在使用不同防曬措施與未使用防曬措施時之差異。skin moisture 之變化首先依據室內環境溫濕度分類，並以 one-way ANOVA 統計檢定；而後各溫濕度組再透過 Scheffe's 多重比較分析防曬措施之使用方式間造成 skin moisture 差異之顯著性。當環境溫度 22°C 對應相對濕度 45、60、及 75%、環境溫度 25°C 對應環境相對濕度 45、60、及 75%、環境溫度 28°C 對應環境相對濕度 45 與 60%、環境溫度 31°C 對應環境相對濕度 45%、以及環境溫度 34°C 對應環境相對濕度 45%時，使用不同防曬措施受試者之 skin moisture 量測值間具統計顯著差異(p -value < 0.05)。進一步使用 Scheffe's 多重比較後發現統計上顯著差異皆存在於：1)使用防曬袖套與使用防曬乳液間；及 2)使用防曬乳液與未使用任何防曬措施間(p -value <

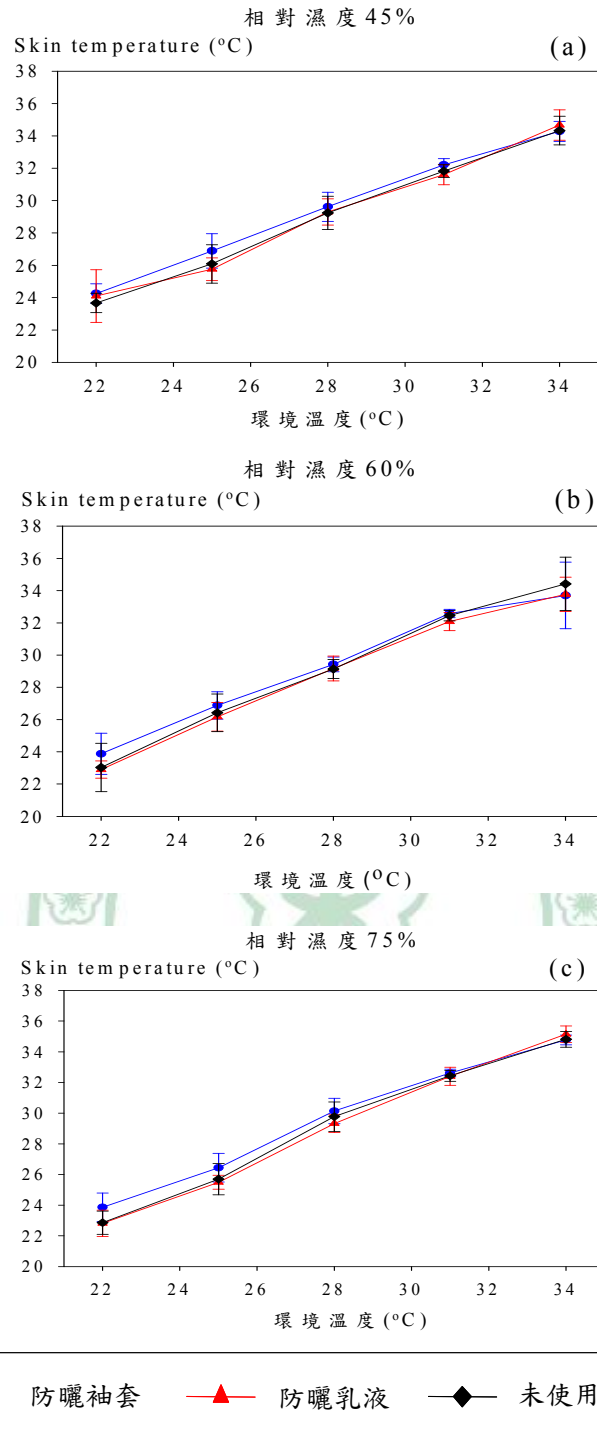


圖 4-7 暴露艙實驗使用不同防曬措施時受試者前臂外側皮膚溫度(skin temperature)對應環境溫度之變化：(a)相對溼度 45%；(b)相對溼度 60%；(c)相對溼度 75%

表 4-29 暴露艙實驗受試者前臂外側皮膚濕度(skin moisture)受使用不同防曬措施與未使用防曬措施影響之統計檢定^a

One-way ANOVA 檢定			Scheffe's 多重比較		
溫度(°C)	F-value	p-value		p-value	
22	45%	16.848	< 0.001 ^b	防曬袖套	0.001 ^b
				防曬乳液	0.845
	60%	31.922	< 0.001 ^b	控制組	< 0.001 ^b
				防曬袖套	< 0.001 ^b
	75%	27.117	< 0.001 ^b	防曬乳液	< 0.001 ^b
				控制組	0.998
25	45%	38.636	< 0.001 ^b	防曬袖套	< 0.001 ^b
				防曬乳液	< 0.001 ^b
	60%	24.248	< 0.001 ^b	控制組	< 0.001 ^b
				防曬袖套	< 0.001 ^b
	75%	11.684	0.001 ^b	防曬乳液	< 0.001 ^b
				控制組	0.976
28	45%	13.555	< 0.001 ^b	防曬袖套	< 0.001 ^b
				防曬乳液	< 0.001 ^b
	60%	13.121	< 0.001 ^b	控制組	< 0.001 ^b
				防曬袖套	< 0.001 ^b
	75%	3.113	0.069	防曬乳液	0.002 ^b
				控制組	0.991
75%	3.113	0.069	防曬袖套	0.003 ^b	
			防曬乳液	0.991	
75%	3.113	0.069	控制組	0.991	
			防曬乳液	0.002 ^b	
75%	3.113	0.069	防曬袖套	0.001 ^b	
			防曬乳液	0.001 ^b	
75%	3.113	0.069	控制組	0.984	
			防曬袖套	0.001 ^b	
75%	3.113	0.069	防曬乳液	0.002 ^b	
			控制組	0.984	
75%	3.113	0.069	防曬袖套	0.070	
			防曬乳液	0.070	
75%	3.113	0.069	控制組	0.408	
			防曬乳液	0.547	

One-way ANOVA 檢定			Scheffe's 多重比較			
溫度(°C)	F-value	p-value			p-value	
31	45%	9.927	0.001 ^b	防曬袖套	防曬乳液	0.008 ^b
				控制組	0.869	
	60%	1.212	0.321	防曬乳液	控制組	0.003 ^b
				防曬袖套	防曬乳液	0.678
				控制組	0.807	
				防曬乳液	控制組	0.323
75%	1.841	0.187	防曬袖套	防曬乳液	0.313	
			控制組	0.248		
34	45%	7.672	0.004 ^b	防曬乳液	控制組	0.987
				防曬袖套	防曬乳液	0.005 ^b
	60%	0.777	0.474	控制組	0.651	
				防曬乳液	控制組	0.037 ^b
				防曬袖套	防曬乳液	0.484
				控制組	0.909	
75%	0.660	0.529	防曬乳液	控制組	0.735	
			防曬袖套	防曬乳液	0.589	
				控制組	0.651	
				防曬乳液	控制組	0.994

^a TEWL 差異以 one-way ANOVA 與 Scheffe's 多重比較進行檢定

^b 表具統計顯著差異

0.05)。使用防曬袖套與未使用任何防曬措施之 skin moisture 間則無統計顯著差異(p -value > 0.05)。圖 4-8 為室內暴露艙實驗不同防曬措施受試者前臂外側 skin moisture 對應環境溫度之變化。在低環境溫度時(22°C-28°C)，使用防曬乳液受試者之前臂外側 skin moisture 量測值明顯高於使用防曬袖套受試者與未使用任何防曬措施之受試者，推測此為因防曬乳液本身具保濕效果，故受試者使用後於低溫時所量測之 skin moisture 會高於使用防曬袖套及未使用防曬措施之受試者。再者，防曬乳液在皮膚表面形成障壁，將皮膚與自然環境阻隔，使皮膚於高溫環境時不易散熱，故只能以水分堆積方式將熱排出體外，故於高溫時使用防曬乳液之受試者之 skin moisture 高於未使用任何防曬措施之受試者。與防曬乳液相較，防曬袖套亦會阻隔皮膚與外界環境之直接接觸，但推測與防曬乳液緊黏皮膚之狀況不同的是，防曬袖套與皮膚間存在局部空間(air pocket)，形成自然環境與皮膚表面之漸層緩衝區域(buffer zone)，故皮膚與自然環境間之阻隔未如使用防曬乳液時明顯。在使用防曬袖套所產生之局部空間內，因體熱持續散發，造成該空間之熱含量超越自然環境，進而產生悶熱感，循環刺激並強化受試者之生理熱調節以滿足熱轉移(heat transfer)需求。在此狀況下，單以皮膚水分蓄積已無法滿足散熱需求，故熱調節進階至類排汗階段，及本研究中所觀測之經皮水份散失現象。惟防曬袖套之使用亦同時抑制排汗，故如圖 4-5 所示，

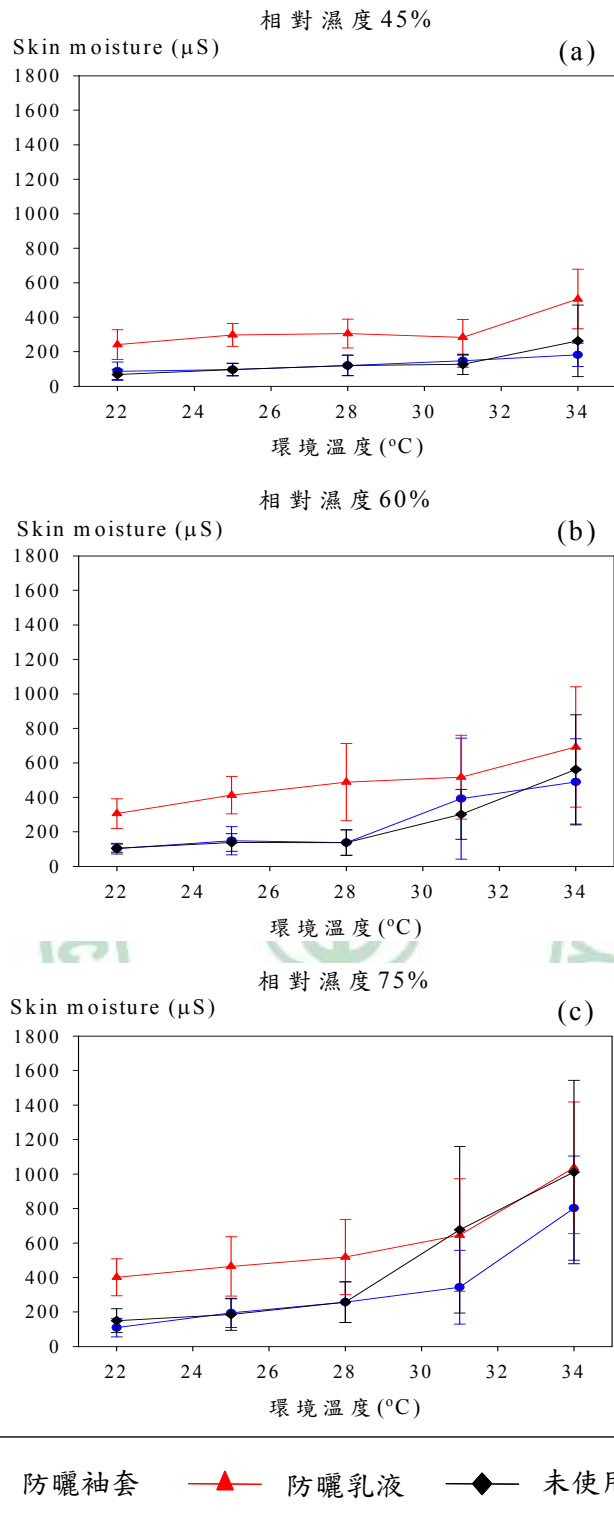


圖 4-8 室內暴露艙實驗使用不同防曬措施時受試者前臂外側皮膚濕度 (skin moisture) 對應環境溫度之變化：(a) 相對溼度 45%；(b) 相對溼度 60%；(c) 相對溼度 75%

使用防曬袖套人員之 TEWL 值較使用防曬乳液人員在環境溫度為 34°C 時高，但在其他較低溫度則不明顯，亦即在其他較低溫度時防曬袖套之抑制排汗現象影響性高於其局部熱空間之散熱激化需求。



第二節 戶外日光曝曬實驗結果

戶外階段日光實驗共計十五次，評估受試者皮膚生理指標(上臂內側：對照點，未直接曝曬日光紫外線；前臂外側：曝曬點，直接曝曬日光紫外線)受自然日光紫外線輻射(短期以及累積性紫外線暴露)、環境溫度、環境溼度、黑球溫度、以及綜合溫度熱指數(WBGT)等環境物理因子之影響。以下各節將分別討論 TEWL、skin moisture、SCBF、temperature、M-index、以及 E-index 等皮膚生理指標量測分析之結果，並討論於戶外環境使用防曬袖套對皮膚生理指標反應個別與協同環境物理因子暴露之能力構成之影響。

4.2.1 戶外環境物理因子間之互動關係性

戶外環境物理因子(如環境溫度、環境相對濕度、環境風速、紫外線指數(UVI)等)間存在相互影響之互動性。如本章第一節所討論，本研究所量測之皮膚生理指標均會受到環境溫濕度影響—TEWL 可受到環境溫度影響；skin moisture 同時受到環境溫度及環境相對濕度影響。圖 4-9 為本階段實驗中所收錄之環境溫度對應環境相對濕度之散佈圖。圖 4-10 為本階段實驗所收錄之環境溫度對應環境風速之散佈趨勢。由圖 4-9 中可發現：在本階段實驗進行期間，當環境溫度升高時環境相對濕度則呈

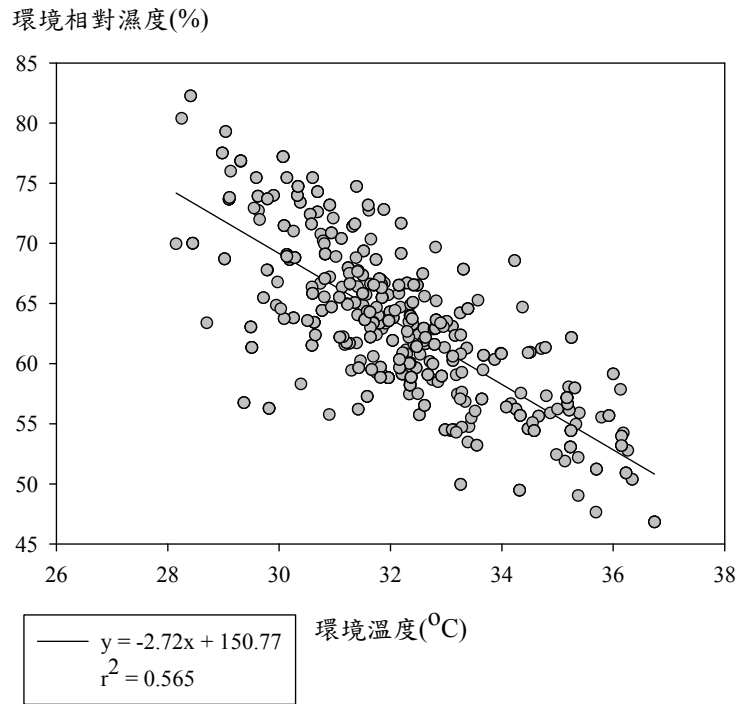


圖 4-9 戶外日光曝曬實驗環境溫度對應環境相對濕度之散佈趨勢

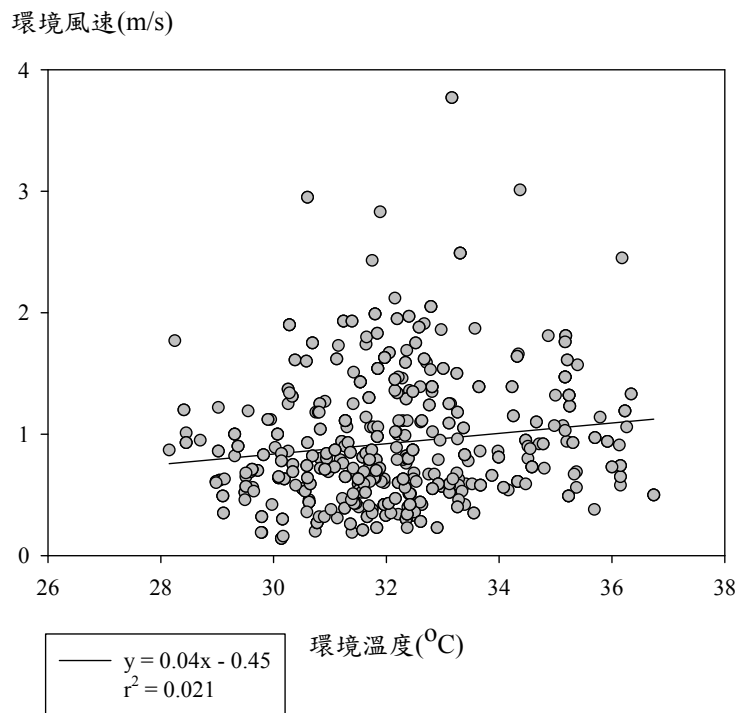


圖 4-10 戶外日光曝曬實驗環境溫度對應環境風速之散佈趨勢

現下降趨勢，故本階段實驗期間進行實驗之戶外環境並未出現高溫高濕或低溫低濕環境。以下為圖 4-9 及圖 4-10 之線性迴歸方程式：

環境溫度對應環境相對濕度之方程式：

$$y = -2.72x + 150.77 \quad r^2 = 0.565 \quad (\text{Eq. 4.1})$$

戶外日光曝曬實驗環境溫度對應環境風速之方程式：

$$y = 0.04x - 0.45 \quad r^2 = 0.021 \quad (\text{Eq. 4.2})$$

由圖 4-10 可觀察到，本階段實驗期間環境風速的強弱與當時之環境溫度不具顯著關聯。圖 4-11 為本階段實驗中於日光曝曬地點所收錄之 UVI 對應黑球溫度之散佈趨勢。圖 4-12 為本階段實驗中代表戶外陰涼地點收錄之 UVI 對應黑球溫度之散佈趨勢。以下為此圖 4-11 及圖 4-12 之方程式：

戶外日光曝曬實驗曝曬處 UVI 對應環境黑球溫度之迴歸方程式：

$$y = 1.29x + 31.33 \quad r^2 = 0.392 \quad (\text{Eq. 4.3})$$

戶外日光曝曬實驗陰涼處 UVI 對應環境黑球溫度之迴歸方程式：

$$y = 0.44x + 30.22 \quad r^2 = 0.111 \quad (\text{Eq. 4.4})$$

Eqs 4.3 至 4.4 中曝曬處之 r^2 值為 0.392，比陰涼處之 r^2 值(0.111)高，顯示 UVI 對應黑球溫度關聯性於曝曬處時較陰涼處時為強，亦即是否直接

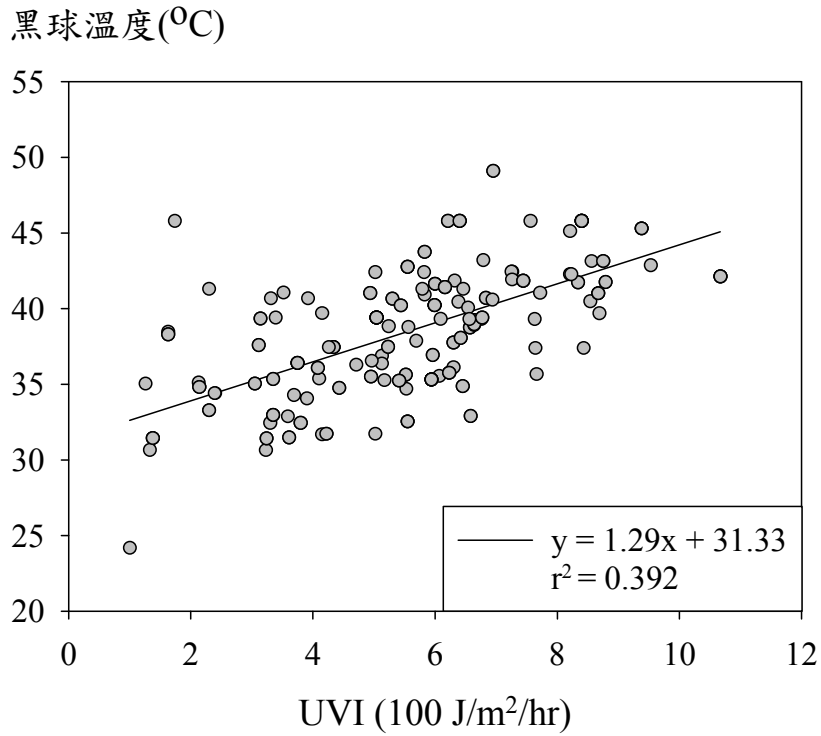


圖 4-11 戶外日光實驗曝曬處 UVI 對應黑球溫度之散佈趨勢

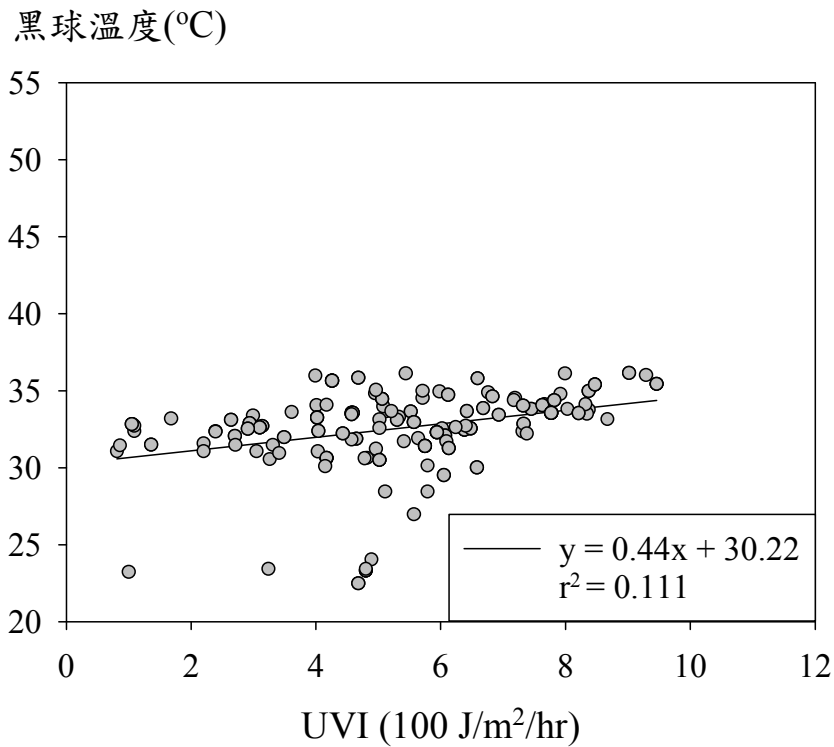


圖 4-12 戶外日光實驗陰涼處 UVI 對應黑球溫度之散佈趨勢

遭受日光紫外線照射會影響該環境下之黑球溫度—直接遭受日光紫外線照射時黑球溫度較高，反之則否。圖 4-13 為戶外日光曝曬實驗環境溫度對應黑球溫度之散佈趨勢圖。以下分別為圖 4-13 陰涼處、曝曬、以及陰涼後之線性迴歸方程式：

戶外日光實驗人員於接受日光曝曬前所在之陰涼處(陰涼前)環境溫度對應環境黑球溫度之迴歸方程式：

$$y = 1.08x - 1.35 \quad r^2 = 0.726 \quad (\text{Eq. 4.5})$$

戶外日光實驗人員於接受日光曝曬所在(曝曬)環境溫度對應黑球溫度之迴歸方程式：

$$y = 1.80x - 21.03 \quad r^2 = 0.747 \quad (\text{Eq. 4.6})$$

戶外日光實驗人員於接受日光曝曬後所在之陰涼處(陰涼後)環境溫度對應環境黑球溫度之迴歸方程式：

$$y = 1.08x - 1.05 \quad r^2 = 0.869 \quad (\text{Eq. 4.7})$$

由圖 4-13 可發現，不論是在陰涼處或曝曬處，環境溫度與黑球溫度的線性關係皆良好。從迴歸方程式之斜率可發現，在日光曝曬處黑球溫度之上升速度較陰涼處為快(曝曬處：1.80; 陰涼前/後：1.08)，且在曝曬處所收取到的黑球溫度較陰涼處為高。由以上所述現象可推論：當日光直射時，輻射熱的影響十分顯著，故該環境所反應出的溫度中輻射熱佔絕大

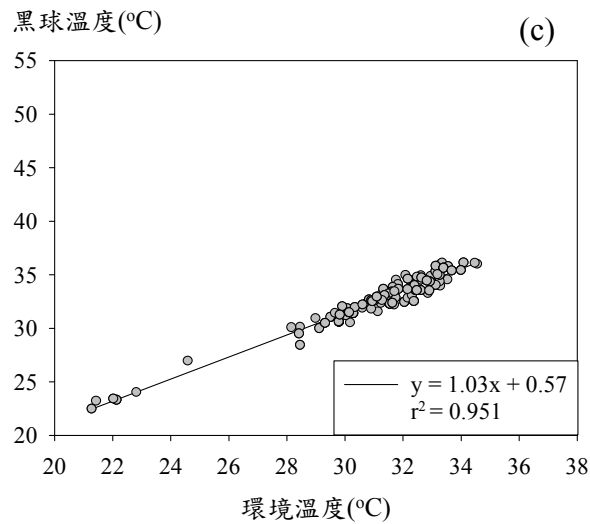
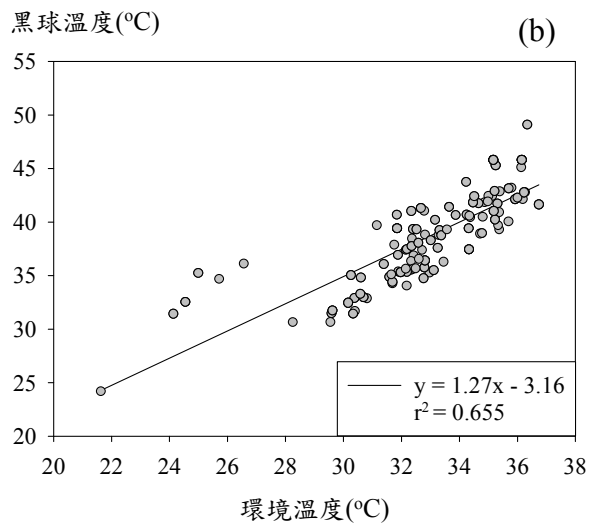
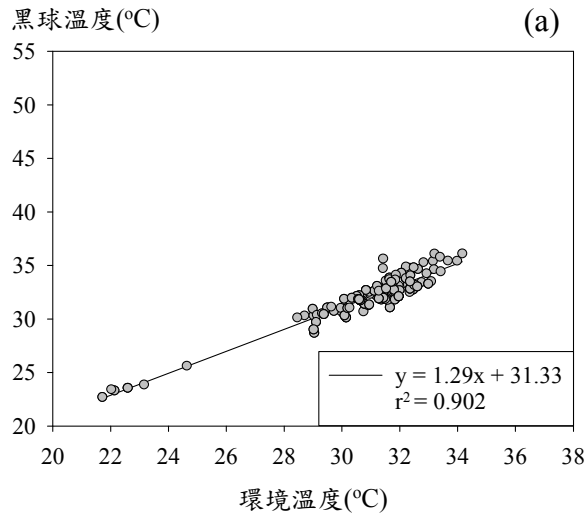


圖 4-13 戶外日光實驗環境溫度對應黑球溫度之散佈趨勢: (a)陰涼前；
 (b)曝曬；(c)陰涼後

部分之比例。

圖 4-14 所示為戶外日光實驗在進行期內曝曬處 UVI 對應 WBGT 之散佈。UVI 對應 WBGT 之線性迴歸方程式為：

戶外日光實驗曝曬處 UVI 對應 WBGT 之迴歸方程式：

$$y = 0.54x + 26.56 \quad r^2 = 0.252 \quad (\text{Eq. 4.8})$$

由圖中可發現，在戶外日光實驗曝曬處於實驗進行期間之 WBGT 會隨 UVI 增加而升高，為線性關係不若黑球溫度與 UVI 間之關聯性。因 WBGT 數值之計算中已評估黑球溫度之影響，故 Eq. 4.8 之線性當主要源自於 UVI 與黑球溫度之線性關係。

4.2.2 戶外環境物理因子力對經皮水分散失量之影響

表 4-30 為實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用防曬袖套)上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外日光實驗陰涼前階段 TEWL 之分佈、實驗組－控制組比值、及統計檢定。在陰涼前階段，實驗組上臂內側之 TEWL 值，於第 4 週與第 12 週時低於控制組上臂內側之量測值，但不具統計顯著差異性($p\text{-value} > 0.05$)。在所有實驗週次中，實驗組前臂外側之 TEWL 皆高於控制組之量測值，但不具統計顯著差異

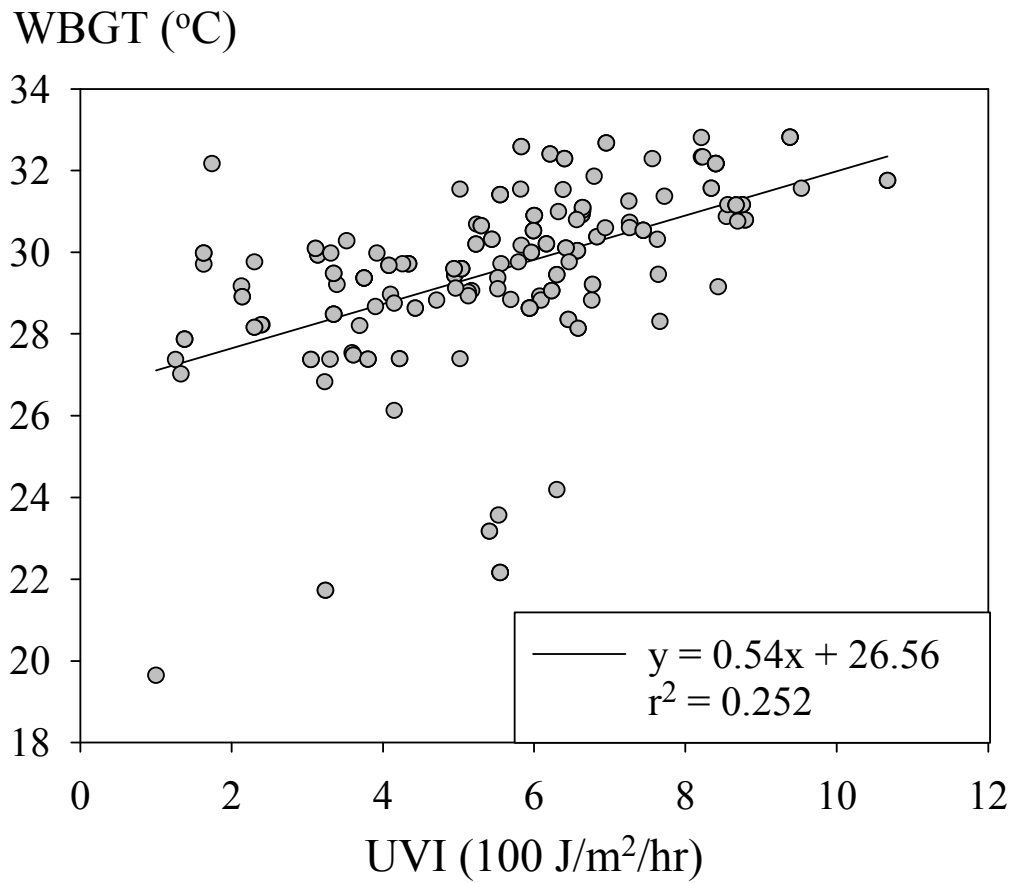


圖 4-14 戶外日光曝曬實驗曝曬階段 UVI 對應 WBGT 之散佈趨勢及迴歸方程式

表 4-30 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)

與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外實驗陰涼前階段經皮水份散失

量(TEWL)之分佈^a、實驗組－控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 TEWL 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	29.67 ± 13.49	28.63 ± 9.25	1.17 ± 0.72	0.870
2	26.15 ± 9.66	28.21 ± 12.60	1.26 ± 0.97	0.738
3	29.68 ± 13.93	30.24 ± 14.91	1.30 ± 1.01	0.944
4	23.07 ± 15.25	28.58 ± 14.04	0.97 ± 0.74	0.495
5	25.87 ± 13.51	25.17 ± 13.43	1.31 ± 0.93	0.925
6	26.53 ± 15.57	28.12 ± 9.99	1.11 ± 0.88	0.825
7	20.14 ± 8.27	21.80 ± 11.18	1.17 ± 0.74	0.759
8	21.09 ± 12.64	19.36 ± 5.81	1.18 ± 0.78	0.748
9	15.64 ± 10.27	15.61 ± 6.98	1.14 ± 0.81	0.994
10	15.52 ± 8.89	17.77 ± 9.37	1.05 ± 0.72	0.653
11	19.43 ± 9.08	17.43 ± 10.38	1.34 ± 0.75	0.709
12	14.29 ± 8.07	19.49 ± 12.89	0.96 ± 0.69	0.383
13	12.79 ± 5.34	13.09 ± 5.81	1.12 ± 0.57	0.922
14	13.62 ± 3.69	16.45 ± 11.32	1.11 ± 0.56	0.541
15	9.46 ± 3.06	7.81 ± 1.25	1.24 ± 0.42	0.211
前臂外側 TEWL 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	30.96 ± 17.17	34.53 ± 13.65	1.11 ± 0.91	0.674
2	34.93 ± 14.89	37.22 ± 21.66	1.77 ± 1.95	0.822
3	35.76 ± 17.41	32.88 ± 15.49	1.42 ± 1.15	0.749
4	32.04 ± 22.03	33.12 ± 11.28	1.13 ± 0.96	0.911
5	35.83 ± 18.11	24.76 ± 12.56	1.82 ± 1.30	0.209
6	32.44 ± 18.58	31.24 ± 13.24	1.25 ± 0.93	0.892
7	29.30 ± 13.33	27.16 ± 10.60	1.32 ± 0.95	0.745
8	27.20 ± 18.09	16.16 ± 5.94	1.86 ± 1.33	0.151
9	16.16 ± 7.79	16.41 ± 9.66	1.23 ± 0.80	0.957
10	19.34 ± 14.14	20.25 ± 8.40	1.09 ± 0.87	0.886
11	20.83 ± 11.55	16.15 ± 6.63	1.44 ± 0.89	0.370
12	16.84 ± 12.36	17.39 ± 9.83	1.21 ± 1.02	0.928
13	11.96 ± 3.55	11.53 ± 2.22	1.07 ± 0.35	0.789
14	18.82 ± 12.12	14.05 ± 7.61	1.64 ± 1.22	0.396
15	9.48 ± 2.29	7.51 ± 0.95	1.28 ± 0.33	0.058

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 TEWL 差異以 Student *t* test 檢定

性(p -value > 0.05)。表 4-31 為實驗組與控制組上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光實驗曝曬處所量測之 TEWL 分佈、實驗組－控制組比值、及統計檢定。

當人員位於曝曬處時，實驗組上臂內側之 TEWL 值於實驗第 4 週與第 11 週時低於控制組相同皮膚曝曬點之量測值，但不具統計顯著差異性(p -value > 0.05)。實驗組前臂外側之 TEWL 值，於實驗第 2 週、第 4 週與第 9 週時低於控制組前臂外側之量測值；其餘實驗週次實驗組之 TEWL 值皆高於控制組，且第 9 週及 15 週之差異具統計顯著(第 9 週， p -value = 0.024；第 15 週， p -value = 0.015)，其餘實驗週次於統計上則無顯著差異(p -value > 0.05)。

表 4-32 為實驗組與控制組之上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光曝曬實驗陰涼後階段測量所得之 TEWL 值、實驗組－控制組比值、及統計檢定。在陰涼後階段，實驗組上臂內側之 TEWL 值，於實驗第 1 至 3 週與第 6、10、11 週、以及第 15 週時高於控制組上臂內側之 TEWL 值，但所有所有時間觀測所得之差異不具統計顯著性(p -value > 0.05)。實驗組前臂外側之 TEWL 值，於實驗第 1、6、10、及 15 週時高於控制組上臂內側之 TEWL 量測值。其餘實驗週次實驗組之 TEWL 量測值皆低於控制組；第 15 週之差異具統計顯著性(p -value = 0.046)，其餘實驗週次之差異則不具統計顯著性(p -value > 0.05)。

表 4-31 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)

與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外實驗曝曬處測得經皮水份散失

量(TEWL)之分佈^a、實驗組—控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 TEWL 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	40.87 ± 12.70	44.17 ± 17.47	1.09 ± 0.60	0.693
2	34.70 ± 13.82	39.45 ± 25.98	1.27 ± 0.89	0.677
3	38.79 ± 21.91	43.96 ± 17.40	1.08 ± 0.89	0.634
4	30.01 ± 28.49	35.81 ± 15.78	0.99 ± 1.04	0.646
5	56.91 ± 22.47	58.37 ± 20.02	1.07 ± 0.52	0.900
6	48.33 ± 28.76	50.54 ± 23.66	1.26 ± 1.09	0.878
7	41.14 ± 23.48	40.20 ± 20.80	1.50 ± 1.50	0.938
8	24.68 ± 15.49	20.67 ± 6.98	1.35 ± 0.98	0.544
9	27.01 ± 14.80	30.95 ± 12.93	1.10 ± 0.95	0.605
10	34.57 ± 21.93	31.61 ± 19.33	1.62 ± 1.50	0.793
11	45.40 ± 25.35	55.28 ± 14.88	0.89 ± 0.57	0.391
12	24.70 ± 15.48	20.92 ± 11.94	1.57 ± 1.29	0.619
13	21.56 ± 15.88	19.18 ± 12.95	1.57 ± 1.49	0.764
14	30.29 ± 9.68	27.22 ± 17.37	1.50 ± 0.87	0.690
15	10.95 ± 3.11	9.14 ± 2.11	1.27 ± 0.49	0.225
前臂外側 TEWL 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	45.29 ± 12.75	48.97 ± 20.59	1.16 ± 0.76	0.695
2	31.31 ± 18.32	53.19 ± 28.60	0.75 ± 0.57	0.114
3	53.32 ± 24.05	48.73 ± 20.83	1.42 ± 1.15	0.709
4	31.52 ± 28.00	43.18 ± 12.15	0.81 ± 0.79	0.332
5	72.11 ± 38.78	60.73 ± 21.03	1.29 ± 0.76	0.508
6	68.28 ± 36.19	60.35 ± 24.15	1.34 ± 0.94	0.638
7	55.78 ± 24.90	54.70 ± 24.89	1.62 ± 1.87	0.937
8	27.49 ± 17.90	22.38 ± 13.33	1.49 ± 1.09	0.556
9	29.28 ± 20.18	61.48 ± 26.19	0.76 ± 1.08	0.024*
10	39.52 ± 29.45	41.62 ± 25.84	1.57 ± 1.88	0.890
11	56.92 ± 28.03	55.97 ± 26.67	1.29 ± 0.97	0.950
12	28.49 ± 17.95	23.42 ± 13.68	1.71 ± 1.50	0.563
13	26.66 ± 22.65	26.65 ± 22.65	1.81 ± 2.35	1.000
14	36.08 ± 13.50	43.43 ± 36.64	1.50 ± 1.16	0.627
15	12.13 ± 2.43	8.77 ± 2.00	1.49 ± 0.60	0.015*

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 TEWL 差異以 student t test 檢定

^c 表具統計顯著差異

表 4-32 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外實驗陰涼後階段測得經皮水份散失量(TEWL)之分佈^a、實驗組－控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 TEWL 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	26.97 ± 10.22	26.60 ± 10.77	1.01 ± 0.24	0.949
2	22.00 ± 7.23	32.26 ± 16.31	1.00 ± 0.03	0.154
3	27.35 ± 13.31	31.11 ± 11.18	1.00 ± 0.03	0.578
4	16.84 ± 8.58	23.14 ± 12.24	0.99 ± 0.07	0.286
5	26.93 ± 14.03	25.64 ± 11.46	0.99 ± 0.03	0.854
6	28.54 ± 14.55	26.22 ± 13.84	1.01 ± 0.05	0.765
7	26.74 ± 9.40	29.68 ± 14.80	0.99 ± 0.04	0.665
8	22.47 ± 14.52	17.26 ± 7.19	0.99 ± 0.04	0.411
9	14.08 ± 3.93	22.21 ± 12.44	0.99 ± 0.04	0.125
10	17.38 ± 9.00	18.35 ± 9.98	1.01 ± 0.04	0.852
11	17.55 ± 7.76	13.70 ± 3.22	1.02 ± 0.03	0.249
12	20.92 ± 12.50	16.01 ± 7.07	0.98 ± 0.04	0.383
13	11.88 ± 3.57	12.21 ± 3.80	0.99 ± 0.02	0.872
14	13.46 ± 8.59	13.75 ± 5.84	0.99 ± 0.04	0.942
15	8.80 ± 0.88	8.66 ± 3.80	1.16 ± 0.17	0.926
前臂外側 TEWL 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	38.68 ± 14.23	29.23 ± 11.36	1.01 ± 0.03	0.195
2	28.93 ± 13.33	34.01 ± 18.33	0.99 ± 0.05	0.564
3	29.85 ± 13.09	35.64 ± 14.80	0.99 ± 0.04	0.453
4	24.26 ± 14.52	26.57 ± 13.98	0.99 ± 0.08	0.767
5	36.22 ± 21.05	31.73 ± 11.38	0.99 ± 0.05	0.629
6	39.29 ± 22.63	27.87 ± 7.22	1.01 ± 0.06	0.228
7	36.62 ± 16.87	28.63 ± 15.53	0.98 ± 0.05	0.375
8	18.68 ± 13.04	17.63 ± 7.26	0.99 ± 0.05	0.854
9	18.29 ± 8.20	23.66 ± 15.50	0.99 ± 0.05	0.433
10	23.23 ± 15.90	25.51 ± 13.72	1.01 ± 0.06	0.778
11	27.03 ± 16.65	17.55 ± 11.75	0.03 ± 0.04	0.242
12	24.69 ± 17.27	16.39 ± 4.45	0.98 ± 0.05	0.242
13	17.28 ± 13.18	13.53 ± 8.27	0.99 ± 0.02	0.536
14	15.54 ± 11.07	16.93 ± 8.12	0.99 ± 0.05	0.794
15	9.05 ± 1.31	7.37 ± 1.51	1.16 ± 0.18	0.046 ^c

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 TEWL 差異以 student t test 檢定

^c 表具統計顯著差異

圖 4-15 為戶外日光實驗中實驗組與控制組人員前臂外側 TEWL 分佈之盒形圖。如圖所示，控制組之 TEWL 值較實驗組為高；不論實驗或控制組，曝曬處測得之 TEWL 值皆比陰涼處高，推論可能為日光紫外線曝曬引起皮膚水蒸氣流失情形加劇，故所量測到之 TEWL 值高。

圖 4-16 為戶外日光實驗曝曬與陰涼後階段，實驗組與控制組 TEWL 值之對數值對應環境溫度之散佈。以下為圖 4-16 之線性迴歸方程式：

戶外日光實驗曝曬階段實驗組 TEWL 對數值對應環境溫度之方程式：

$$y = 0.09x - 1.53 \quad r^2 = 0.360 \quad (\text{Eq. 4.9})$$

戶外日光實驗曝曬階段控制組 TEWL 對數值對應環境溫度之方程式：

$$y = 0.10x - 1.72 \quad r^2 = 0.465 \quad (\text{Eq. 4.10})$$

戶外日光實驗陰涼後階段實驗組 TEWL 對數值對應環境溫度之方程式：

$$y = 0.12x - 2.35 \quad r^2 = 0.368 \quad (\text{Eq. 4.11})$$

戶外日光實驗陰涼後階段控制組 TEWL 對數值對應環境溫度之方程式：

$$y = 0.10x - 1.99 \quad r^2 = 0.371 \quad (\text{Eq. 4.12})$$

由圖得知，曝曬階段所量測到之 TEWL 分佈較陰涼處量測值為大，反應在曝曬處時日光直接照射受試者，造成人員位於日光直射處接受到較高之輻射熱能，引起 TEWL 等級不一、但與在陰涼處相比較強烈的反應。此所以陰涼處之 TEWL 觀測值較為集中而曝曬處觀測值則較分散。

圖 4-17 為戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段實驗組與控制組 TEWL

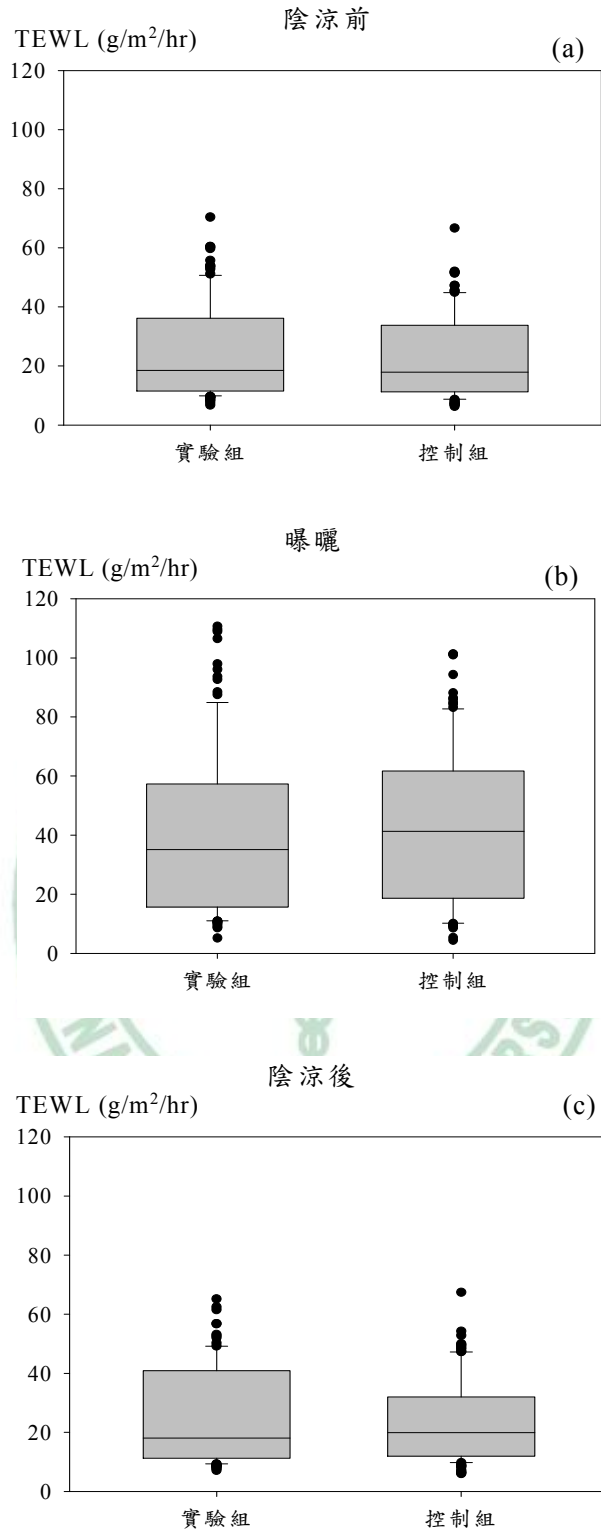


圖 4-15 戶外日光實驗實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂外側經皮水份散失量(TEWL)分佈之盒形圖：(a)陰涼前階段；(b)曝曬階段；(c)陰涼後階段

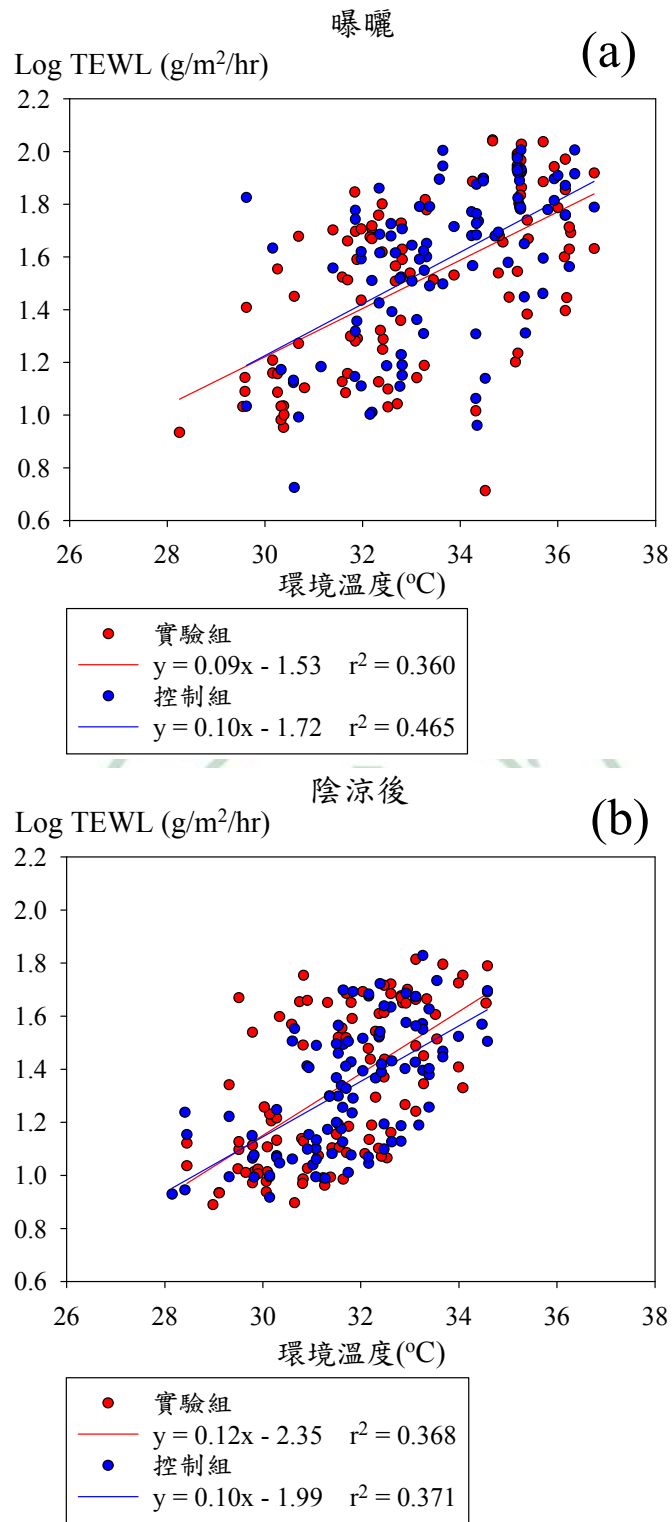


圖 4-16 戶外日光實驗曝曬與陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)前臂外側經皮水份散失量(TEWL)之對數值對應環境溫度之散佈與迴歸：(a)曝曬階段；(b)陰涼後階段

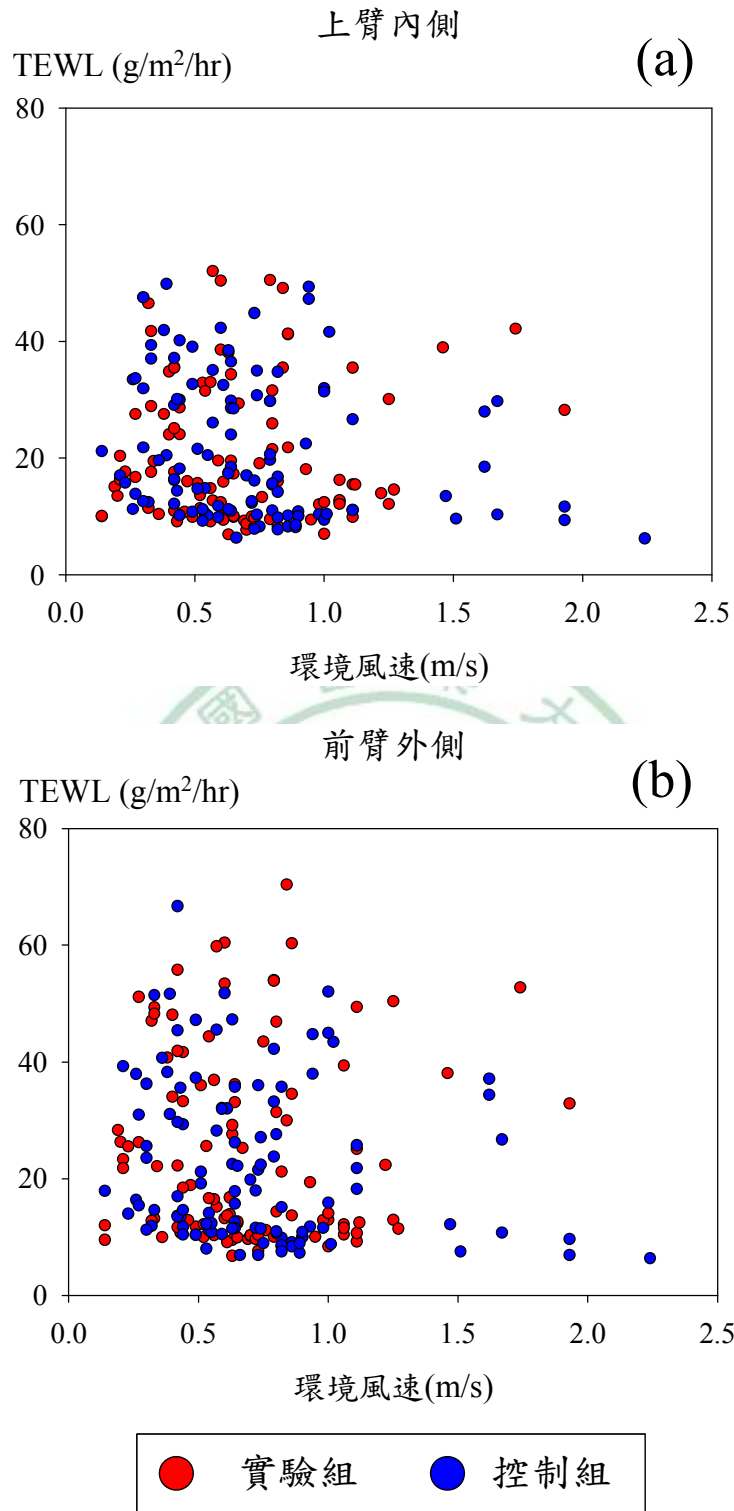


圖 4-17 戶外日光實驗陰涼前階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)皮膚經皮水份散失量(TEWL)對應環境風速之散佈：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點)

對應環境風速之散佈圖。當環境風速高時，TEWL 值較低，顯示環境風速之強弱會對 TEWL 產生影響。此外，前臂外側所量測之 TEWL 值較上臂內側為高，推測應為前臂外側皮膚因平時較常與外界環境接觸，在無衣物防護狀況下，容易受到日光紫外線曝曬之傷害所致(TEWL 值越高，代表皮膚障壁功能越差)。

圖 4-18 為戶外日光實驗陰涼前階段實驗組與控制組 TEWL 對數值對應綜合溫度熱指數之散佈。由圖所示，實驗組之整體 TEWL 量測值較控制組高。因在陰涼前受測者皮膚尚未接受到任何日光紫外線曝曬影響，故實驗組較高之 TEWL 值所反應者當為因使用防曬袖套產生之悶熱感造成受試者 TEWL 較高，而非單純反應環境溫度之現象。圖 4-19 為戶外日光實驗曝曬與陰涼後階段實驗組與控制組 TEWL 對數值對應綜合溫度熱指數之散佈圖。以下為圖 4-19 之方程式：

戶外日光曝曬處實驗組 TEWL 對數值對應綜合溫度熱指數之方程式：

$$y = 0.13x - 2.30 \quad r^2 = 0.405 \quad (\text{Eq. 4.13})$$

戶外日光曝曬處控制組 TEWL 對數值對應綜合溫度熱指數之方程式：

$$y = 0.13x - 2.47 \quad r^2 = 0.341 \quad (\text{Eq. 4.14})$$

陰涼後階段實驗組 TEWL 對數值對應綜合溫度熱指數之方程式：

$$y = 0.13x - 2.29 \quad r^2 = 0.217 \quad (\text{Eq. 4.15})$$

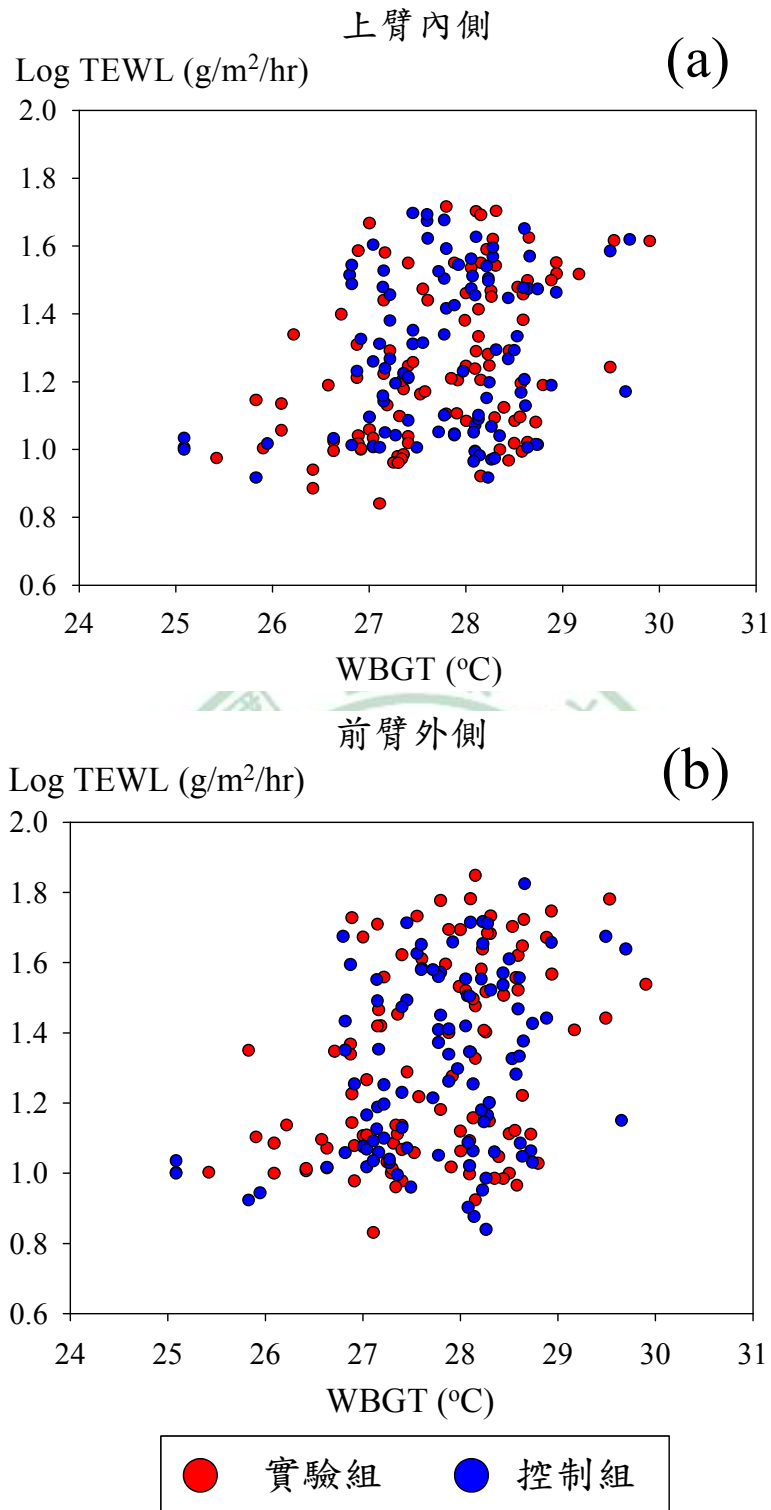


圖 4-18 戶外日光實驗陰涼前階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)皮膚經皮水份散失量(TEWL)對數值對應綜合溫度熱指數之散佈：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點)

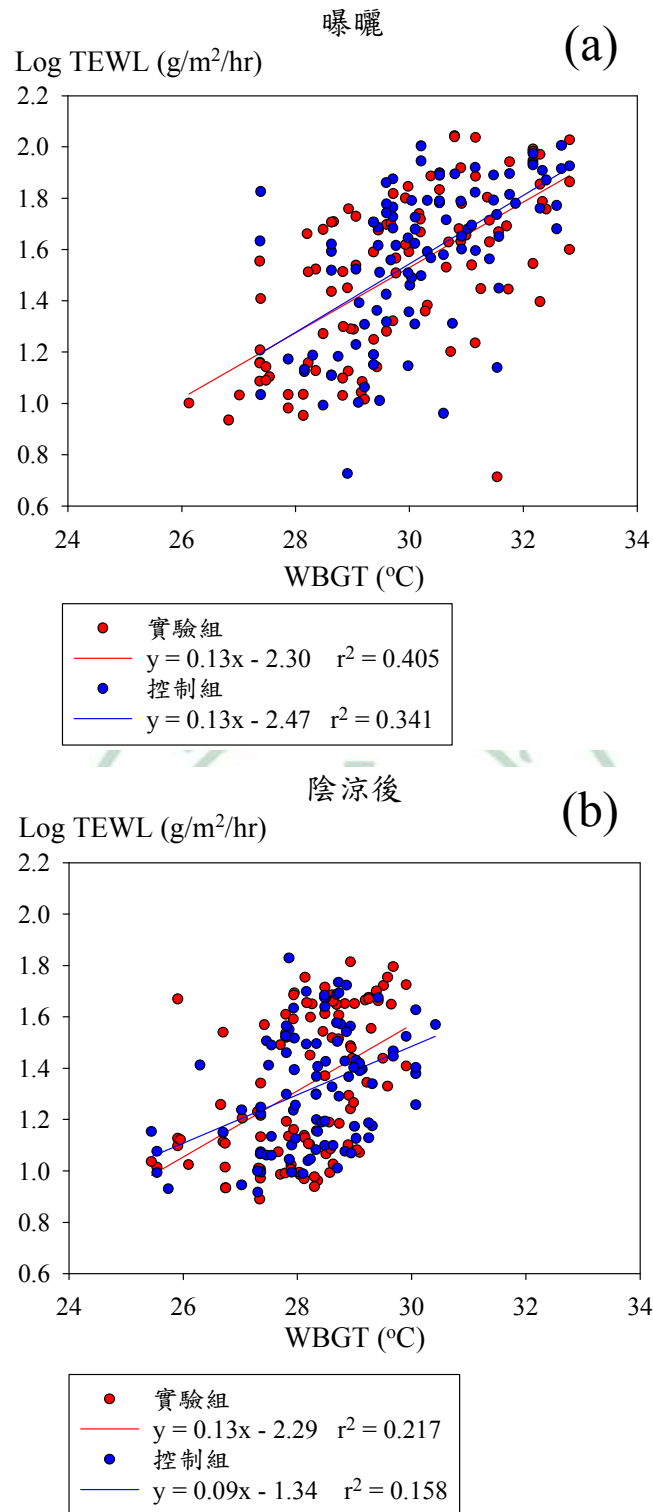


圖 4-19 戶外日光實驗實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)前臂外側皮膚經皮水份散失量(TEWL)對數值對應綜合溫度熱指數之散佈：(a)曝曬；(b)陰涼後

陰涼後階段控制組 TEWL 對數值對應綜合溫度熱指數之方程式::

$$y = 0.09x - 1.34 \quad r^2 = 0.158 \quad (\text{Eq. 4.16})$$

在曝曬處因受輻射熱影響，故黑球溫度較陰涼處高，轉換後之 WBGT 亦較高。曝曬處所測量到之前臂外側 TEWL 對數值大多分佈在 1.0-2.1 之間，但陰涼後之 TEWL 對數值則分佈於 0.9-1.9 之間。相形之下曝曬處之 TEWL 對數值較高，說明在曝曬處因受輻射熱影響，皮膚喪失水份情形加劇。因受試者間之個人基礎代謝率不盡相同，故曝曬處 TEWL 對數值對應綜合溫度熱指數之分佈範圍較廣；陰涼處 TEWL 對數值對應綜合溫度熱指數之分佈較集中。

4.2.3 戶外環境物理因子對 skin moisture 之影響

表 4-33 為實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用防曬袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外日光實驗陰涼前階段 skin moisture 之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定。在陰涼前階段，實驗組上臂內側之 skin moisture 值，於實驗第 1 週時低於控制組上臂內側之數值。第 3 與 5 週時，實驗組之上臂內側 skin moisture 值為控制組之二倍；第 14 週時實驗組上臂內側之 skin moisture 值甚至高達控制組三倍。但依週次所比較實驗與控制組間差異則未具統計顯著性 ($p\text{-value} > 0.05$)。前臂外側部份，所有實驗週次所量測到之實驗組 skin

表 4-33 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)

與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼前階段皮膚濕度(skin

moisture)之分佈^a、實驗組—控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 Skin Moisture 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	494.64 ± 215.62	557.25 ± 201.33	0.98 ± 0.50	0.585
2	612.82 ± 195.82	479.57 ± 187.39	1.44 ± 0.67	0.218
3	863.68 ± 469.64	501.79 ± 262.73	2.07 ± 1.38	0.101
4	596.02 ± 316.98	394.43 ± 193.15	1.73 ± 1.04	0.176
5	863.61 ± 532.40	619.29 ± 378.82	2.03 ± 1.92	0.342
6	850.25 ± 403.05	607.14 ± 199.39	1.52 ± 0.82	0.178
7	660.14 ± 465.64	526.00 ± 210.47	1.48 ± 1.26	0.501
8	597.54 ± 645.36	473.11 ± 122.70	1.36 ± 1.51	0.625
9	456.04 ± 259.96	326.36 ± 181.35	1.67 ± 1.11	0.300
10	449.89 ± 251.62	305.96 ± 153.46	1.70 ± 1.07	0.221
11	553.25 ± 542.29	321.86 ± 97.65	1.86 ± 1.85	0.288
12	518.00 ± 611.36	414.64 ± 310.37	1.82 ± 2.43	0.697
13	252.46 ± 276.77	194.89 ± 62.61	1.42 ± 1.59	0.601
14	444.93 ± 492.07	234.36 ± 184.52	3.11 ± 4.31	0.310
15	178.86 ± 110.15	133.25 ± 34.39	1.46 ± 1.02	0.316
前臂外側 Skin Moisture 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	478.39 ± 217.25	455.75 ± 205.07	1.27 ± 0.82	0.844
2	539.11 ± 194.51	445.07 ± 259.94	1.63 ± 1.14	0.458
3	812.00 ± 400.63	430.11 ± 340.70	2.80 ± 2.18	0.079
4	490.21 ± 212.86	313.18 ± 169.51	1.99 ± 1.34	0.111
5	737.89 ± 466.19	511.85 ± 386.31	2.39 ± 2.28	0.331
6	861.11 ± 538.82	699.11 ± 333.46	1.50 ± 1.14	0.512
7	686.71 ± 428.22	478.43 ± 191.04	1.77 ± 1.51	0.263
8	527.71 ± 554.73	391.71 ± 145.44	1.55 ± 1.77	0.542
9	515.79 ± 298.72	274.79 ± 112.08	2.14 ± 1.42	0.069
10	334.44 ± 187.84	378.82 ± 232.34	1.10 ± 0.74	0.701
11	574.36 ± 528.18	309.64 ± 117.91	2.23 ± 2.41	0.220
12	466.18 ± 483.19	534.71 ± 493.75	1.63 ± 2.13	0.797
13	193.57 ± 117.91	185.43 ± 56.86	1.15 ± 0.79	0.872
14	316.54 ± 230.77	197.43 ± 167.88	2.92 ± 3.29	0.291
15	209.36 ± 157.26	133.61 ± 44.48	1.77 ± 1.52	0.244

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 skin moisture 差異以 student t test 檢定

moisture 皆高於控制組數值，且第 3、5、9、11、及 14 週實驗組之 skin moisture 值為控制組之二倍高；惟所有實驗週次兩組間之差異未達統計顯著(p -value > 0.05)。表 4-34 為實驗組與控制組上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光實驗曝曬階段 skin moisture 之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定。在曝曬階段，實驗組上臂內側之 skin moisture 值皆高於控制組數值，且於實驗第 9、10、及 14 週時為控制組上臂內側測量值之二倍；惟所有實驗週次兩組間之差異未達統計顯著(p -value > 0.05)。

前臂外側部份：實驗組所有 skin moisture 值皆高於控制組之量測值，且第 3、7、9、10、12、及 14 週之實驗組 skin moisture 值為控制組之二倍高，但不具統計顯著差異性(p -value > 0.05)。表 4-35 為實驗組與控制組之上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光實驗陰涼後階段 skin moisture 之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定。在陰涼後階段，實驗組上臂內側之 skin moisture 值皆高於控制組之測量值，且於第 14 週時為控制組 skin moisture 值之二倍，但不具統計顯著性(p -value > 0.05)。前臂外側部分，實驗組之 skin moisture 值於第 4 週時低於控制組數值，其餘週次之實驗組量測值則依舊高於控制組，且第 14 週之實驗組數值高達控制組二倍。以上觀察說明，不論受試者位於陰涼處或曝曬處，因實驗組使用防曬袖套對皮膚溼度造成影響，故使用防曬袖套者皮膚溼度會比未使用袖套者量測值高。圖 4-20 為戶外日光實驗實驗組與控制組人員前

表 4-34 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)

與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗曝曬階段皮膚濕度(skin moisture)之分佈^a、實驗組－控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 Skin Moisture 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	701.50 ± 423.28	648.04 ± 256.81	1.21 ± 0.80	0.780
2	815.64 ± 422.37	746.21 ± 237.58	1.19 ± 0.70	0.711
3	1106.21 ± 585.18	782.93 ± 308.31	1.80 ± 1.58	0.220
4	549.79 ± 258.07	634.48 ± 409.23	1.07 ± 0.62	0.652
5	992.61 ± 394.66	898.36 ± 393.90	1.25 ± 0.62	0.663
6	1013.57 ± 478.31	927.36 ± 268.16	1.19 ± 0.67	0.685
7	964.32 ± 614.27	720.68 ± 367.60	1.74 ± 1.46	0.386
8	685.82 ± 579.42	533.04 ± 173.26	1.42 ± 1.28	0.517
9	724.86 ± 549.87	517.71 ± 288.15	2.13 ± 2.44	0.395
10	749.96 ± 461.86	478.79 ± 298.54	2.14 ± 1.80	0.216
11	678.36 ± 478.96	498.68 ± 181.24	1.59 ± 1.39	0.372
12	451.04 ± 357.64	469.79 ± 345.28	1.48 ± 1.52	0.922
13	347.79 ± 436.69	235.18 ± 119.05	1.95 ± 2.97	0.523
14	464.07 ± 353.18	293.36 ± 182.32	2.19 ± 2.08	0.278
15	243.82 ± 192.39	139.75 ± 28.51	1.81 ± 1.41	0.182
前臂外側 Skin Moisture 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	699.82 ± 309.73	638.57 ± 341.94	1.40 ± 0.92	0.731
2	860.93 ± 449.07	635.29 ± 279.59	1.65 ± 1.18	0.281
3	1105.68 ± 555.00	691.93 ± 368.39	2.90 ± 2.17	0.126
4	610.18 ± 265.84	575.86 ± 261.18	1.19 ± 0.61	0.812
5	1026.39 ± 394.58	739.93 ± 392.55	1.76 ± 1.08	0.198
6	1140.21 ± 518.17	1026.11 ± 369.65	1.22 ± 0.65	0.644
7	912.43 ± 537.55	711.54 ± 431.00	2.14 ± 2.56	0.455
8	601.68 ± 531.00	443.86 ± 163.98	1.52 ± 1.42	0.467
9	720.75 ± 489.72	450.89 ± 244.89	2.36 ± 2.62	0.217
10	763.11 ± 453.77	502.32 ± 270.41	2.15 ± 2.03	0.216
11	688.21 ± 558.46	570.25 ± 337.59	1.65 ± 1.69	0.641
12	525.57 ± 447.04	523.54 ± 481.50	2.03 ± 2.54	0.994
13	367.29 ± 435.24	248.57 ± 77.50	1.63 ± 1.97	0.491
14	458.89 ± 347.01	349.07 ± 324.68	2.40 ± 2.50	0.552
15	220.79 ± 111.07	459.18 ± 44.86	1.48 ± 0.81	0.199

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 skin moisture 差異以 student t test 檢定

表 4-35 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)

與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼後階段中皮膚濕度

(skin moisture)之分佈^a、實驗組—控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 Skin Moisture 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	693.68 ± 318.73	631.68 ± 228.49	1.21 ± 0.64	0.683
2	759.32 ± 320.98	674.32 ± 128.51	1.17 ± 0.52	0.528
3	963.61 ± 543.76	736.32 ± 236.97	1.51 ± 1.13	0.331
4	552.29 ± 273.87	683.18 ± 431.67	1.15 ± 0.92	0.511
5	1075.89 ± 485.26	913.29 ± 376.64	1.40 ± 0.93	0.497
6	1037.50 ± 450.01	872.11 ± 155.05	1.22 ± 0.55	0.376
7	1011.82 ± 497.74	726.54 ± 353.03	1.71 ± 1.12	0.210
8	761.14 ± 611.41	443.53 ± 72.59	1.76 ± 1.38	0.197
9	622.21 ± 411.54	500.57 ± 229.49	1.55 ± 1.32	0.508
10	656.71 ± 279.60	510.00 ± 251.72	1.38 ± 0.96	0.702
11	664.79 ± 426.81	433.32 ± 120.72	1.67 ± 1.19	0.193
12	534.60 ± 473.39	529.49 ± 273.12	1.35 ± 1.52	0.981
13	251.18 ± 206.45	272.04 ± 108.96	1.07 ± 0.99	0.817
14	437.82 ± 497.50	249.46 ± 183.73	2.66 ± 3.58	0.366
15	156.25 ± 62.46	122.11 ± 25.14	1.34 ± 0.60	0.205
前臂外側 Skin Moisture 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	652.86 ± 230.54	571.21 ± 228.58	1.26 ± 0.55	0.518
2	687.07 ± 287.81	286.11 ± 222.29	1.42 ± 0.99	0.477
3	873.75 ± 475.06	691.32 ± 304.92	1.52 ± 1.09	0.409
4	482.25 ± 188.38	629.07 ± 314.99	0.98 ± 0.65	0.311
5	952.36 ± 363.14	798.93 ± 358.56	1.43 ± 0.82	0.442
6	1148.79 ± 512.70	979.54 ± 341.46	1.29 ± 0.67	0.481
7	937.18 ± 468.29	732.89 ± 360.31	1.75 ± 1.49	0.378
8	667.04 ± 543.80	455.50 ± 207.53	1.65 ± 1.39	0.355
9	627.29 ± 417.82	583.86 ± 316.98	1.54 ± 1.58	0.830
10	584.14 ± 279.90	617.71 ± 371.27	1.34 ± 1.06	0.852
11	650.07 ± 439.93	464.32 ± 261.16	1.73 ± 1.34	0.356
12	587.50 ± 467.34	635.64 ± 407.38	1.50 ± 1.79	0.841
13	274.18 ± 241.87	275.93 ± 91.34	1.08 ± 0.98	0.986
14	452.11 ± 484.75	297.07 ± 248.86	2.58 ± 3.45	0.466
15	173.54 ± 83.35	138.93 ± 61.14	1.47 ± 0.91	0.393

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 skin moisture 差異以 student t test 檢定

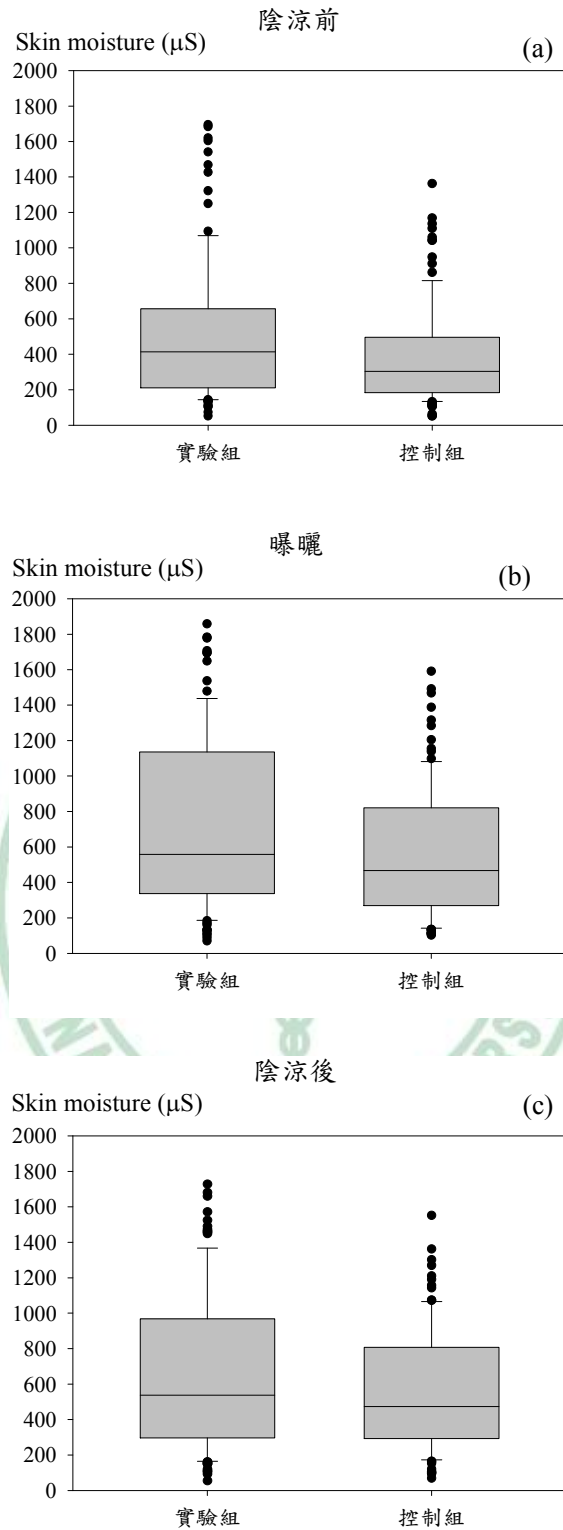


圖 4-20 日光實驗實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂外側皮膚濕度(skin moisture)量測值之盒形圖：(a)陰涼前階段；(b)曝曬階段；(c)陰涼後階段

臂外側 skin moisture 值之盒形圖。圖中亦顯示實驗組之 skin moisture 值高於控制組之現象。

圖 4-21 為戶外日光實驗曝曬階段實驗組與控制組人員 skin moisture 對數值對應環境相對濕度之散佈。圖 4-22 為戶外日光實驗陰涼後階段實驗組與控制組人員 skin moisture 對數值對應環境相對濕度之散佈。以下為圖 4-21 之方程式：

曝曬階段實驗組上臂內側 skin moisture 對數值對應相對濕度之方程式：

$$y = -0.01x + 3.24 \quad r^2 = 0.033 \quad (\text{Eq. 4.17})$$

曝曬階段控制組上臂內側 skin moisture 對數值對應相對濕度之方程式：

$$y = -0.01x + 3.38 \quad r^2 = 0.063 \quad (\text{Eq. 4.18})$$

曝曬階段實驗組前臂外側 skin moisture 對數值對應相對濕度之方程式：

$$y = -0.01x + 3.32 \quad r^2 = 0.042 \quad (\text{Eq. 4.19})$$

曝曬階段控制組前臂外側 skin moisture 對數值對應相對濕度之方程式：

$$y = -0.02x + 3.58 \quad r^2 = 0.103 \quad (\text{Eq. 4.20})$$

以下為圖 4-22 之方程式：

陰涼後階段實驗組上臂內側 skin moisture 對數值對應相對濕度方程式：

$$y = -0.02x + 3.70 \quad r^2 = 0.065 \quad (\text{Eq. 4.21})$$

陰涼後階段控制組上臂內側 skin moisture 對數值對應相對濕度方程式：

$$y = -0.01x + 3.50 \quad r^2 = 0.072 \quad (\text{Eq. 4.22})$$

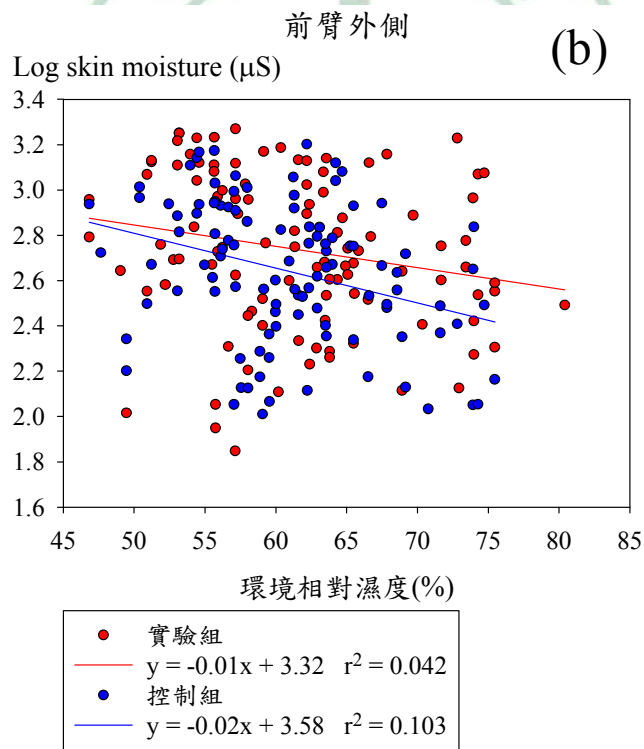
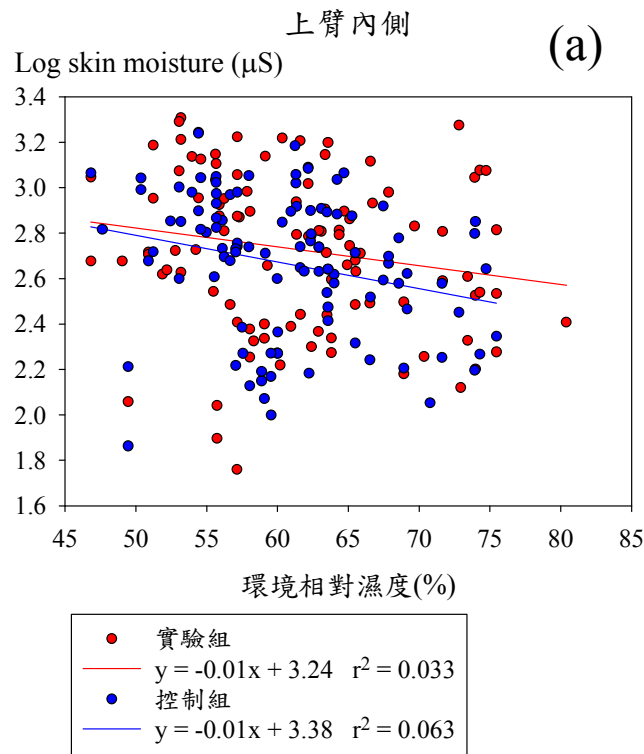


圖 4-21 日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚濕度(skin moisture)對數值對應環境相對濕度之散佈與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處)

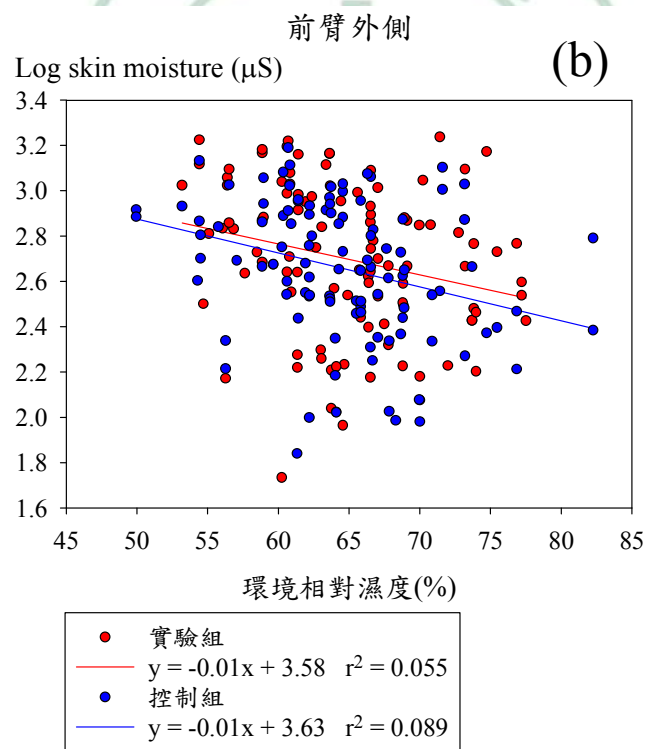
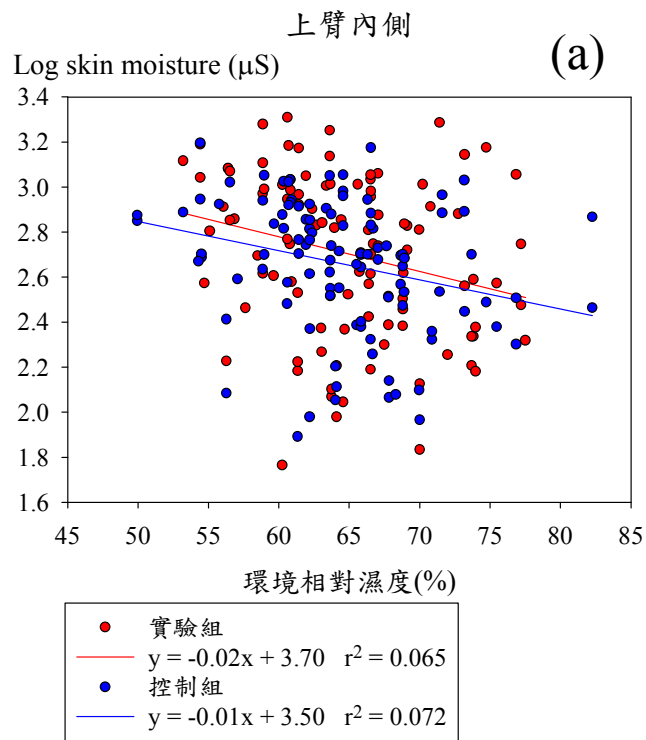


圖 4-22 日光實驗陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚濕度(skin moisture)對數值對應環境相對濕度之散佈與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處)

陰涼後階段實驗組前臂外側 skin moisture 對數值對應相對濕度方程式：

$$y = -0.01x + 3.58 \quad r^2 = 0.055 \quad (\text{Eq. 4.23})$$

陰涼後階段控制組前臂外側 skin moisture 對數值對應相對濕度方程式：

$$y = -0.01x + 3.63 \quad r^2 = 0.089 \quad (\text{Eq. 4.24})$$

如圖 4-21 所示：實驗組前臂外側 skin moisture 之對數值較控制組為高，

其中又以高環境相對濕度時尤為明顯。推論可能因防曬袖套具隔離皮膚

與空氣介質之作用，造成表皮水分不易蒸散至大氣環境中。但此現象於

陰涼處並無觀察到，間接說明在日光曝曬處因有日光紫外線直接照射，

其所產生之輻射熱放大因使用防曬袖套所產生之差別。圖 4-23 為戶外日

光實驗曝曬階段實驗組與控制組人員 skin moisture 對數值對應 WBGT

之散佈與迴歸方程式。以下為圖 4-23 之方程式：

曝曬階段實驗組上臂內側 skin moisture 對數值對應 WBGT 之方程式：

$$y = 0.10x - 0.25 \quad r^2 = 0.242 \quad (\text{Eq. 4.25})$$

曝曬階段控制組上臂內側 skin moisture 對數值對應 WBGT 之方程式：

$$y = 0.12x - 0.78 \quad r^2 = 0.297 \quad (\text{Eq. 4.26})$$

曝曬階段實驗組前臂外側 skin moisture 對數值對應 WBGT 之方程式：

$$y = 0.11x - 0.55 \quad r^2 = 0.291 \quad (\text{Eq. 4.27})$$

曝曬階段控制組前臂外側 skin moisture 對數值對應 WBGT 之方程式：

$$y = 0.11x - 0.75 \quad r^2 = 0.251 \quad (\text{Eq. 4.28})$$

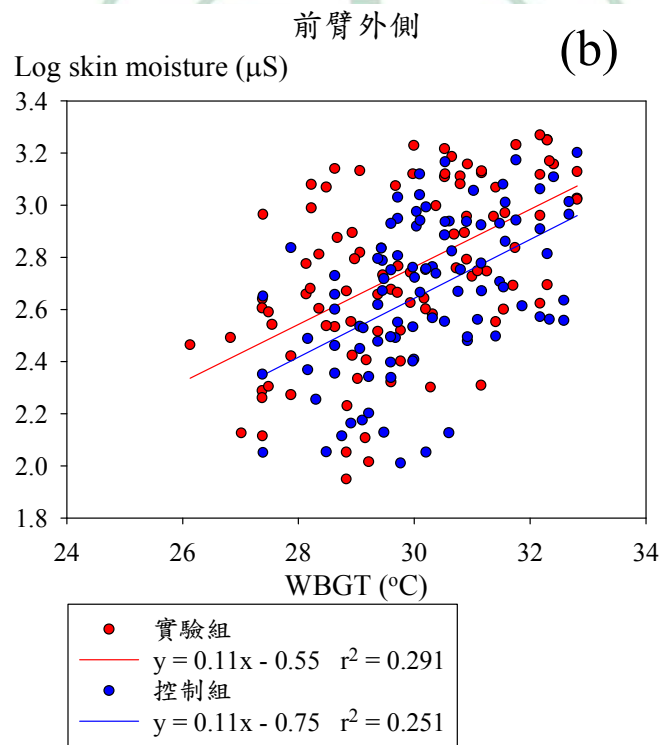
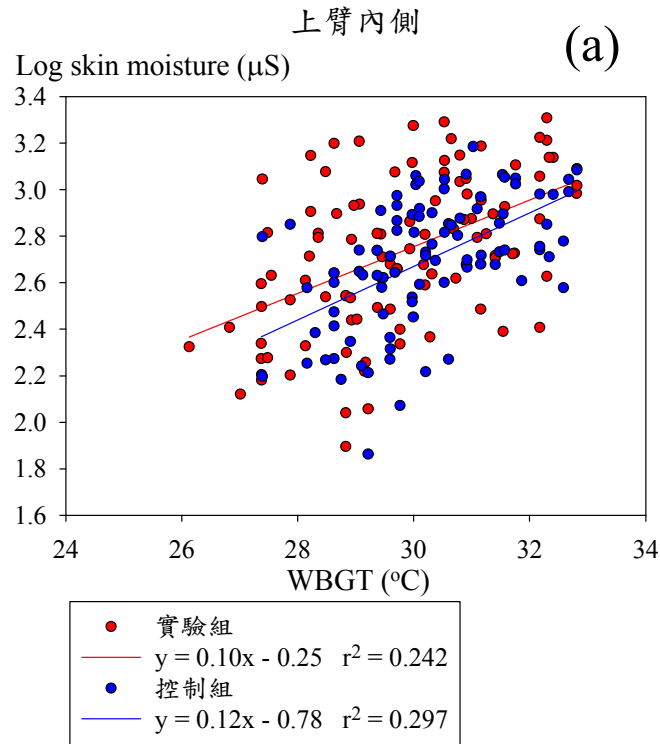


圖 4-23 日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚濕度(skin moisture)對數值對應 WBGT 之散佈與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處)

如圖所示，在曝曬階段實驗組前臂外側 skin moisture 之對數值較控制組為高，實驗組迴歸方程式之截距亦較控制組大(實驗組：-0.55；控制組：-0.75)。以上現象說明實驗組受試者因使用防曬袖套，造成皮膚表面與外界空氣隔離之局部熱環境；該熱環境與外界環境之熱交換阻絕，導致體熱散發不易，促使體熱以 skin moisture 型態蓄積在表皮中。實驗組與控制組 skin moisture 對應 WBGT 迴歸方程式之斜率接近(實驗組：0.07；控制組：0.06)，顯示實驗組與控制組隨 WBGT 增加之變化趨勢接近。

圖 4-24 為戶外日光實驗曝曬階段實驗組與控制組 skin moisture 對數值對應 UVI 之散佈圖與迴歸方程式。以下為圖 4-24 之方程式：

曝曬階段實驗組上臂內側 skin moisture 對數值對應 UVI 之方程式：

$$y = 0.06x + 2.37 \quad r^2 = 0.164 \quad (\text{Eq. 4.29})$$

曝曬階段控制組上臂內側 skin moisture 對數值對應 UVI 之方程式：

$$y = 0.06x + 2.32 \quad r^2 = 0.145 \quad (\text{Eq. 4.30})$$

曝曬階段實驗組前臂外側 skin moisture 對數值對應 UVI 之方程式：

$$y = 0.07x + 2.35 \quad r^2 = 0.195 \quad (\text{Eq. 4.31})$$

曝曬階段控制組前臂外側 skin moisture 對數值對應 UVI 之方程式：

$$y = 0.06x + 2.27 \quad r^2 = 0.168 \quad (\text{Eq. 4.32})$$

如圖所示，實驗組與控制組 skin moisture 對數值對應 UVI 之趨勢與對應 WBGT 之趨勢相同。前於 4.2.1 曾討論在日光曝曬階段所讀取之 WBGT

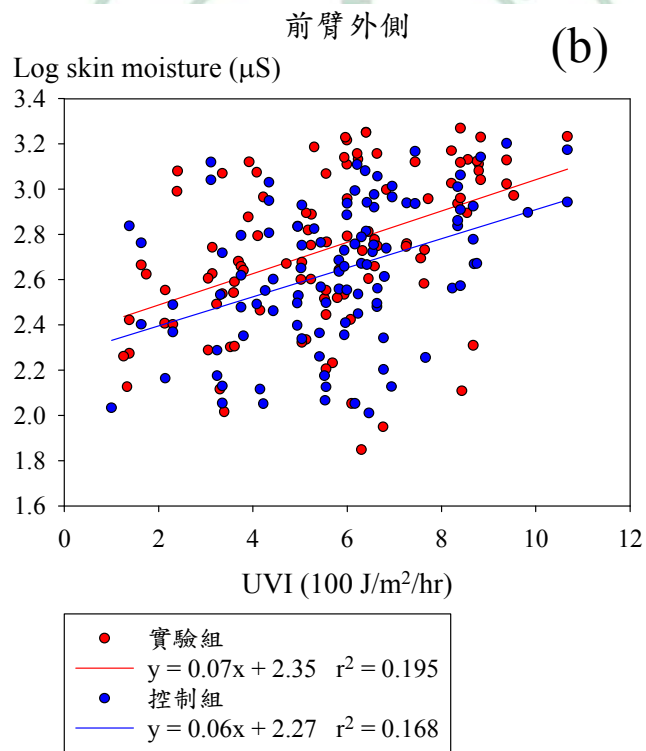
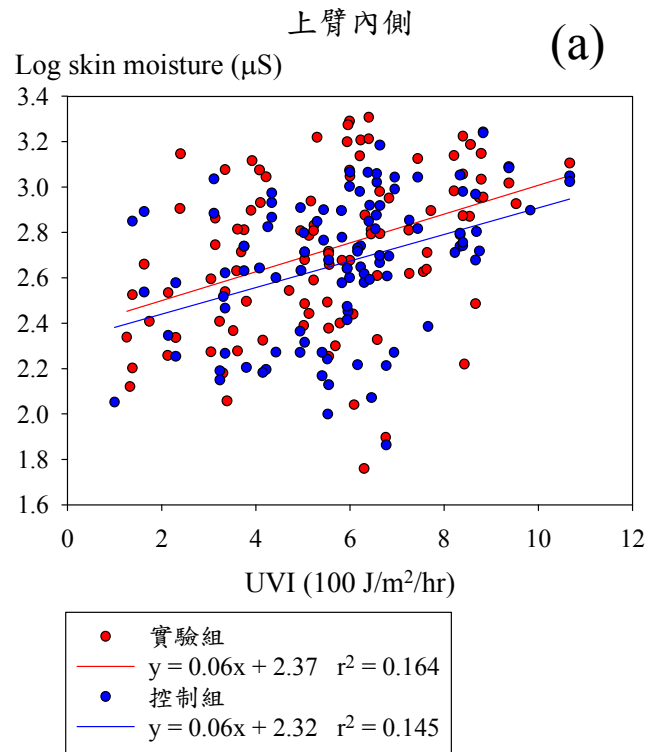


圖 4-24 日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚濕度(skin moisture)對數值對應 UVI 之散佈與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處)

與 UVI 間存在線性關係，故此處所觀察到之 skin moisture 與 UVI 之關聯實際可能代表 skin moisture 與 WBGT(含輻射熱)間之關係。若以上論述成立，則 skin moisture 非為評估日光紫外線能量對皮膚影響之良好工具。

4.2.4 戶外環境物理因子對 SCBF 之影響

表 4-36 為實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用防曬袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外日光曝曬實驗陰涼前階段 SCBF 之分佈、實驗組－控制組比值、及統計檢定。在陰涼前階段，實驗組上臂內側之 SCBF 量測值，於實驗第 1、4、7、及 8 週時低於控制組，但均不具統計顯著差異性(p -value > 0.05)。實驗組前臂外側之 SCBF 於第 2、4、6、及 11 週低於控制組之量測值，但所有實驗週次之實驗組與對照組間關係並無統計上顯著差異(p -value > 0.05)。表 4-37 為實驗組與控制組之上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光實驗曝曬階段 SCBF 之分佈、實驗組－控制組比值、及統計檢定。在曝曬處時，實驗組上臂內側之 SCBF 量測值，於實驗第 2、5、及 12 週時低於控制組之 SCBF 量測值；其餘實驗週次之實驗組量測值皆高於控制組，且第 15 週實驗組之量測值為控制組之二倍，且此週實驗組與對照組間之差異具統計顯著性(p -value = 0.014)。其餘週數則不具統計顯著差異性(p -value >

表 4-36 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)

與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼前階段皮膚微血流變

化量(SCBF)之量測值^a、實驗組—控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 SCBF 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	15.67 ± 5.90	17.51 ± 5.18	0.99 ± 0.53	0.546
2	14.57 ± 8.07	12.61 ± 2.97	1.23 ± 0.76	0.558
3	16.87 ± 8.18	17.27 ± 5.35	1.07 ± 0.60	0.916
4	12.56 ± 3.60	19.70 ± 9.71	0.76 ± 0.35	0.093
5	25.23 ± 12.73	18.10 ± 5.24	1.49 ± 0.81	0.196
6	22.43 ± 9.91	23.64 ± 12.23	1.28 ± 0.99	0.842
7	15.87 ± 7.08	21.91 ± 6.11	0.77 ± 0.38	0.113
8	16.93 ± 4.99	22.89 ± 12.26	0.99 ± 0.64	0.257
9	19.40 ± 10.29	17.31 ± 7.25	1.35 ± 0.98	0.669
10	18.74 ± 8.70	16.06 ± 6.59	1.35 ± 0.81	0.527
11	19.93 ± 9.87	22.20 ± 13.02	1.21 ± 0.95	0.719
12	23.97 ± 10.51	16.46 ± 4.66	1.61 ± 0.92	0.109
13	17.79 ± 14.92	18.76 ± 8.07	1.12 ± 1.05	0.882
14	29.86 ± 31.10	20.99 ± 9.14	1.30 ± 1.69	0.483
15	14.31 ± 4.22	12.81 ± 6.15	1.39 ± 0.79	0.605
前臂外側 SCBF 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	12.81 ± 4.66	12.59 ± 3.48	1.07 ± 0.44	0.919
2	14.33 ± 4.19	16.47 ± 5.28	0.95 ± 0.38	0.417
3	16.06 ± 7.74	12.94 ± 4.04	1.37 ± 0.80	0.364
4	12.83 ± 5.66	15.89 ± 6.18	0.91 ± 0.50	0.353
5	14.21 ± 3.65	14.66 ± 4.75	1.05 ± 0.39	0.848
6	17.21 ± 8.68	19.33 ± 3.64	0.92 ± 0.47	0.563
7	15.30 ± 4.21	17.51 ± 7.60	1.02 ± 0.47	0.513
8	18.17 ± 8.14	16.89 ± 8.64	1.29 ± 0.74	0.779
9	12.00 ± 2.38	13.34 ± 5.85	1.02 ± 0.37	0.584
10	12.46 ± 2.00	11.96 ± 2.40	1.08 ± 0.25	0.680
11	14.77 ± 4.53	15.70 ± 3.31	0.98 ± 0.35	0.669
12	12.14 ± 5.61	11.23 ± 2.67	1.15 ± 0.61	0.704
13	14.84 ± 6.84	11.53 ± 3.26	1.38 ± 0.71	0.270
14	13.77 ± 5.97	11.76 ± 4.09	1.31 ± 0.73	0.476
15	11.70 ± 5.25	8.84 ± 4.34	1.57 ± 0.91	0.289

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 SCBF 差異以 student t test 檢定

表 4-37 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)

與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗曝曬階段皮膚微血流變化

量(SCBF)之量測值^a、實驗組—控制組比值及統計檢定^b

上臂內側 SCBF 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	27.23 ± 19.71	19.27 ± 6.68	1.56 ± 1.21	0.332
2	17.44 ± 6.57	22.20 ± 8.88	0.89 ± 0.44	0.277
3	20.83 ± 10.81	16.46 ± 10.66	1.62 ± 1.10	0.461
4	18.44 ± 8.57	20.66 ± 15.19	1.34 ± 0.96	0.743
5	16.53 ± 4.96	18.11 ± 4.12	0.95 ± 0.32	0.527
6	21.27 ± 9.06	21.57 ± 12.38	1.28 ± 0.88	0.960
7	18.40 ± 9.60	16.93 ± 5.66	1.19 ± 0.70	0.733
8	17.31 ± 6.61	13.81 ± 5.42	1.40 ± 0.67	0.300
9	21.39 ± 18.45	22.31 ± 10.34	1.20 ± 1.29	0.909
10	19.84 ± 7.61	16.51 ± 6.31	1.40 ± 0.79	0.391
11	14.41 ± 10.14	13.83 ± 6.54	1.28 ± 1.10	0.900
12	17.41 ± 7.43	23.51 ± 9.63	0.87 ± 0.53	0.209
13	14.00 ± 3.34	12.53 ± 4.44	1.26 ± 0.59	0.497
14	20.13 ± 10.73	15.89 ± 7.17	1.53 ± 1.07	0.401
15	15.47 ± 5.25	8.30 ± 4.04	2.29 ± 1.32	0.014 ^c
前臂外側 SCBF 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	16.86 ± 8.51	16.70 ± 6.53	1.17 ± 0.75	0.970
2	14.39 ± 8.55	16.19 ± 4.15	0.93 ± 0.55	0.625
3	18.66 ± 5.97	12.77 ± 5.84	1.80 ± 1.07	0.087
4	12.31 ± 3.59	17.89 ± 5.76	0.78 ± 0.41	0.051
5	14.61 ± 5.97	17.37 ± 6.29	0.91 ± 0.42	0.417
6	16.17 ± 7.82	27.90 ± 25.81	0.83 ± 0.53	0.272
7	20.91 ± 14.68	21.31 ± 18.56	1.55 ± 1.43	0.965
8	19.33 ± 14.73	14.40 ± 5.80	1.52 ± 1.24	0.426
9	11.37 ± 4.76	13.51 ± 7.73	1.17 ± 0.90	0.544
10	12.59 ± 4.82	13.66 ± 5.04	1.04 ± 0.53	0.692
11	16.59 ± 4.14	9.84 ± 5.03	2.05 ± 1.04	0.018 ^c
12	18.26 ± 15.99	21.57 ± 15.61	1.20 ± 1.26	0.702
13	11.03 ± 4.65	21.04 ± 16.84	0.72 ± 0.45	0.155
14	15.36 ± 7.07	12.47 ± 7.41	1.65 ± 1.19	0.470
15	10.14 ± 6.64	7.33 ± 2.56	1.70 ± 1.62	0.316

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 SCBF 差異以 student t test 檢定

^c 表具統計顯著差異

0.05)。前臂外側部分：實驗組之 SCBF 量測值於第 2、4、5、6、及 13 週低於控制組之量測值，其餘週次實驗組之量測值皆高於控制組，且第 12 週實驗組之量測值為控制組之二倍。第 12 週時實驗組與對照組間之差異具統計顯著性(p -value = 0.018)，但其餘週次之實驗組與對照組間則無統計顯著差異(p -value > 0.05)。

表 4-38 為實驗組與控制組上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光實驗陰涼後階段之 SCBF 分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定。在陰涼後階段，實驗組上臂內側之 SCBF 值，於實驗第 1 及 7 週時低於控制組，其餘實驗週次之實驗組量測值皆高於控制組；但實驗組與對照組間關係之統計檢定顯示除第 15 週達顯著差異(p -value = 0.025)外，其餘週次均不具顯著差異(p -value > 0.05)。前臂外側部分，實驗組之 SCBF 量測值於第 2、9、12、及 13 週低於控制組之量測值，其餘週次實驗組皆高於控制組，且第 15 週實驗組之量測值為控制組之二倍。惟所有實驗週次實驗組與對照組間之差異均未達統計顯著(p -value > 0.05)。以上觀察顯示：使用防曬袖套之受試者之 SCBF 大多高於未使用防曬袖套者；亦即如前述，防曬袖套可能遲滯皮膚表面之散熱行為，造成體熱蓄積，間接刺激血流速率增加進行熱調節。圖 4-25 為戶外日光實驗實驗組與控制組人員前臂外側 SCBF 分佈之盒形圖。圖 4-26 為戶外日光實驗曝曬階段實驗組與控制組人員 SCBF 值對應環境溫度之散佈圖與迴歸方程式。

表 4-38 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)

與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼後階段皮膚微血流變

化量(SCBF)之量測值^a、實驗組－控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 SCBF 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	13.67 ± 10.06	18.77 ± 6.59	0.81 ± 0.64	0.284
2	20.13 ± 17.57	15.74 ± 7.72	1.55 ± 1.50	0.557
3	19.47 ± 8.99	19.93 ± 8.60	1.14 ± 0.70	0.924
4	16.49 ± 10.17	19.06 ± 13.58	1.18 ± 0.92	0.695
5	20.20 ± 10.36	23.66 ± 27.17	1.39 ± 0.92	0.759
6	23.64 ± 11.15	24.80 ± 14.56	1.17 ± 0.72	0.870
7	16.97 ± 6.22	22.89 ± 5.42	0.78 ± 0.32	0.082
8	18.60 ± 7.22	18.23 ± 3.98	1.07 ± 0.47	0.907
9	19.10 ± 13.15	16.40 ± 6.10	1.31 ± 0.99	0.631
10	20.21 ± 9.28	20.46 ± 20.88	1.50 ± 0.94	0.978
11	30.44 ± 26.37	19.80 ± 6.32	1.68 ± 1.49	0.319
12	26.69 ± 12.34	21.03 ± 7.25	1.44 ± 0.90	0.316
13	19.03 ± 10.78	18.59 ± 8.18	1.18 ± 0.79	0.932
14	23.14 ± 10.05	17.29 ± 7.15	1.52 ± 0.82	0.233
15	15.07 ± 6.52	8.54 ± 1.63	1.82 ± 0.83	0.025 ^c
前臂外側 SCBF 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	18.91 ± 10.76	19.69 ± 9.71	1.20 ± 0.90	0.890
2	13.10 ± 5.69	17.64 ± 8.58	0.87 ± 0.48	0.266
3	16.53 ± 7.97	16.50 ± 5.22	1.10 ± 0.62	0.994
4	13.73 ± 6.34	12.43 ± 7.34	1.56 ± 1.22	0.729
5	21.97 ± 9.12	21.67 ± 16.93	1.34 ± 0.76	0.968
6	19.83 ± 5.42	22.56 ± 9.43	1.01 ± 0.46	0.519
7	21.59 ± 10.39	17.99 ± 4.90	1.27 ± 0.64	0.423
8	17.27 ± 8.82	15.80 ± 4.56	1.17 ± 0.66	0.702
9	14.26 ± 5.60	16.04 ± 4.22	0.95 ± 0.44	0.513
10	14.20 ± 5.61	12.64 ± 0.76	1.13 ± 0.42	0.481
11	21.21 ± 9.36	13.67 ± 2.52	1.60 ± 0.72	0.062
12	16.10 ± 7.11	17.91 ± 6.16	0.99 ± 0.53	0.619
13	16.01 ± 5.39	18.33 ± 4.77	0.93 ± 0.38	0.411
14	15.23 ± 8.85	15.76 ± 4.64	1.03 ± 0.61	0.891
15	13.46 ± 8.93	7.56 ± 3.37	2.08 ± 1.59	0.128

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 SCBF 差異以 student t test 檢定

^c 表具統計顯著差異

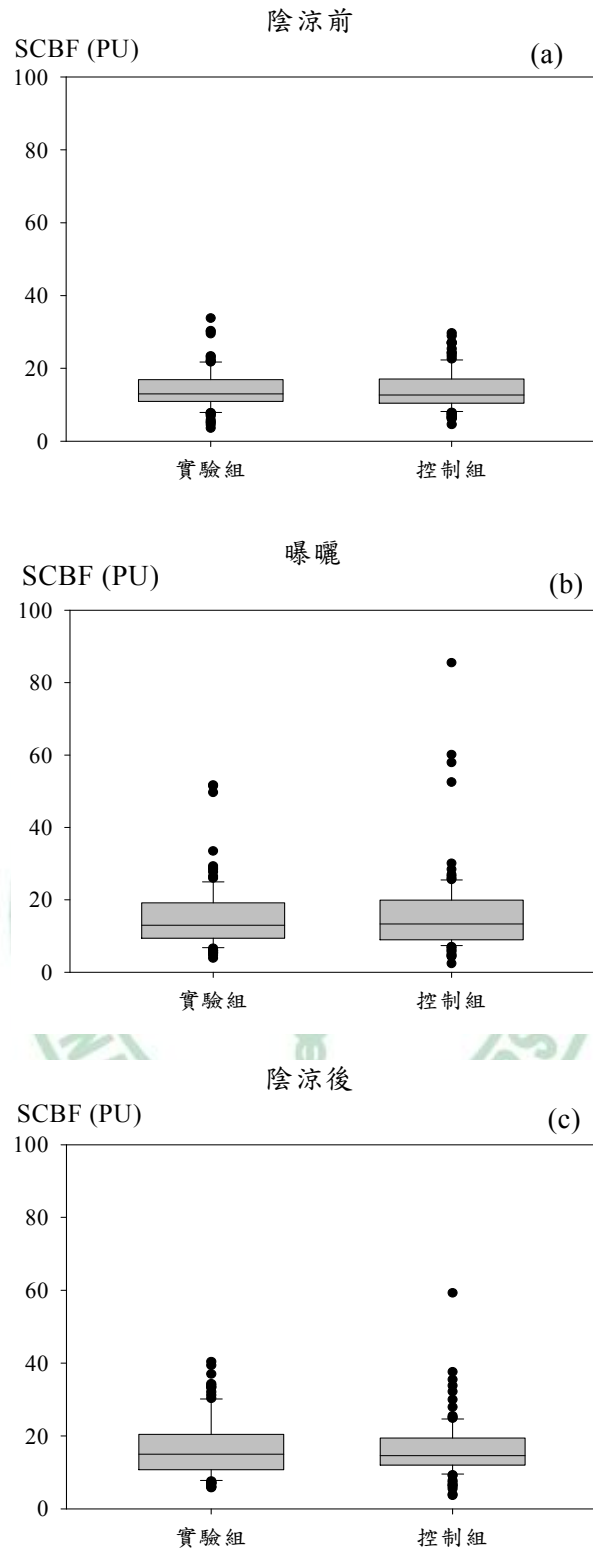


圖 4-25 日光實驗實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂外側皮膚微血流變化量(SCBF)之盒形圖：(a)陰涼前階段；(b)曝曬階段；(c)陰涼後階段

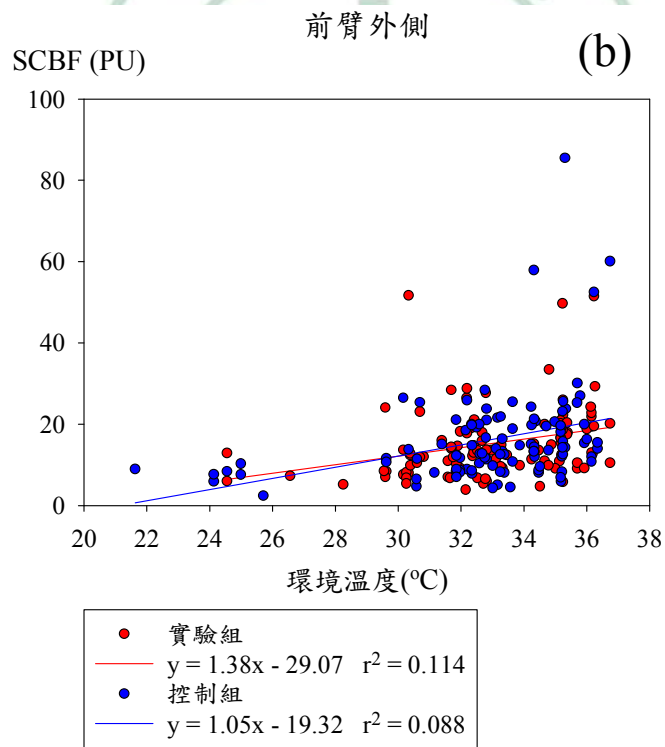
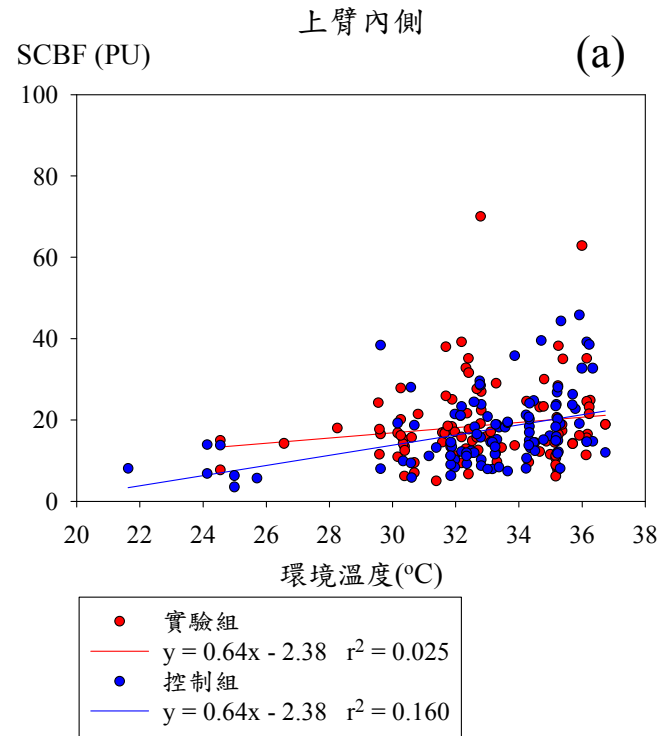


圖 4-26 日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套) 皮膚微血流變化量(SCBF)對應環境溫度之散佈圖：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處)

圖 4-27 為戶外日光實驗陰涼後階段實驗組與控制組人員 SCBF 對應環境溫度之散佈圖與迴歸方程式。以下為圖 4-26 之方程式：

曝曬階段實驗組上臂內側 SCBF 量測值對應環境溫度之方程式：

$$y = 0.64x - 2.38 \quad r^2 = 0.025 \quad (\text{Eq. 4.33})$$

曝曬階段控制組上臂內側 SCBF 量測值對應環境溫度之方程式：

$$y = 1.24x - 23.53 \quad r^2 = 0.160 \quad (\text{Eq. 4.34})$$

曝曬階段實驗組前臂外側 SCBF 量測值對應環境溫度之方程式：

$$y = 1.38x - 29.07 \quad r^2 = 0.114 \quad (\text{Eq. 4.35})$$

曝曬階段控制組前臂外側 SCBF 量測值對應環境溫度之方程式：

$$y = 1.05x - 19.32 \quad r^2 = 0.088 \quad (\text{Eq. 4.36})$$

以下為圖 4-27 之方程式：

陰涼後階段實驗組上臂內側 SCBF 量測值對應環境溫度之方程式：

$$y = 0.96x - 9.75 \quad r^2 = 0.026 \quad (\text{Eq. 4.37})$$

陰涼後階段控制組上臂內側 SCBF 量測值對應環境溫度之方程式：

$$y = 1.13x - 16.11 \quad r^2 = 0.077 \quad (\text{Eq. 4.38})$$

陰涼後階段實驗組前臂外側 SCBF 量測值對應環境溫度之方程式：

$$y = 1.37x - 26.02 \quad r^2 = 0.126 \quad (\text{Eq. 4.39})$$

陰涼後階段控制組前臂外側 SCBF 量測值對應環境溫度之方程式：

$$y = 1.09x - 17.37 \quad r^2 = 0.158 \quad (\text{Eq. 4.40})$$

如圖 4-26 與 4-27 所示：不論在曝曬處或陰涼處，只有少數 SCBF 量測

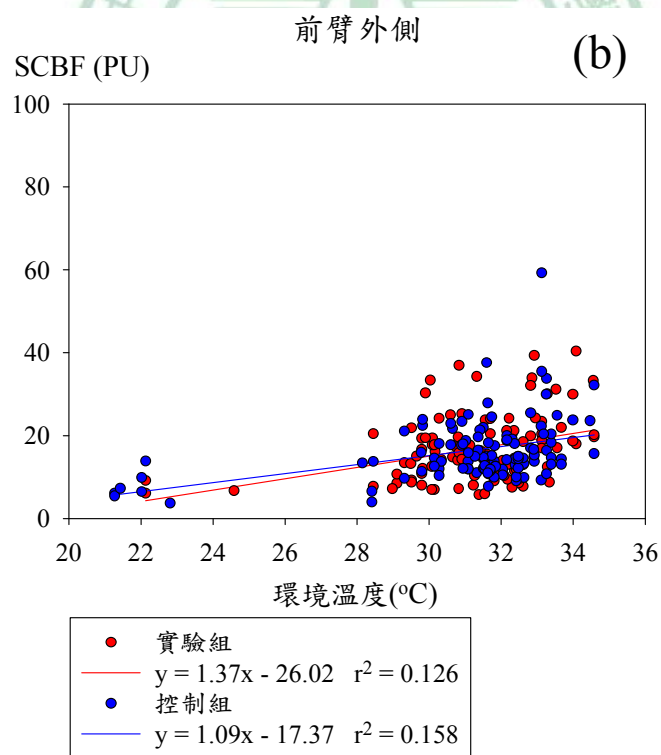
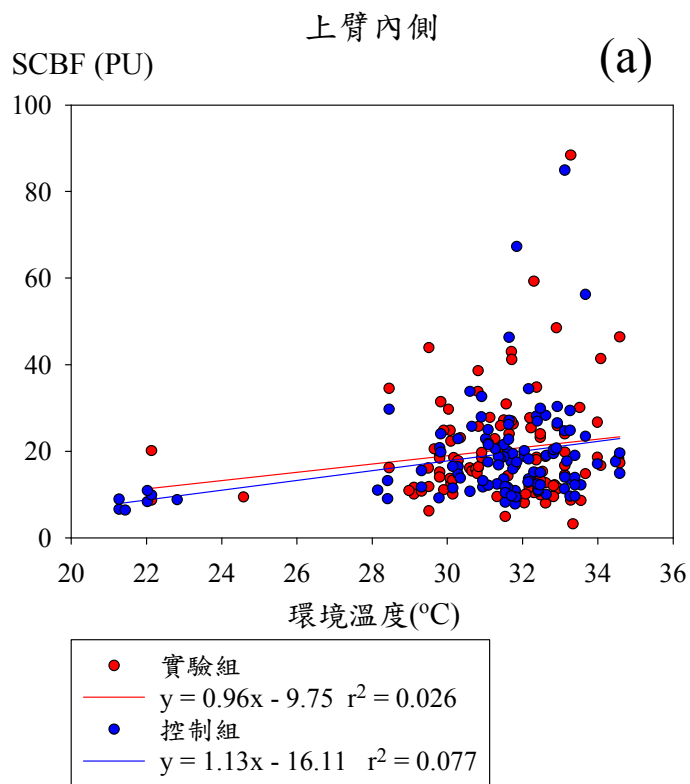


圖 4-27 日光實驗陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)

皮膚微血流變化量(SCBF)對應環境溫度之散佈圖：(a)上臂內側
(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處)

值會因環境溫度上升而增加；大多數量測值因環境溫度變化而改變之幅度不明顯。以上觀察說明 SCBF 較不易因環境溫度變化而產生明顯反應；易言之，SCBF 在本研究所嘗試之生理指標中對環境溫度之變化反應不若其他指標顯著。推估原因當為：SCBF 為熱調節反應機制中之先驅步驟，在本研究戶外實驗環境中，環境與人體熱交換之需求無法僅透過 SCBF 之變化滿足，須進一步透過 skin moisture 與 TEWL 增加反應。當熱調節推進至類排汗狀態時，SCBF 回復至穩定狀態，故不易與環境溫度產生良好線性關係。圖 4-28 為戶外日光實驗曝曬階段實驗組與控制組人員 SCBF 對應環境風速之散佈圖；圖 4-29 為戶外日光實驗陰涼後階段實驗組與控制組人員 SCBF 對應環境風速之散佈圖。如圖所示，環境風速較高時皮膚之 SCBF 數值亦較低，說明環境風速之產生會對皮膚產生涼爽感覺，進而促進散熱，降低 SCBF。此外於圖 4-29 中發現上臂內側 SCBF 值之最大值較前臂外側高(上臂內側：88.4、前臂外側：59.3)，所反應者可能為上臂內側較接近人體心臟而前臂外側屬體循環末端，故上臂內側皮膚微血流流量高於前臂外側。然而以上現象於圖 4-28 中並不明顯，可能原因為在身處曝曬處受試前臂外側皮膚直接遭受日光紫外線照射，皮膚所接受之輻射熱能較高，驅動與陰涼處狀況相較為高之 SCBF 變化，因此與上臂內側之 SCBF 差距縮小。

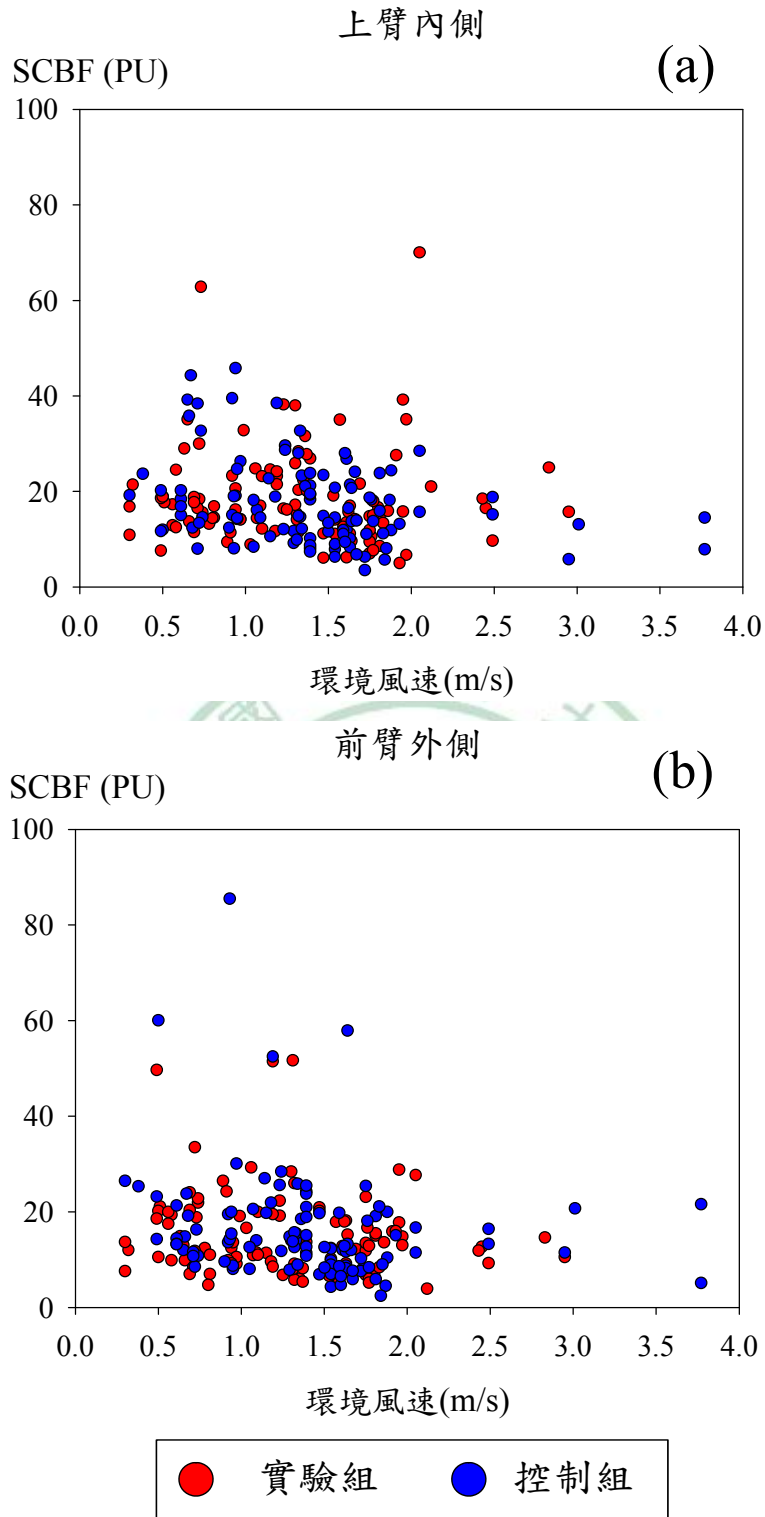


圖 4-28 日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚微血流變化量(SCBF)量測值對應環境風速之散佈圖：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處)

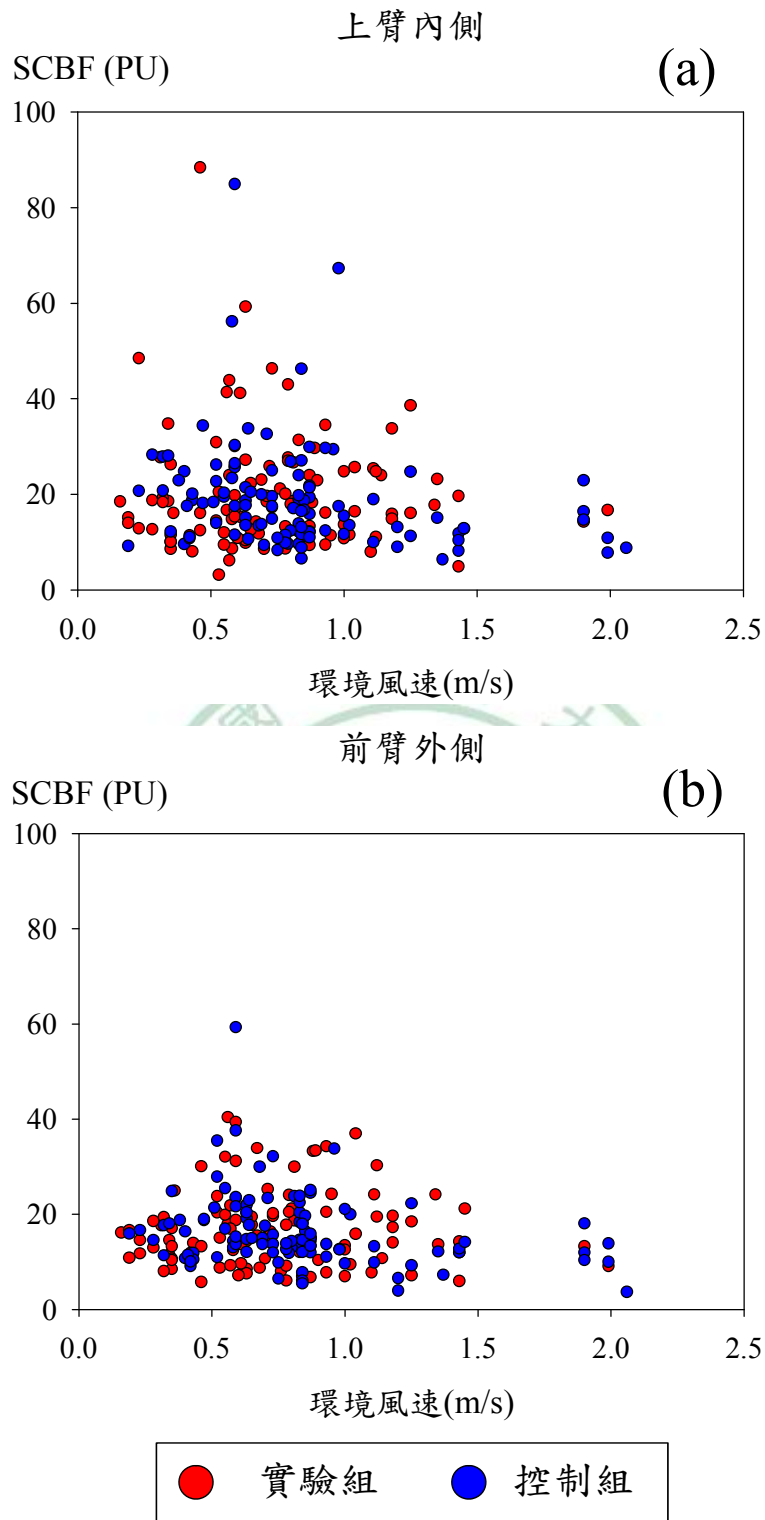


圖 4-29 日光實驗陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)

人員皮膚微血流變化量(SCBF)量測值對應環境風速之散佈

圖：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處)

圖 4-30 為戶外日光實驗曝曬階段實驗組與控制組人員前臂外側 SCBF 值對應 UVI 之散佈圖與迴歸方程式。圖 4-31 為戶外日光實驗曝曬階段實驗組與控制組人員前臂外側 SCBF 量測值對應黑球溫度之散佈圖與迴歸。以下為圖 4-30 之方程式：

曝曬階段實驗組前臂外側 SCBF 量測值對應 UVI 之方程式：

$$y = 0.24x + 13.77 \quad r^2 = 0.004 \quad (\text{Eq. 4.41})$$

曝曬階段控制組前臂外側 SCBF 量測值對應 UVI 之方程式：

$$y = 1.31x + 8.82 \quad r^2 = 0.050 \quad (\text{Eq. 4.42})$$

以下為圖 4-31 之方程式：

陰涼後階段實驗組前臂外側 SCBF 量測值對應 UVI 之方程式：

$$y = 0.38x + 0.62 \quad r^2 = 0.035 \quad (\text{Eq. 4.43})$$

陰涼後階段控制組前臂外側 SCBF 量測值對應 UVI 之方程式：

$$y = 0.61x - 7.49 \quad r^2 = 0.045 \quad (\text{Eq. 4.44})$$

如圖所示：在曝曬階段當受試者前臂外側皮膚遭受日光紫外線直接照射時，SCBF 並未隨 UVI 或黑球溫度增加產生明顯變化。如前所述，在本研究中戶外實驗之熱環境與人體熱交換可能無法單純透過 SCBF 達成平衡，故散熱機制推進至類排汗階段，此時 SCBF 逐步回復至穩定狀態，造成 SCBF 與日光紫外線相關之環境物理因子(UVI 以及黑球溫度)關聯

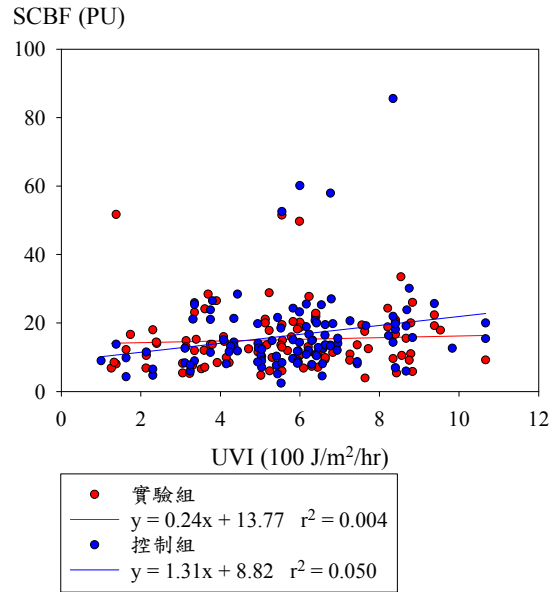


圖 4-30 日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂外側皮膚微血流變化量(SCBF)量測值對應 UVI 之散佈與迴歸方程式

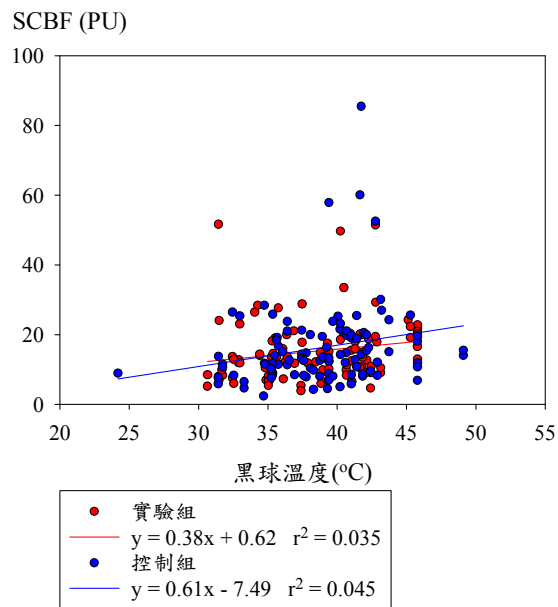


圖 4-31 日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂外側皮膚微血流變化量(SCBF)值對應黑球溫度之散佈與迴歸方程式

性較差。綜合以上觀察，SCBF 易受不同熱環境因子干擾，並非評估日光紫外線皮膚危害之良好生理指標。

4.2.5 戶外環境物理因子對 skin temperature 之影響

表 4-39 為實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用防曬袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外日光實驗陰涼前階段 skin temperature 之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定。在陰涼前階段，實驗組上臂內側之 skin temperature 值，於第 4、5、10、12、及 13 週時低於控制組量測值；第 6 週之實驗組與控制組間差異達統計顯著 (p -value = 0.012)，其餘週次之實驗組與控制組間差異則未達統計顯著 (p -value > 0.05)。前臂外側部分，實驗組之 skin temperature 於第 4、10、12、及 13 週低於控制組之量測值；第 3 及 6 週之實驗組與控制組間差異具統計顯著性(第 3 週 p -value = 0.029、第 6 週 p -value = 0.009)，其餘則未達統計顯著差異(p -value > 0.05)。

表 4-40 為實驗組與控制組之上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光實驗曝曬階段 skin temperature 之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定。在曝曬處時，實驗組上臂內側之 skin temperature 量測值，於實驗第 2、4、7、8、9、12、13、14 週時低於控制組量測值，但所有時間點測量值兩組間均不具統計顯著差異(p -value > 0.05)。前臂外側部分，實驗

表 4-39 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼前階段皮膚溫度(skin temperature)之值^a、實驗組－控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 Skin Temperature 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	32.76 ± 0.81	32.44 ± 0.55	1.01 ± 0.03	0.409
2	32.82 ± 0.67	32.72 ± 1.34	1.00 ± 0.04	0.864
3	33.18 ± 0.66	32.50 ± 0.54	1.02 ± 0.02	0.058
4	31.96 ± 0.93	32.57 ± 0.81	0.98 ± 0.04	0.215
5	32.73 ± 0.57	32.95 ± 0.31	0.99 ± 0.02	0.400
6	32.95 ± 0.38	32.36 ± 0.36	1.02 ± 0.02	0.012 ^c
7	32.31 ± 0.61	32.35 ± 0.69	1.00 ± 0.03	0.913
8	31.82 ± 0.45	31.68 ± 0.48	1.00 ± 0.02	0.607
9	31.53 ± 1.06	31.34 ± 0.81	1.01 ± 0.04	0.713
10	31.39 ± 0.40	31.75 ± 0.36	0.99 ± 0.02	0.100
11	32.13 ± 0.54	31.69 ± 0.74	1.01 ± 0.03	0.235
12	31.65 ± 0.85	31.86 ± 0.74	0.99 ± 0.03	0.631
13	30.52 ± 0.65	30.72 ± 0.47	0.99 ± 0.02	0.502
14	31.09 ± 0.62	30.84 ± 1.02	1.01 ± 0.04	0.597
15	28.07 ± 2.89	25.00 ± 2.43	1.13 ± 0.14	0.052
前臂外側 Skin Temperature 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	32.67 ± 0.80	32.44 ± 0.69	1.01 ± 0.03	0.580
2	32.87 ± 0.79	32.75 ± 1.51	1.01 ± 0.05	0.856
3	33.45 ± 0.84	32.46 ± 0.66	1.03 ± 0.03	0.029 ^c
4	31.91 ± 1.38	32.61 ± 0.95	0.98 ± 0.05	0.290
5	32.67 ± 0.79	32.76 ± 0.36	1.00 ± 0.02	0.773
6	32.95 ± 0.51	32.21 ± 0.37	1.02 ± 0.02	0.009 ^c
7	32.32 ± 0.68	32.14 ± 0.68	1.01 ± 0.03	0.616
8	31.62 ± 0.55	31.55 ± 0.67	1.00 ± 0.03	0.831
9	31.49 ± 1.28	31.21 ± 0.75	1.01 ± 0.04	0.629
10	31.31 ± 0.59	31.89 ± 0.43	0.98 ± 0.02	0.056
11	32.06 ± 0.79	31.61 ± 0.69	1.01 ± 0.03	0.276
12	31.59 ± 0.82	31.81 ± 0.94	0.99 ± 0.04	0.651
13	30.17 ± 0.73	30.57 ± 0.57	0.99 ± 0.03	0.279
14	30.83 ± 0.77	30.81 ± 1.30	1.00 ± 0.05	0.971
15	27.68 ± 3.30	24.48 ± 2.19	1.14 ± 0.15	0.053

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之皮膚溫度差異以 student t test 檢定

^c 表具統計顯著差異

表 4-40 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)

與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗曝曬階段皮膚溫度(skin

temperature)之值^a、實驗組—控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 Skin Temperature 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	33.58 ± 0.72	33.54 ± 1.41	1.00 ± 0.04	0.953
2	32.96 ± 0.74	34.23 ± 1.66	0.97 ± 0.05	0.089
3	34.12 ± 1.85	34.31 ± 1.53	1.00 ± 0.06	0.834
4	32.95 ± 2.75	33.69 ± 0.71	0.98 ± 0.08	0.506
5	36.46 ± 2.79	35.47 ± 1.23	1.03 ± 0.08	0.409
6	36.30 ± 2.74	35.21 ± 2.08	1.03 ± 0.09	0.419
7	34.44 ± 1.85	35.01 ± 1.70	0.99 ± 0.07	0.559
8	32.18 ± 1.43	32.54 ± 1.07	0.99 ± 0.05	0.602
9	32.07 ± 1.28	34.29 ± 2.01	0.94 ± 0.06	0.029
10	33.28 ± 2.10	33.13 ± 1.57	1.01 ± 0.07	0.882
11	35.06 ± 2.36	34.41 ± 1.97	1.02 ± 0.08	0.588
12	32.27 ± 0.87	32.52 ± 1.02	0.99 ± 0.04	0.630
13	31.44 ± 1.12	32.75 ± 2.71	0.97 ± 0.08	0.260
14	32.17 ± 1.43	33.66 ± 1.98	0.96 ± 0.07	0.133
15	29.12 ± 2.16	26.75 ± 2.86	1.10 ± 0.14	0.106
前臂外側 Skin Temperature 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	33.93 ± 0.98	33.70 ± 1.43	1.01 ± 0.05	0.730
2	32.81 ± 1.01	34.73 ± 1.70	0.95 ± 0.05	0.024 ^c
3	35.40 ± 2.45	34.83 ± 1.80	1.02 ± 0.08	0.631
4	32.97 ± 3.01	34.23 ± 0.86	0.96 ± 0.09	0.304
5	36.79 ± 3.13	35.66 ± 1.90	1.03 ± 0.10	0.429
6	36.72 ± 3.11	35.78 ± 2.12	1.03 ± 0.10	0.521
7	35.00 ± 2.23	35.35 ± 1.54	0.99 ± 0.07	0.736
8	32.23 ± 1.65	32.98 ± 1.37	0.98 ± 0.06	0.375
9	32.10 ± 1.63	35.36 ± 2.61	0.91 ± 0.08	0.016 ^c
10	33.38 ± 1.85	34.06 ± 2.37	0.98 ± 0.08	0.562
11	35.59 ± 2.93	34.88 ± 2.46	1.02 ± 0.10	0.635
12	32.09 ± 0.98	32.49 ± 1.27	0.99 ± 0.05	0.524
13	32.07 ± 2.15	32.32 ± 1.91	1.00 ± 0.08	0.827
14	32.93 ± 2.47	34.58 ± 2.80	0.96 ± 0.10	0.264
15	29.38 ± 2.22	27.12 ± 2.73	1.09 ± 0.14	0.116

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之皮膚溫度差異以 student t test 檢定

^c 表具統計顯著差異

組之 skin temperature 於第 2、4、7、8、9、10、12、及第 14 週低於控制組；其中第 2 及 9 週之實驗組與控制組間差異達統計顯著性(第 2 週 p -value = 0.024；第 9 週 p -value = 0.016)，但其餘週別兩組間差異未達統計顯著(p -value > 0.05)。表 4-41 為實驗組與控制組之上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光實驗陰涼後階段 skin temperature 之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定。在陰涼後階段，實驗組上臂內側之 skin temperature 於第 4 至 9 週以及第 12 至 14 週時低於控制組，但以上差異未達統計顯著(p -value > 0.05)；實驗組前臂外側之 skin temperature 於第 2 至 5 週、第 7 至 9 週、及第 12 至 14 週低於控制組，惟亦不具統計顯著差異性(p -value > 0.05)。

圖 4-32 為戶外日光實驗實驗組與控制組人員前臂外側 skin temperature 量測值之盒形圖。圖 4-33 為戶外日光實驗曝曬階段實驗組與控制組受試者 skin temperature 量測值對應環境溫度之散佈圖與迴歸方程式。以下為圖 4-33 之方程式：

曝曬階段實驗組上臂內側 skin temperature 量測值對應環境溫度方程式：

$$y = 0.76x + 8.11 \quad r^2 = 0.550 \quad (\text{Eq. 4.45})$$

曝曬階段控制組上臂內側 skin temperature 量測值對應環境溫度方程式：

$$y = 0.75x + 8.83 \quad r^2 = 0.666 \quad (\text{Eq. 4.46})$$

曝曬階段實驗組前臂外側 skin temperature 量測值對應環境溫度方程式：

$$y = 0.81x + 6.99 \quad r^2 = 0.486 \quad (\text{Eq. 4.47})$$

表 4-41 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬處)

與前臂外側(曝曬處)皮膚於日光實驗陰涼後階段中皮膚溫度

(skin temperature)之分佈^a、實驗組－控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 Skin Temperature 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	32.80 ± 0.60	32.58 ± 0.62	1.01 ± 0.02	0.507
2	32.93 ± 0.84	33.06 ± 0.83	1.00 ± 0.03	0.776
3	33.00 ± 0.81	33.12 ± 0.74	1.00 ± 0.03	0.782
4	31.54 ± 1.20	32.03 ± 1.83	0.99 ± 0.07	0.563
5	33.28 ± 0.85	33.66 ± 0.72	0.99 ± 0.03	0.385
6	33.28 ± 1.21	32.99 ± 1.15	1.01 ± 0.05	0.656
7	32.56 ± 0.79	32.90 ± 0.99	0.99 ± 0.04	0.496
8	31.82 ± 1.00	32.18 ± 0.74	0.99 ± 0.04	0.461
9	31.82 ± 1.06	32.12 ± 0.89	0.99 ± 0.04	0.578
10	32.10 ± 1.19	31.88 ± 0.48	1.014 ± 0.04	0.661
11	32.19 ± 0.87	31.54 ± 0.78	1.02 ± 0.03	0.169
12	31.61 ± 1.19	32.32 ± 0.76	0.98 ± 0.04	0.211
13	30.64 ± 0.44	30.94 ± 0.48	0.99 ± 0.02	0.238
14	30.71 ± 0.82	31.00 ± 1.02	0.99 ± 0.04	0.557
15	27.91 ± 3.25	24.38 ± 3.14	1.16 ± 0.17	0.061
前臂外側 Skin Temperature 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	32.82 ± 0.92	32.50 ± 0.71	1.01 ± 0.03	0.477
2	32.76 ± 1.19	33.20 ± 1.26	0.99 ± 0.05	0.517
3	33.01 ± 0.96	33.23 ± 1.19	0.99 ± 0.04	0.710
4	31.43 ± 1.43	31.95 ± 2.24	0.99 ± 0.08	0.611
5	33.52 ± 1.13	34.07 ± 1.42	0.99 ± 0.05	0.434
6	33.47 ± 1.60	33.25 ± 1.50	1.01 ± 0.06	0.793
7	32.59 ± 0.75	33.21 ± 1.49	0.98 ± 0.05	0.345
8	31.85 ± 1.38	32.11 ± 0.77	0.99 ± 0.05	0.675
9	31.84 ± 1.08	32.08 ± 1.20	0.99 ± 0.05	0.707
10	32.08 ± 1.86	31.89 ± 0.46	1.01 ± 0.06	0.804
11	32.41 ± 1.20	31.35 ± 0.78	1.03 ± 0.04	0.073
12	31.54 ± 1.35	32.07 ± 0.86	0.98 ± 0.05	0.400
13	30.43 ± 0.40	30.60 ± 0.46	0.99 ± 0.02	0.472
14	30.63 ± 0.83	31.06 ± 1.28	0.99 ± 0.05	0.466
15	27.46 ± 3.41	23.91 ± 3.06	1.16 ± 0.18	0.063

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之皮膚溫度差異以 student t test 檢定

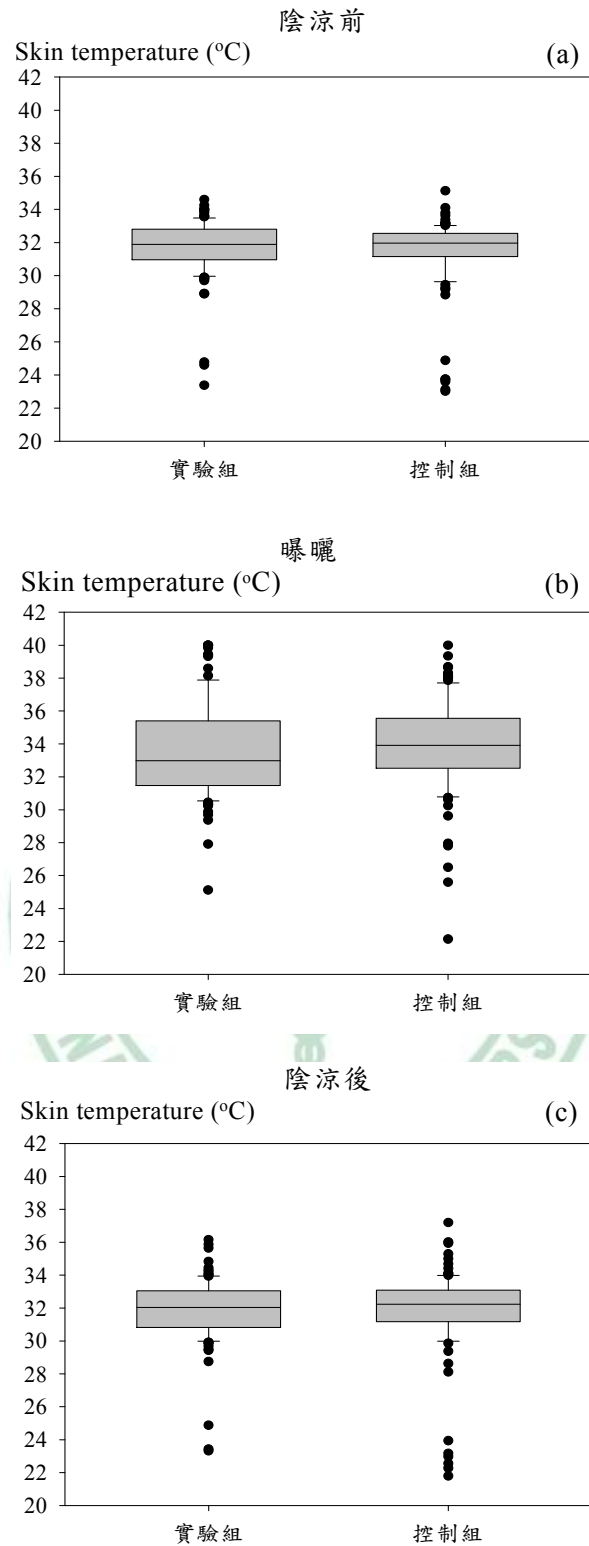


圖 4-32 戶外日光實驗實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用防曬袖套)人員前臂外側皮膚溫度(skin temperature)之盒形圖:(a)陰涼前階段;(b)曝曬階段;(c)陰涼後階段

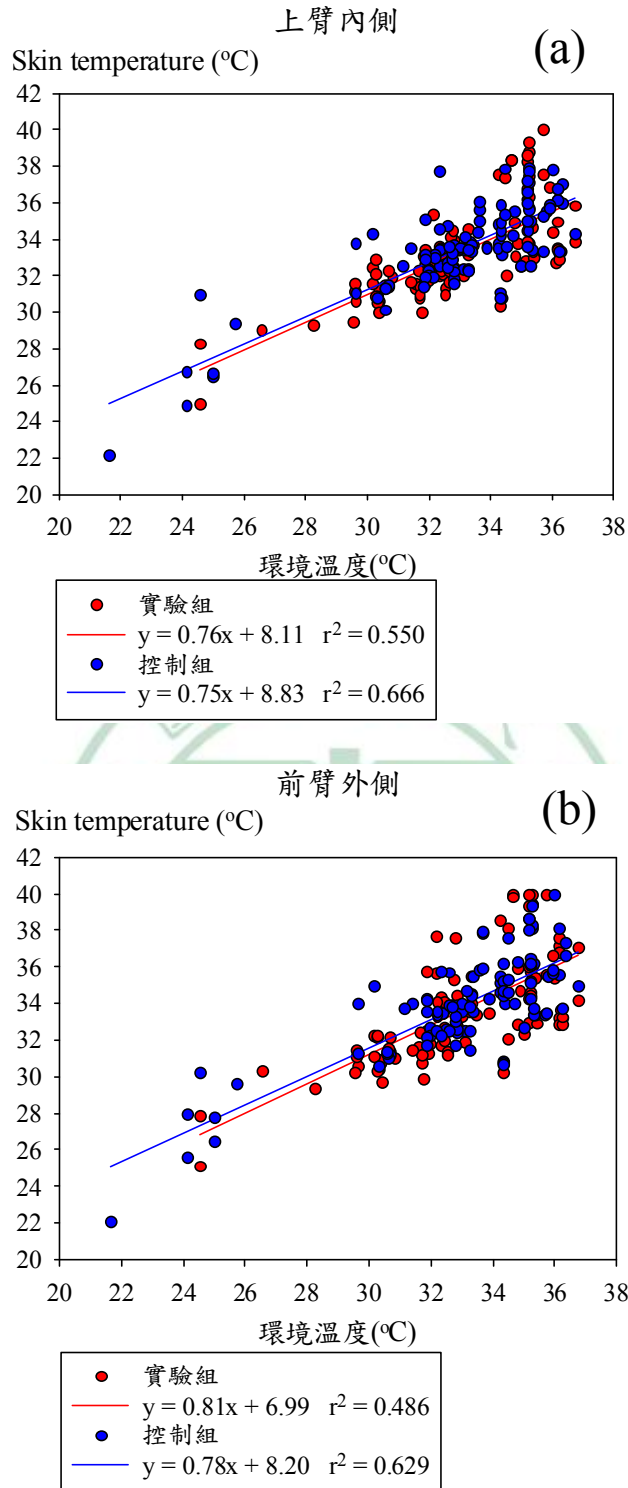


圖 4-33 戶外日光實驗曝曬階段實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用防曬袖套)人員皮膚溫度(skin temperature)對應環境溫度之散佈與迴歸方程式:(a)上臂內側(未曝曬處);(b)前臂外側(曝曬處)

曝曬階段控制組前臂外側 skin temperature 量測值對應環境溫度方程式：

$$y = 0.78x + 8.20 \quad r^2 = 0.629 \quad (\text{Eq. 4.48})$$

如圖所示，不論上臂內側或前臂外側控制組之複判定係數皆較實驗組高，推論為因實驗組受試者使用防曬袖套，防曬袖套對人體皮膚產生悶熱現象，但以上悶熱狀況形成之生理負荷，隨受試者間之基礎代謝率不同而異，故皮膚生理指標反應此悶熱狀況之程度不全一致，造成實驗組 skin temperature 之分佈較為離散。此外，交叉對比上臂內側 skin temperature 對應環境溫度與前臂外側量測值對應環境溫度之散佈發現：當環境溫度為 34-36°C 時，部份受試者皮膚溫度高達 40°C；以實驗組受試者佔大多數。以上觀察進一步闡明因防曬袖套使用對人體皮膚熱調節功能可能造成負荷之嚴重性，亦即在高溫環境中使用防曬袖套易使人體皮膚溫度與外界熱環境失去平衡。當皮膚溫度高於外界熱環境溫度許多，如此處所觀察到之 40°C 高溫，皮膚溫度作為對外界熱環境之感受器(thermoreceptor)功能將喪失，嚴重影響熱調節所欲維持之生理平衡，導致人體體內水分以及電解質大量流失，可對人體造成傷害。此為在濕熱地區如我國使用防曬袖套作為紫外光防護機制之主要缺陷。

圖 4-34 為戶外日光實驗曝曬階段實驗組與控制組人員 skin temperature 對應 WBGT 之散佈與迴歸。圖 4-35 為戶外日光實驗陰涼後階段實驗組與控制組受試者 skin temperature 對應 WBGT 之散佈與迴

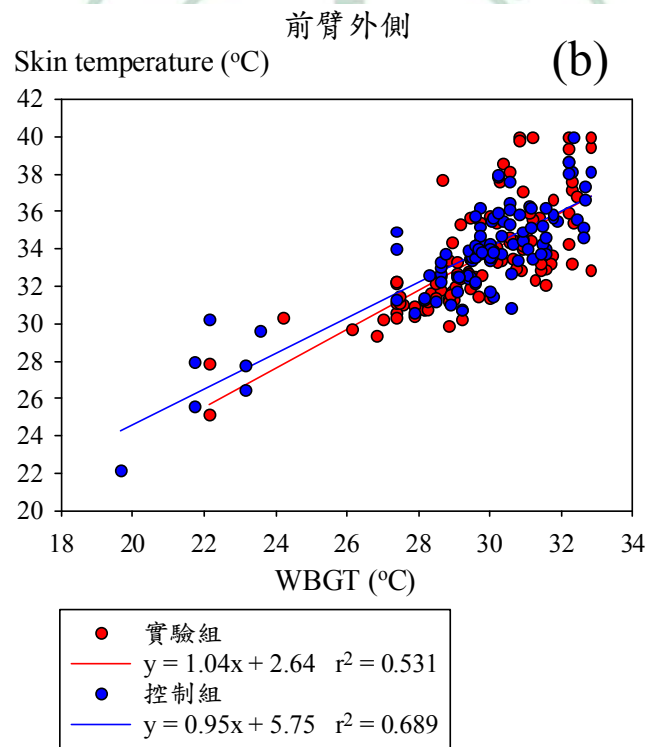
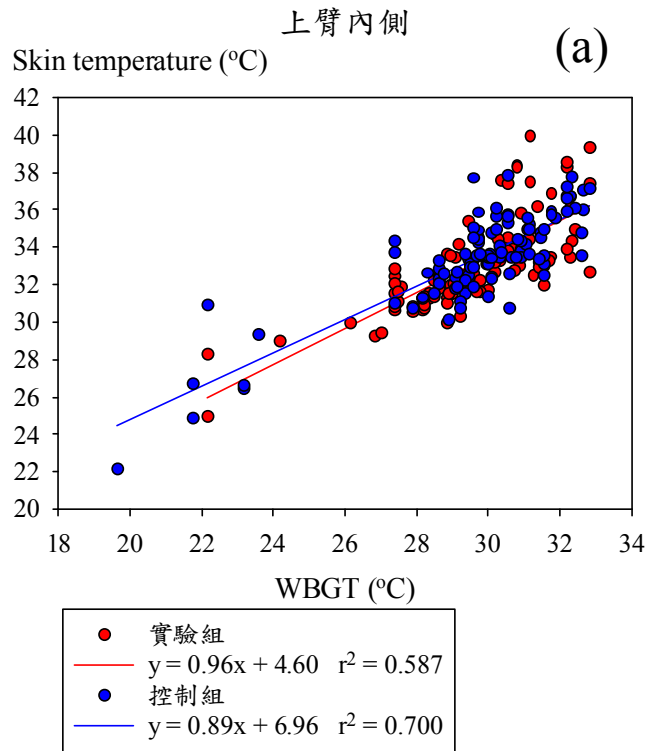


圖 4-34 戶外日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚溫度(skin temperature)值對應 WBGT 之散佈與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處)

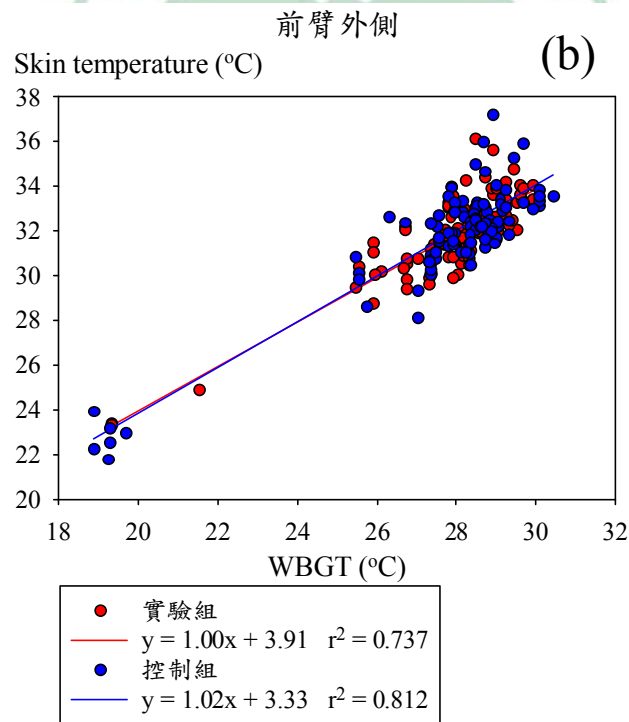
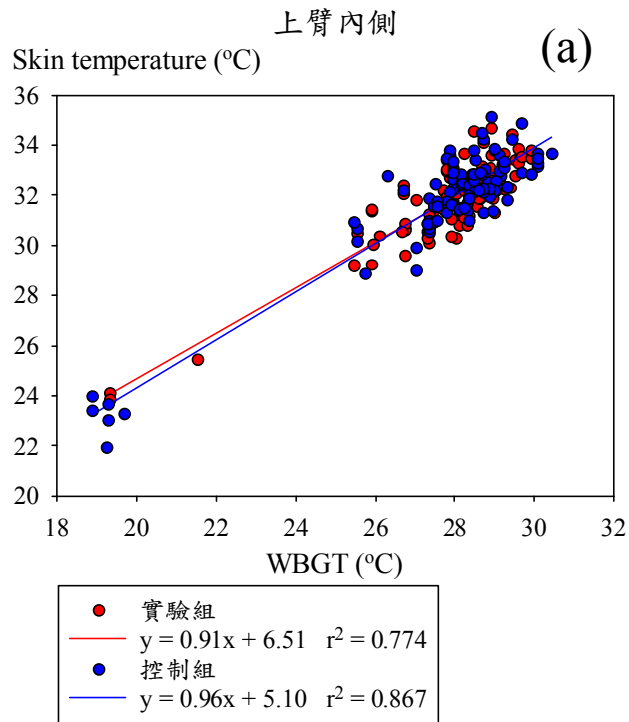


圖 4-35 戶外日光實驗陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚溫度(skin temperature)值對應 WBGT 之散佈與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處)

歸。以下為圖 4-34 之方程式：

曝曬階段實驗組上臂內側 skin temperature 對應 WBGT 之方程式：

$$y = 0.96x + 4.60 \quad r^2 = 0.587 \quad (\text{Eq. 4.49})$$

曝曬階段控制組上臂內側 skin temperature 對應 WBGT 之方程式：

$$y = 0.89x + 6.96 \quad r^2 = 0.700 \quad (\text{Eq. 4.50})$$

曝曬階段實驗組前臂外側 skin temperature 對應 WBGT 之方程式：

$$y = 1.04x + 2.64 \quad r^2 = 0.531 \quad (\text{Eq. 4.51})$$

曝曬階段控制組前臂外側 skin temperature 對應 WBGT 之方程式：

$$y = 0.95x + 5.75 \quad r^2 = 0.689 \quad (\text{Eq. 4.52})$$

以下為圖 4-35 之方程式：

陰涼後階段實驗組上臂內側 skin temperature 對應 WBGT 之方程式：

$$y = 0.91x + 6.51 \quad r^2 = 0.774 \quad (\text{Eq. 4.53})$$

陰涼後階段控制組上臂內側 skin temperature 對應 WBGT 之方程式：

$$y = 0.96x + 5.10 \quad r^2 = 0.867 \quad (\text{Eq. 4.54})$$

陰涼後階段實驗組前臂外側 skin temperature 對應 WBGT 之方程式：

$$y = 1.00x + 3.91 \quad r^2 = 0.737 \quad (\text{Eq. 4.55})$$

陰涼後階段控制組前臂外側 skin temperature 對應 WBGT 之方程式：

$$y = 1.02x + 3.33 \quad r^2 = 0.812 \quad (\text{Eq. 4.56})$$

如圖所示，不論上臂內側或前臂外側 skin temperature 對應 WBGT skin temperature 迴歸之複判定係數皆高，顯示 skin temperature 能準確反應

WBGT 之變化。

圖 4-36 為戶外日光實驗曝曬處階段實驗組與控制組人員 skin temperature 對應 UVI 之散佈圖與迴歸方程式。以下為圖 4-36 之方程式：

曝曬階段實驗組上臂內側 skin temperature 對應 UVI 之方程式：

$$y = 0.70x + 29.29 \quad r^2 = 0.364 \quad (\text{Eq. 4.57})$$

曝曬階段控制組上臂內側 skin temperature 對應 UVI 之方程式：

$$y = 0.70x + 29.38 \quad r^2 = 0.277 \quad (\text{Eq. 4.58})$$

曝曬階段實驗組前臂外側 skin temperature 對應 UVI 之方程式：

$$y = 0.72x + 29.57 \quad r^2 = 0.296 \quad (\text{Eq. 4.59})$$

曝曬階段控制組前臂外側 skin temperature 對應 UVI 之方程式：

$$y = 0.78x + 29.33 \quad r^2 = 0.302 \quad (\text{Eq. 4.60})$$

此處須注意：不論實驗或控制組，雖然其 skin temperature 隨 UVI 增加且呈線性趨勢，但如先前在其他生理指標相關討論中所提，此現象應非 UVI 所導致。Skin temperature 直接反應環境溫度，以與外界熱環境平衡，故合理推論此上升趨勢應源自輻射熱。因此 skin temperature 可能並非評估日光紫外線對皮膚傷害程度之良好生理指標。

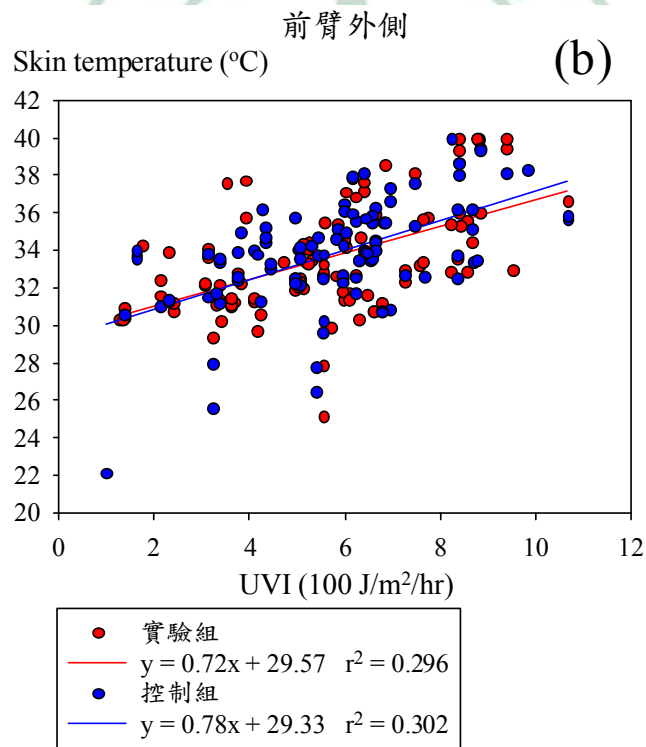
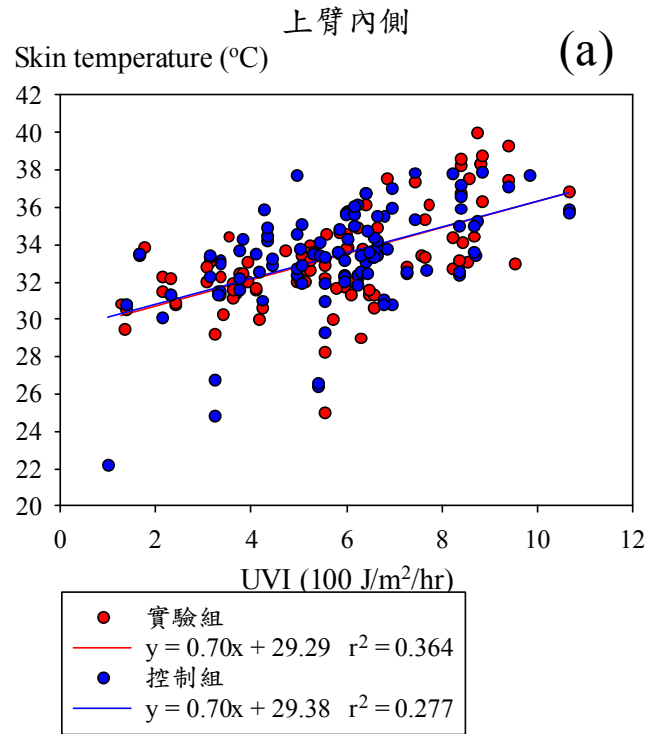


圖 4-36 戶外日光實驗曝曬階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員皮膚溫度(skin temperature)對應 UVI 之散佈與迴歸方程式：(a)上臂內側(未曝曬處)；(b)前臂外側(曝曬處)

4.2.6 戶外環境物理因子對紅斑生成之影響

表 4-42 為實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用防曬袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外日光實驗陰涼前階段 E-index 之分佈、實驗組－控制組比值、及統計檢定。在陰涼前階段，實驗組上臂內側之 E-index 值，於實驗第 4、9、10、11、14、及 15 週時高於控制組上臂內側量測值。第 7 週時兩組間之差異達統計顯著 (p -value = 0.045)，但其餘週別則不具統計顯著差異 (p -value > 0.05)。前臂外側部份，實驗組之 E-index 量測值於第 10 及 12 週時高於控制組，其餘實驗週次皆低於控制組之量測值。其中第 3 及 6 週之差異具統計顯著性(第 3 週 p -value = 0.044；第 6 週 p -value = 0.045)；其餘週次之差異則未達統計顯著 (p -value > 0.05)。表 4-43 為實驗組與控制組上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光實驗曝曬階段 E-index 之分佈、實驗組－控制組比值、及統計檢定。在曝曬階段，實驗組上臂內側之 E-index 於第 1、6、11、12 與 15 週時高於控制組之 E-index 值。第 2 週時兩組間之差異達統計顯著 (p -value = 0.039)；其餘週次則不具統計顯著差異性 (p -value > 0.05)。實驗組前臂外側之 E-index 值，在第 12 及 15 週時高於控制組之對應值，其餘週次則皆低於控制組。其中第 4 週兩組間之差異為統計顯著 (p -value = 0.025)；其餘週別則不具統計顯著差異性 (p -value > 0.05)。表 4-44 為實驗組與控制組之上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光實驗

表 4-42 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)

與前臂外側(曝曬點)皮膚於戶外日光實驗陰涼前階段紅斑指

數(E-index)之分佈^a、實驗組—控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 E-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	9.09 ± 1.31	9.99 ± 1.85	0.94 ± 0.22	0.315
2	9.01 ± 1.61	9.74 ± 1.38	0.94 ± 0.21	0.379
3	9.13 ± 1.81	9.44 ± 1.39	0.99 ± 0.24	0.722
4	9.35 ± 1.29	9.34 ± 1.44	1.02 ± 0.22	0.992
5	8.47 ± 1.95	9.27 ± 1.08	0.92 ± 0.22	0.362
6	8.40 ± 1.48	9.48 ± 1.28	0.90 ± 0.20	0.170
7	8.64 ± 1.44	10.18 ± 1.11	0.86 ± 0.16	0.045 ^c
8	8.79 ± 2.38	10.19 ± 1.64	0.88 ± 0.27	0.224
9	9.63 ± 1.54	9.65 ± 2.16	1.04 ± 0.26	0.989
10	9.84 ± 1.40	9.84 ± 2.43	1.05 ± 0.27	0.996
11	10.27 ± 1.86	9.29 ± 9.35	1.13 ± 0.26	0.289
12	10.26 ± 2.29	11.36 ± 2.04	0.93 ± 0.26	0.361
13	9.36 ± 1.09	9.87 ± 2.24	0.99 ± 0.25	0.600
14	9.30 ± 1.39	9.70 ± 2.33	1.01 ± 0.26	0.700
15	9.91 ± 1.07	9.41 ± 1.32	1.07 ± 0.18	0.452
前臂外側 E-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	13.73 ± 1.51	14.27 ± 1.44	0.97 ± 0.14	0.509
2	13.18 ± 2.13	14.89 ± 2.66	0.91 ± 0.20	0.209
3	12.06 ± 2.17	14.37 ± 1.64	0.85 ± 0.17	0.044 ^c
4	12.15 ± 2.22	14.12 ± 1.39	0.87 ± 0.17	0.069
5	11.62 ± 2.55	13.37 ± 2.25	0.89 ± 0.24	0.200
6	11.61 ± 1.64	13.69 ± 1.82	0.86 ± 0.16	0.045 ^c
7	12.98 ± 2.56	13.81 ± 1.68	0.95 ± 0.21	0.486
8	11.59 ± 1.89	13.85 ± 2.29	0.86 ± 0.19	0.068
9	12.74 ± 2.50	13.42 ± 1.93	0.97 ± 0.22	0.579
10	13.15 ± 2.92	13.32 ± 2.43	1.02 ± 0.27	0.912
11	13.38 ± 2.25	14.32 ± 1.72	0.95 ± 0.18	0.396
12	14.90 ± 2.69	14.37 ± 1.36	1.05 ± 0.20	0.651
13	12.79 ± 2.19	13.40 ± 2.10	0.97 ± 0.21	0.603
14	13.25 ± 2.13	14.27 ± 1.47	0.94 ± 0.17	0.319
15	12.83 ± 2.31	13.46 ± 2.03	0.97 ± 0.21	0.601

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 E-index 差異以 student t test 檢定

^c 表具統計顯著差異

表 4-43 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)與前臂外側(曝曬點)皮膚於戶外日光實驗曝曬階段紅斑指數(E-index)之分佈^a、實驗組—控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 E-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	10.15 ± 2.60	10.48 ± 2.27	1.01 ± 0.32	0.800
2	8.90 ± 1.97	11.75 ± 2.58	0.78 ± 0.21	0.039 ^c
3	8.38 ± 2.03	10.26 ± 1.57	0.84 ± 0.23	0.077
4	8.89 ± 1.49	10.87 ± 3.42	0.88 ± 0.25	0.185
5	9.51 ± 1.44	10.55 ± 2.90	0.96 ± 0.28	0.413
6	9.46 ± 1.51	9.31 ± 1.11	1.03 ± 0.19	0.835
7	9.35 ± 1.81	10.08 ± 2.53	0.99 ± 0.32	0.544
8	9.16 ± 2.53	9.97 ± 2.75	0.99 ± 0.41	0.579
9	9.27 ± 1.97	10.05 ± 2.15	0.95 ± 0.25	0.495
10	9.38 ± 1.10	10.55 ± 1.19	0.90 ± 0.14	0.081
11	10.40 ± 1.40	10.28 ± 2.78	1.09 ± 0.36	0.922
12	10.38 ± 2.78	10.04 ± 2.23	1.09 ± 0.39	0.802
13	9.76 ± 1.42	10.32 ± 2.04	0.98 ± 0.23	0.557
14	9.72 ± 2.50	10.13 ± 1.81	0.98 ± 0.28	0.731
15	9.62 ± 1.78	9.86 ± 1.94	1.01 ± 0.26	0.808
前臂外側 E-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	14.67 ± 3.32	15.46 ± 2.53	0.97 ± 0.25	0.625
2	12.67 ± 2.43	15.06 ± 1.80	0.85 ± 0.19	0.058
3	13.13 ± 2.38	15.03 ± 2.84	0.90 ± 0.23	0.198
4	12.26 ± 2.13	15.57 ± 2.68	0.81 ± 0.18	0.025 ^c
5	12.86 ± 1.68	14.95 ± 3.00	0.90 ± 0.22	0.134
6	13.78 ± 3.21	14.61 ± 2.30	0.97 ± 0.26	0.587
7	13.44 ± 1.58	14.16 ± 2.25	0.97 ± 0.17	0.499
8	13.28 ± 2.15	14.81 ± 3.05	0.93 ± 0.22	0.298
9	14.07 ± 1.78	15.04 ± 2.68	0.96 ± 0.19	0.441
10	14.07 ± 2.26	15.76 ± 2.43	0.91 ± 0.19	0.204
11	13.56 ± 2.18	14.55 ± 3.17	0.97 ± 0.25	0.509
12	16.55 ± 3.12	15.89 ± 1.92	1.06 ± 0.23	0.646
13	15.56 ± 3.57	16.33 ± 2.52	0.97 ± 0.24	0.648
14	14.54 ± 4.26	15.99 ± 1.96	0.92 ± 0.27	0.430
15	15.67 ± 2.85	15.61 ± 1.80	1.02 ± 0.21	0.968

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 E-index 差異以 student t test 檢定

^c 表具統計顯著差異

表 4-44 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)

與前臂外側(曝曬點)皮膚於戶外日光實驗陰涼後階段紅斑指數

(E-index)之分佈^a、實驗組—控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 E-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	8.94 ± 2.04	10.50 ± 1.75	0.87 ± 0.24	0.152
2	9.11 ± 1.32	10.01 ± 1.47	0.93 ± 0.18	0.252
3	9.19 ± 2.05	9.61 ± 1.16	0.97 ± 0.24	0.640
4	8.58 ± 1.77	9.28 ± 1.82	0.96 ± 0.27	0.480
5	9.12 ± 1.76	10.78 ± 1.95	0.87 ± 0.23	0.120
6	9.48 ± 0.97	9.36 ± 1.60	1.04 ± 0.19	0.868
7	8.94 ± 1.75	10.02 ± 1.92	0.92 ± 0.22	0.293
8	8.93 ± 1.73	10.46 ± 2.35	0.89 ± 0.26	0.191
9	10.01 ± 1.26	10.39 ± 2.16	1.00 ± 0.21	0.697
10	10.03 ± 2.25	9.85 ± 2.20	1.06 ± 0.30	0.884
11	9.38 ± 1.96	9.85 ± 1.63	0.97 ± 0.24	0.631
12	10.25 ± 2.22	11.05 ± 1.33	0.94 ± 0.22	0.430
13	10.31 ± 1.52	11.86 ± 3.42	0.94 ± 0.32	0.294
14	9.73 ± 2.29	9.42 ± 1.98	1.07 ± 0.31	0.788
15	9.94 ± 2.21	10.02 ± 1.42	1.01 ± 0.25	0.937
前臂外側 E-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	12.93 ± 2.47	14.63 ± 1.18	0.89 ± 0.17	0.127
2	13.80 ± 3.46	14.95 ± 1.42	0.93 ± 0.23	0.430
3	12.55 ± 2.42	13.87 ± 2.12	0.92 ± 0.93	0.298
4	12.44 ± 2.72	14.21 ± 2.13	0.89 ± 0.23	0.200
5	12.63 ± 1.94	14.49 ± 2.79	0.90 ± 0.23	0.175
6	13.36 ± 1.68	13.59 ± 2.22	1.01 ± 0.21	0.832
7	12.47 ± 1.64	13.95 ± 1.36	0.90 ± 0.14	0.090
8	12.37 ± 1.91	13.87 ± 2.60	0.92 ± 0.21	0.241
9	11.86 ± 1.66	14.10 ± 1.94	0.85 ± 0.15	0.039 ^c
10	13.15 ± 2.27	13.61 ± 1.72	0.98 ± 0.20	0.674
11	12.81 ± 2.85	14.82 ± 1.19	0.87 ± 0.20	0.111
12	13.44 ± 1.93	14.63 ± 1.78	0.93 ± 0.17	0.252
13	13.72 ± 2.46	14.70 ± 2.65	0.96 ± 0.22	0.487
14	13.82 ± 2.69	14.25 ± 0.86	0.97 ± 0.19	0.692
15	12.85 ± 2.22	13.72 ± 2.29	0.96 ± 0.21	0.487

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 E-index 差異以 student t test 檢定

^c 表具統計顯著差異

陰涼後階段 E-index 之分佈、實驗組—控制組比值、及統計檢定。在陰涼後階段，實驗組上臂內側之 E-index 實驗第 6、9、10、14 與 15 週時高於控制組之量測值，但差異不具統計顯著性(p -value > 0.05)。實驗組前臂外側之 E-index 量測值於第 6 週時高於控制組之量測值，其餘實驗週次則皆低於控制組之量測值。第 9 週兩組間之差異達統計顯著(p -value = 0.039)；實驗週次之差異則未達統計顯著(p -value > 0.05)。

圖 4-37 為戶外日光實驗實驗組與控制組人員前臂外側 E-index 量測值之盒形圖。如圖所示，不論陰涼前、曝曬處或陰涼後階段控制組之分佈皆高於實驗組，說明使用防曬袖套可避免因日光紫外線曝曬造成之皮膚發紅現象，降低日光紫外線對皮膚造成之傷害。E-index 測量皮膚因表面微血流增加所形成之發紅現象。在戶外環境中，E-index 上升可為反應日光紫外線造成之表皮曬傷或因應熱環境變化之體熱散失。惟若此處所觀察到之受測者 E-index 增加主要反應熱調節之散熱機制，則因應防曬袖套使用所造成之表皮散熱不易現象，實驗組前臂外側之 E-index 等級當高於控制組，於前述觀察不符，故推論本戶外實驗中所觀測得到之 E-index 上升當主要在反應因日光紫外線急性與慢性暴露可能生成之傷害。

圖 4-38 為戶外日光實驗陰涼後階段實驗組與控制組 E-index 對應環境溫度之散佈圖。如圖所示，控制組上臂內側與前臂外側之 E-index 分

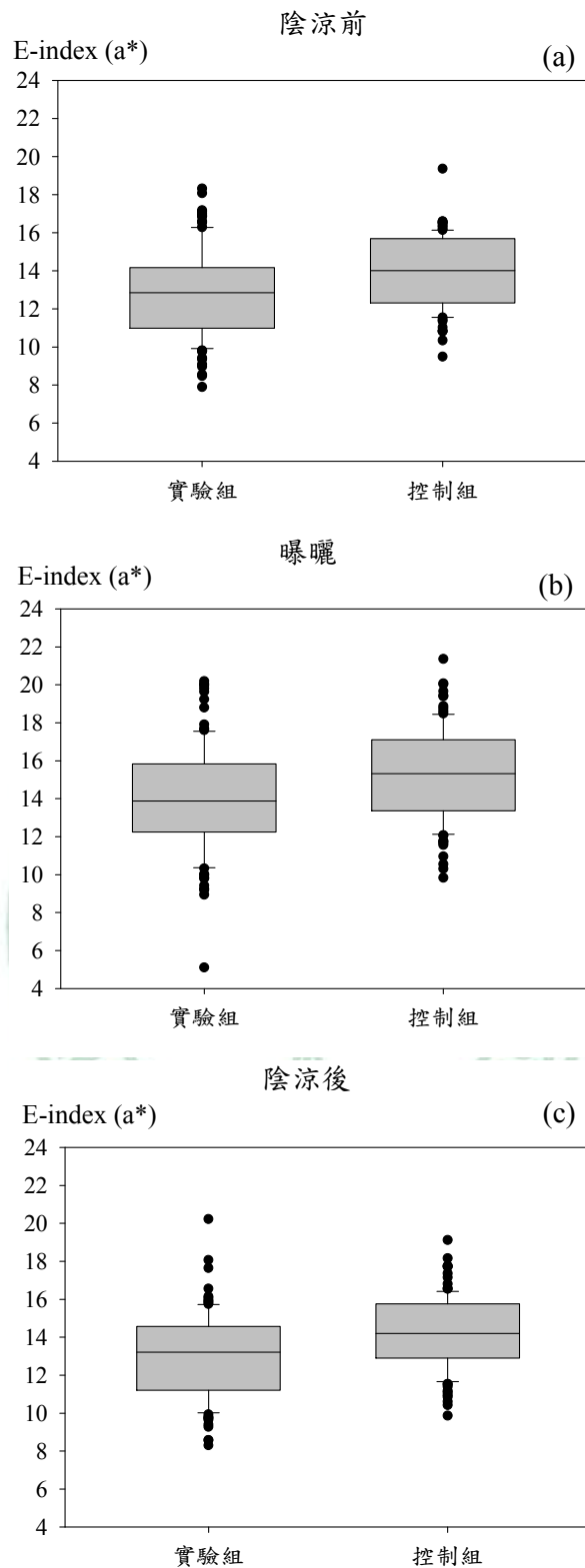


圖 4-37 戶外日光實驗實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)人員前臂外側 E-index 量測值之盒形圖：(a)陰涼前階段；(b)曝曬階段；(c)陰涼後階段

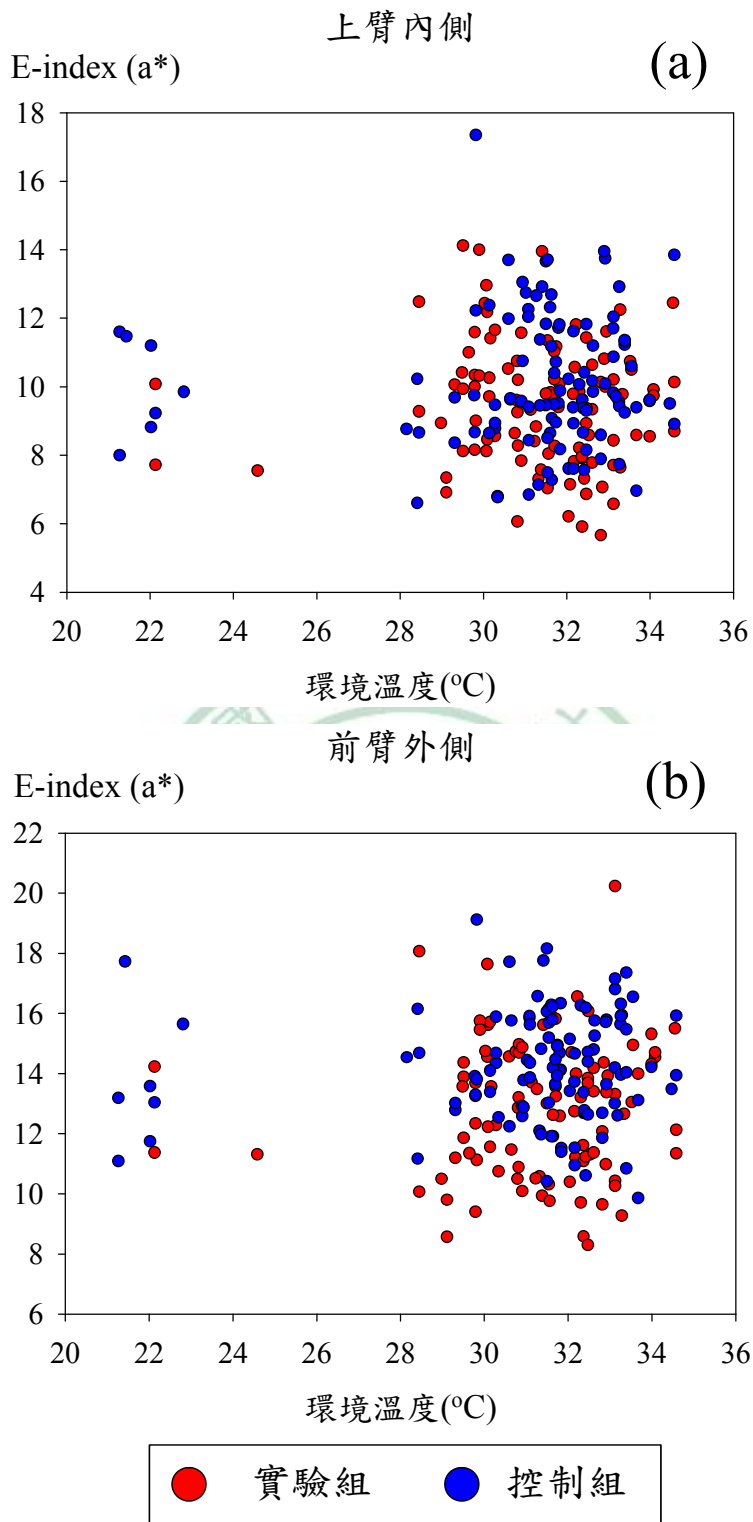


圖 4-38 戶外日光實驗陰涼後階段實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套) 紅斑指數(E-index)對應環境溫度之散佈圖:(a)上臂內側(未曝曬點);(b)前臂外側(曝曬點)

佈較實驗組之分佈為集中。以上現象發生之成因可能為防曬袖套之使用，如前述，造成使用者皮膚表面與外界環境之熱交換受到阻隔，遲滯皮膚正常之散熱方式。隨著皮膚表面之熱量蓄積，生理熱負荷增加，驅動較高強度之散熱行為。但不同受試者之基礎代謝率不同，故皮膚生理反應對應之變化程度不一，而其間之差異在熱調節強度增強時遭到放大。圖 4-39 為戶外日光實驗上臂內側實驗組與控制組人員 E-index 在陰涼後隨 UVI 變化之逐週趨勢圖；圖 4-40 則為戶外日光實驗前臂外側實驗組與控制組人員 E-index 在陰涼後隨 UVI 變化之逐週趨勢圖。結果顯示 E-index 反應 UVI 暴露立即性之能力不如預期，亦即不具明顯之線性關係；可能原因包含皮膚因應日光紫外光傷害所生成之紅斑消退速度較實驗中測量時間點間距(7 日)為長，故每週所測量之 E-index 並非完全反應當週曝曬所產生之傷害。以上結果建議：作為日光紫外線暴露傷害之生理指標，E-index 之使用當以定性化方式為宜。

4.2.7 日光紫外線輻射對黑色素沉澱之影響

表 4-45 為實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用防曬袖套)之上臂內側(未曝曬處)與前臂外側(曝曬處)皮膚於戶外日光實驗陰涼前階段 M-index 之分佈、實驗組－控制組比值、及統計檢定。在陰涼前階段，實驗組上臂內側之 M-index 量測值，於實驗第 1 至 5 週及第 7、10 與 12

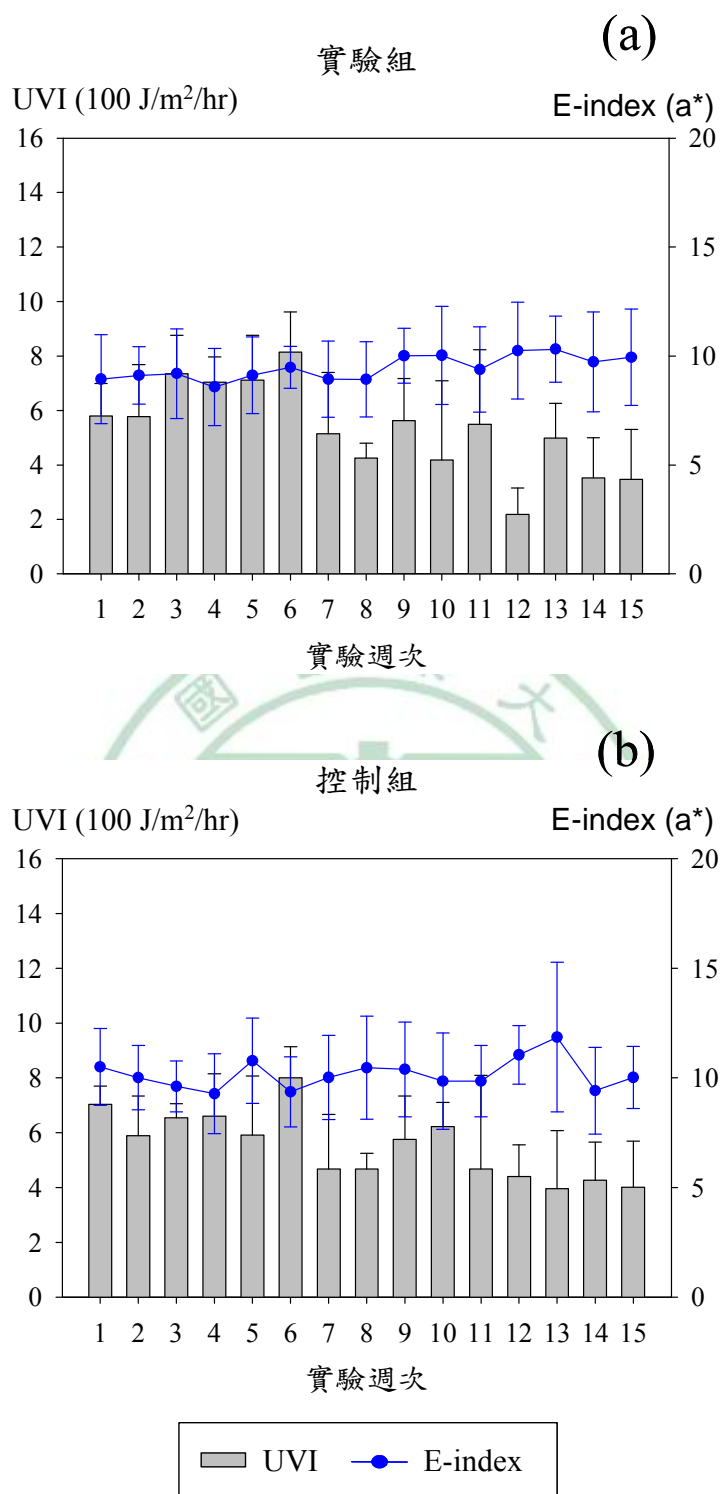


圖 4-39 戶外日光實驗上臂內側受試者紅斑指數(erythema-index,

E-index)在陰涼後階段隨 UVI 變化之逐週趨勢圖：(a)實驗組(使

用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套)

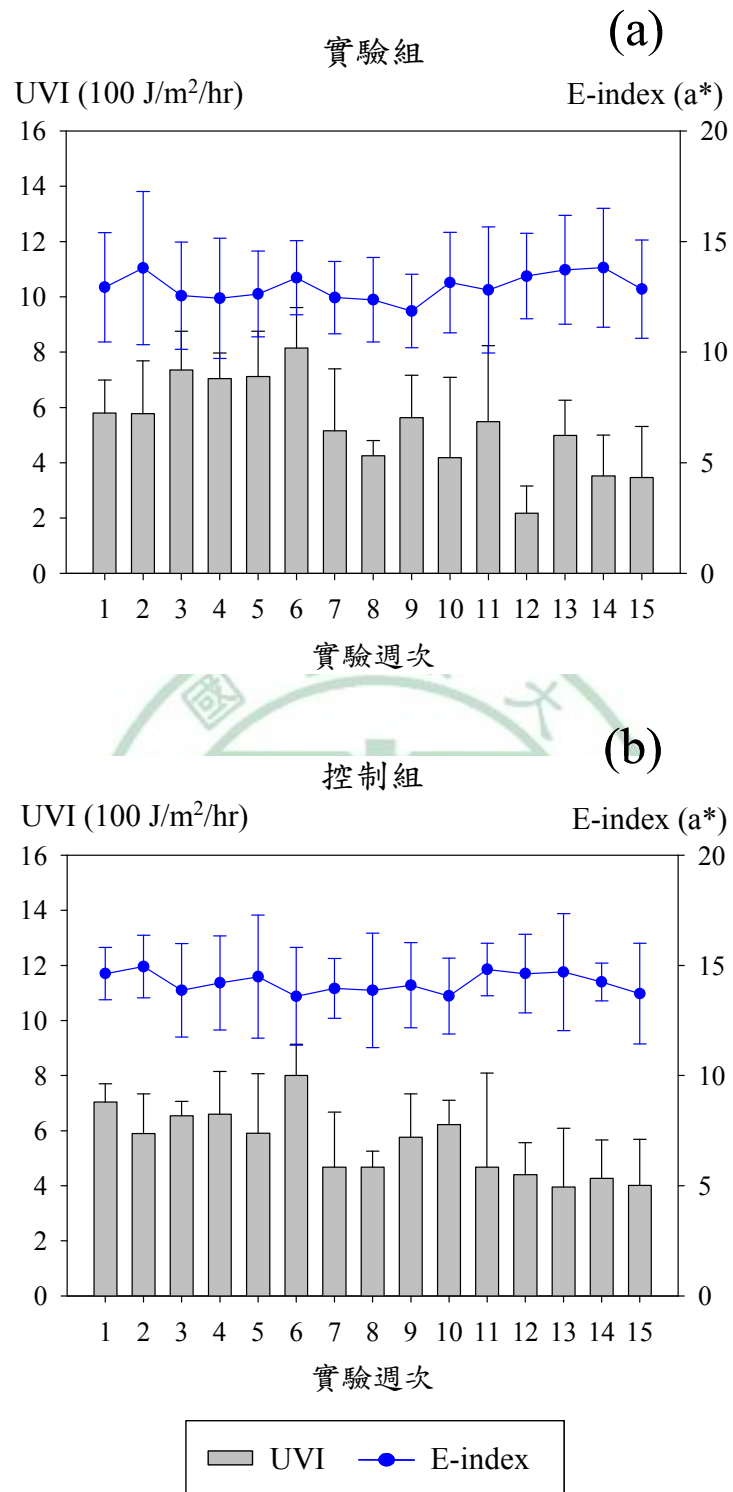


圖 4-40 戶外日光實驗前臂外側受試者紅斑指數(E-index)在陰涼後階段隨 UVI 變化之逐週趨勢圖：(a)實驗組(使用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套)

表 4-45 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)

與前臂外側(曝曬點)皮膚於日光實驗陰涼前階段黑色素沉澱

指數(M-index)之分佈^a、實驗組—控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 M-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	29.45 ± 5.03	30.51 ± 2.01	0.97 ± 0.17	0.615
2	29.13 ± 2.95	30.17 ± 3.36	0.98 ± 0.14	0.551
3	29.81 ± 3.21	32.73 ± 4.57	0.93 ± 0.15	0.192
4	28.73 ± 3.11	30.12 ± 4.26	0.97 ± 0.16	0.496
5	28.75 ± 2.46	30.07 ± 3.64	0.97 ± 0.14	0.444
6	28.52 ± 3.06	28.80 ± 3.13	1.00 ± 0.14	0.872
7	28.05 ± 3.60	29.52 ± 4.00	0.96 ± 0.16	0.485
8	31.53 ± 4.07	30.27 ± 4.39	1.06 ± 0.20	0.587
9	28.94 ± 4.40	29.11 ± 2.91	1.00 ± 0.17	0.935
10	28.15 ± 3.75	29.65 ± 2.93	0.96 ± 0.15	0.418
11	28.63 ± 2.17	27.57 ± 3.19	1.05 ± 0.14	0.481
12	27.77 ± 4.42	29.23 ± 3.95	0.96 ± 0.19	0.529
13	27.01 ± 3.05	27.91 ± 5.30	1.00 ± 0.19	0.703
14	26.50 ± 3.34	25.73 ± 30.1	1.04 ± 0.17	0.656
15	25.40 ± 2.72	25.25 ± 2.79	1.02 ± 0.15	0.923
前臂外側 M-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	28.48 ± 6.46	34.67 ± 7.17	0.85 ± 0.25	0.115
2	30.26 ± 4.45	33.79 ± 5.00	0.91 ± 0.18	0.187
3	32.78 ± 4.50	33.73 ± 5.12	1.00 ± 0.96	0.719
4	31.20 ± 4.66	33.90 ± 5.52	0.94 ± 0.19	0.343
5	31.45 ± 3.36	34.52 ± 7.08	0.95 ± 0.23	0.320
6	30.86 ± 3.28	33.64 ± 5.65	0.94 ± 0.17	0.281
7	30.06 ± 3.40	34.12 ± 5.84	0.90 ± 0.18	0.138
8	32.68 ± 3.92	34.59 ± 5.49	0.97 ± 0.19	0.468
9	31.24 ± 4.27	35.28 ± 3.93	0.90 ± 0.15	0.090
10	33.39 ± 5.31	34.49 ± 3.94	0.98 ± 0.18	0.668
11	30.35 ± 3.38	31.70 ± 4.12	0.97 ± 0.16	0.514
12	29.19 ± 2.64	32.40 ± 3.74	0.91 ± 0.12	0.088
13	29.38 ± 2.95	31.19 ± 6.08	0.98 ± 0.21	0.492
14	28.66 ± 2.33	28.67 ± 4.68	1.02 ± 0.17	0.995
15	26.97 ± 2.56	29.98 ± 5.28	0.92 ± 0.16	0.200

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 M-index 差異以 Student *t* test 檢定

週時小於控制組量測值，但不具統計顯著差異性(p -value > 0.05)；實驗組前臂外側之 M-index 量測值，於第 3 及 14 週時大於控制組前臂外側量測值，其餘實驗週次皆小於控制組，但亦不具統計顯著差異性(p -value > 0.05)。表 4-46 為實驗組與控制組之上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光實驗曝曬處中 M-index 之分佈、實驗組－控制組比值、及統計檢定。在曝曬階段，實驗組上臂內側之 M-index 量測值，於第 3、8 及 15 週時小於控制組觀測值，但不具統計顯著差異性(p -value > 0.05)；實驗組前臂外側之 M-index 量測值，於第 1、2、10 及 13 週時大於控制組量測值，其餘實驗週次皆小於控制組之量測值。除第 9 及 11 週兩組間之差異達統計顯著(第 9 週 p -value = 0.040；第 11 週 p -value = 0.013)外，其餘週次不具統計顯著差異性(p -value > 0.05)。表 4-47 為實驗組與控制組之上臂內側與前臂外側皮膚於戶外日光實驗陰涼後階段 M-index 之分佈、實驗組－控制組比值、及統計檢定。在曝曬階段，實驗組上臂內側之 M-index 量測值於第 1 至 4 週及第 8 週時小於控制組，但不具統計顯著差異性(p -value > 0.05)；實驗組前臂外側之 M-index 量測值，於實驗第 5 及 14 週時大於控制組量測值，其餘實驗週次皆小於控制組。除第 11 週兩組間之差異達統計顯著(p -value = 0.032)外，其餘週次均不具統計顯著差異性(p -value > 0.05)。由表 4-45 至 4-47 可發現，不論陰涼處或曝曬處之前臂外側 M-index 量測值，實驗組於多數週次皆小於控制組，說明使用防

表 4-46 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)

與前臂外側(曝曬點)皮膚於戶外日光實驗曝曬階段黑色素沉澱

指數(M-index)之分佈^a、實驗組—控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 M-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	29.46 ± 3.60	27.35 ± 6.04	1.13 ± 0.28	0.442
2	30.21 ± 3.89	28.96 ± 5.63	1.08 ± 0.25	0.638
3	29.93 ± 2.23	31.21 ± 5.04	0.98 ± 0.17	0.551
4	27.32 ± 3.59	27.39 ± 5.86	1.05 ± 0.31	0.980
5	29.49 ± 4.01	29.89 ± 3.29	1.00 ± 0.16	0.842
6	31.17 ± 3.68	29.98 ± 2.77	1.05 ± 0.15	0.509
7	31.86 ± 4.44	29.33 ± 3.06	1.10 ± 0.18	0.237
8	28.06 ± 5.29	30.53 ± 2.89	0.93 ± 0.19	0.299
9	31.20 ± 8.41	30.16 ± 2.66	1.04 ± 0.28	0.762
10	30.38 ± 4.40	29.91 ± 7.51	1.07 ± 0.27	0.889
11	29.85 ± 3.65	30.56 ± 4.61	1.00 ± 0.20	0.756
12	29.80 ± 6.95	30.57 ± 7.76	1.03 ± 0.33	0.848
13	30.85 ± 6.33	31.39 ± 7.18	1.03 ± 0.30	0.884
14	30.36 ± 10.21	26.14 ± 7.75	1.24 ± 0.50	0.401
15	24.28 ± 3.25	25.13 ± 2.21	0.97 ± 0.14	0.575
前臂外側 M-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	31.27 ± 6.33	31.25 ± 8.14	1.11 ± 0.53	0.997
2	32.49 ± 4.77	33.24 ± 7.98	1.03 ± 0.27	0.834
3	32.18 ± 3.61	35.59 ± 5.34	0.92 ± 0.17	0.486
4	30.75 ± 4.40	33.69 ± 6.58	0.95 ± 0.23	0.345
5	31.14 ± 3.97	34.22 ± 5.47	0.93 ± 0.17	0.251
6	33.53 ± 6.01	36.51 ± 5.52	0.94 ± 0.22	0.353
7	32.55 ± 7.27	33.41 ± 4.08	0.99 ± 0.24	0.790
8	31.28 ± 6.75	32.37 ± 4.65	0.98 ± 0.24	0.731
9	28.90 ± 6.51	35.26 ± 3.28	0.83 ± 0.19	0.040 ^c
10	30.97 ± 3.23	30.66 ± 12.76	1.18 ± 0.52	0.952
11	29.36 ± 5.80	37.36 ± 4.34	0.80 ± 0.17	0.013 ^c
12	27.13 ± 4.65	34.10 ± 7.58	0.84 ± 0.24	0.060
13	28.61 ± 9.45	30.95 ± 9.00	1.01 ± 0.47	0.645
14	28.31 ± 12.57	30.48 ± 4.35	0.95 ± 0.42	0.674
15	24.77 ± 6.84	29.34 ± 6.88	0.88 ± 0.29	0.236

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 M-index 差異以 Student *t* test 檢定

^c 表具統計顯著差異

表 4-47 實驗組(使用袖套)與控制組(未使用袖套)之上臂內側(未曝曬點)

與前臂外側(曝曬點)皮膚於戶外日光實驗陰涼後階段黑色素沉

澱指數(M-index)之分佈^a、實驗組－控制組比值、及統計檢定^b

上臂內側 M-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	30.46 ± 3.83	31.58 ± 3.93	0.98 ± 0.16	0.599
2	30.12 ± 3.85	31.37 ± 4.00	0.97 ± 0.16	0.561
3	29.57 ± 3.22	31.94 ± 4.41	0.94 ± 0.17	0.273
4	28.69 ± 3.21	29.87 ± 3.78	0.97 ± 0.16	0.538
5	28.69 ± 2.97	28.87 ± 3.76	1.01 ± 0.16	0.922
6	29.58 ± 2.78	28.64 ± 3.42	1.04 ± 0.14	0.585
7	29.64 ± 3.24	29.69 ± 3.52	1.01 ± 0.15	0.979
8	28.96 ± 3.25	30.20 ± 4.12	0.97 ± 0.16	0.543
9	29.93 ± 4.10	29.67 ± 4.87	1.03 ± 0.20	0.915
10	29.29 ± 4.78	29.93 ± 4.41	1.00 ± 0.21	0.800
11	30.26 ± 2.58	31.39 ± 7.11	1.00 ± 0.20	0.699
12	28.74 ± 3.30	28.92 ± 4.49	1.01 ± 0.18	0.935
13	27.76 ± 2.41	28.66 ± 4.85	1.00 ± 0.19	0.668
14	26.66 ± 3.26	26.48 ± 4.81	1.03 ± 0.20	0.937
15	25.80 ± 3.79	25.90 ± 3.68	1.01 ± 0.19	0.963
前臂外側 M-index 量測值				
週次	實驗組	控制組	實驗組/控制組	p-value
1	32.70 ± 4.43	37.01 ± 5.63	0.90 ± 0.17	0.137
2	32.10 ± 3.97	36.02 ± 6.87	0.92 ± 0.17	0.216
3	32.82 ± 3.99	36.77 ± 5.93	0.92 ± 0.19	0.169
4	31.60 ± 3.33	34.76 ± 6.12	0.94 ± 0.20	0.255
5	32.91 ± 3.23	33.01 ± 3.23	1.01 ± 0.13	0.953
6	32.53 ± 3.21	33.40 ± 3.82	0.98 ± 0.14	0.851
7	32.41 ± 3.34	35.20 ± 5.22	0.94 ± 0.16	0.256
8	32.38 ± 4.17	34.62 ± 4.64	0.95 ± 0.17	0.361
9	32.09 ± 4.11	35.19 ± 4.36	0.92 ± 0.15	0.196
10	32.24 ± 4.50	34.65 ± 5.66	0.95 ± 0.20	0.395
11	30.35 ± 1.99	34.46 ± 4.00	0.89 ± 0.11	0.032 ^c
12	31.61 ± 5.03	33.18 ± 5.21	0.97 ± 0.20	0.578
13	30.43 ± 3.84	32.07 ± 2.80	0.96 ± 0.14	0.380
14	29.34 ± 3.86	29.05 ± 4.74	1.03 ± 0.20	0.902
15	28.14 ± 4.85	30.46 ± 5.00	0.94 ± 0.20	0.395

^a 測量值為 Mean ± SD

^b 使用防曬袖套與否之 M-index 差異以 Student *t* test 檢定

^c 表具統計顯著差異

曬袖套對日光紫外線長期曝曬所引起之黑色素破裂(曬黑)具防護功能，但防護效果未達統計顯著差異。

圖 4-41 為戶外日光實驗實驗組與控制組人員前臂外側 M-index 量測值之盒形圖。如圖所示，控制組整體分佈較實驗組為高。圖 4-42 為戶外日光實驗曝曬階段之實驗組與控制組受試者前臂外側 M-index 隨 UVI 之逐週變化；圖 4-43 則為實驗組與控制組受試者前臂外側 M-index 在陰涼後階段隨 UVI 之逐週變化。由圖 4-42 與 4-43 之比較可觀察到，於陰涼後階段所量測之 M-index 變化趨勢與 UVI 之變化關聯性較強。此外，如圖 4-43 所示，每週 M-index 之變化趨勢通常與前一週日光紫外線之強度呈現較高相關性；亦即日光紫外線輻射劑量對黑色素破裂之影響通常需於實驗次周方得顯現，說明皮膚黑色素沉澱需經過一段時間(約一週)才可完成。以上觀察說明 M-index 在作為反應日光紫外線輻射之生理反應中，為長期累積性暴露之指標。圖 4-44 為實驗組與控制組人員前臂外側 M-index 對應曝曬期間累積性日光紫外線(irradiance)之分佈與線性迴歸。如圖所示，經過長達 4 個月的日光紫外線曝曬後，在曝曬及陰涼後階段所得測量值，呈現控制組分佈較實驗組為高之趨勢。以分佈線性迴歸方程式截距為例，控制組不論在曝曬或陰涼後階段皆較實驗組為高(曝曬：控制組=31.99、實驗組=30.65；陰涼後：控制組=33.00、實驗組=31.93)，且控制組 M-index 隨累積曝曬量增加逐步上揚。控制組前

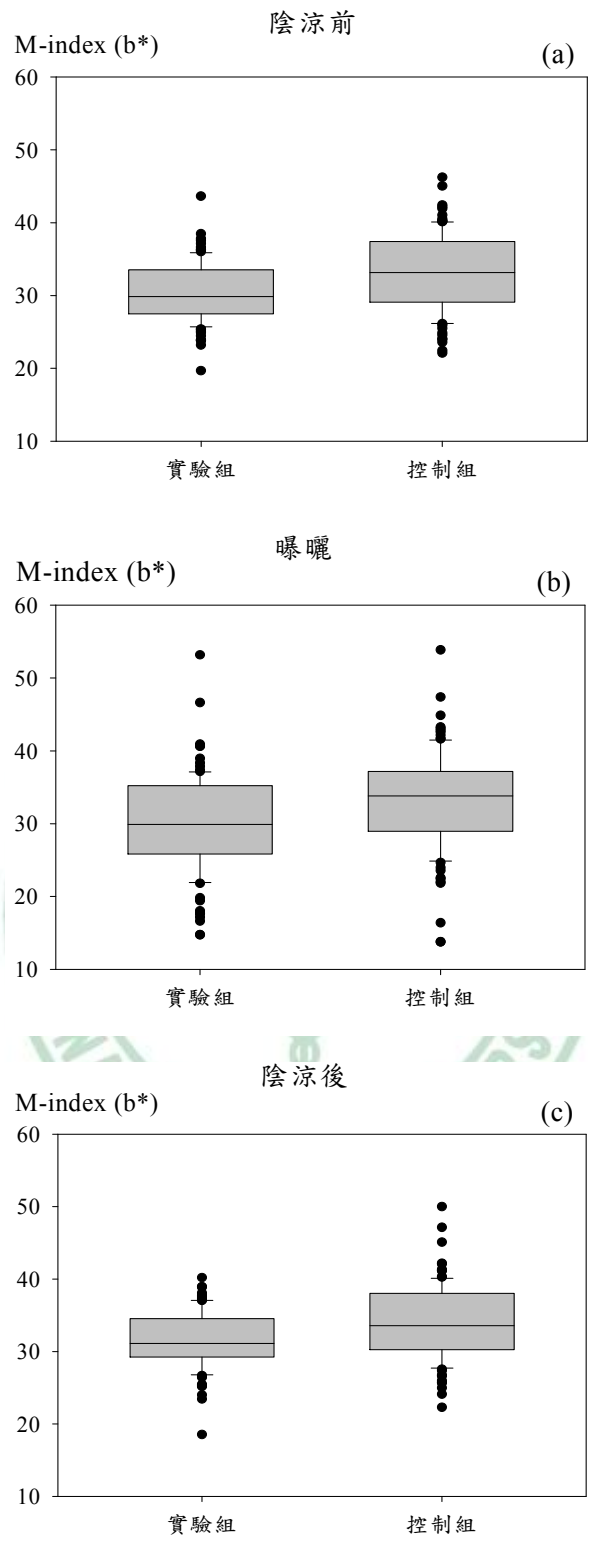


圖 4-41 戶外日光曝曬實驗實驗組(使用防曬袖套)與控制組(未使用防曬袖套)人員前臂外側 M-index 分佈之盒形圖：(a)陰涼前階段；(b)曝曬階段；(c)陰涼後階段

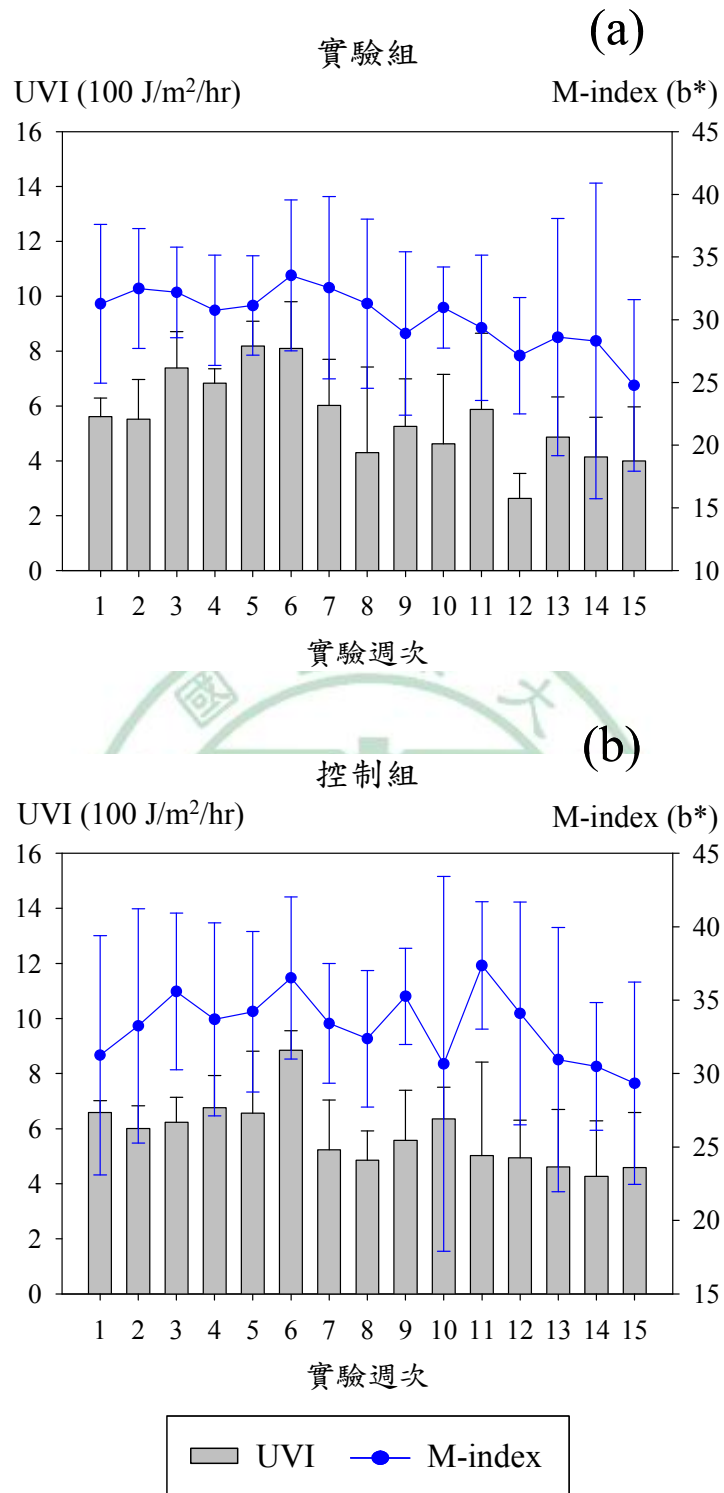


圖 4-42 戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在曝曬階段隨 UVI 變化之逐週趨勢圖：(a)實驗組(使用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套)

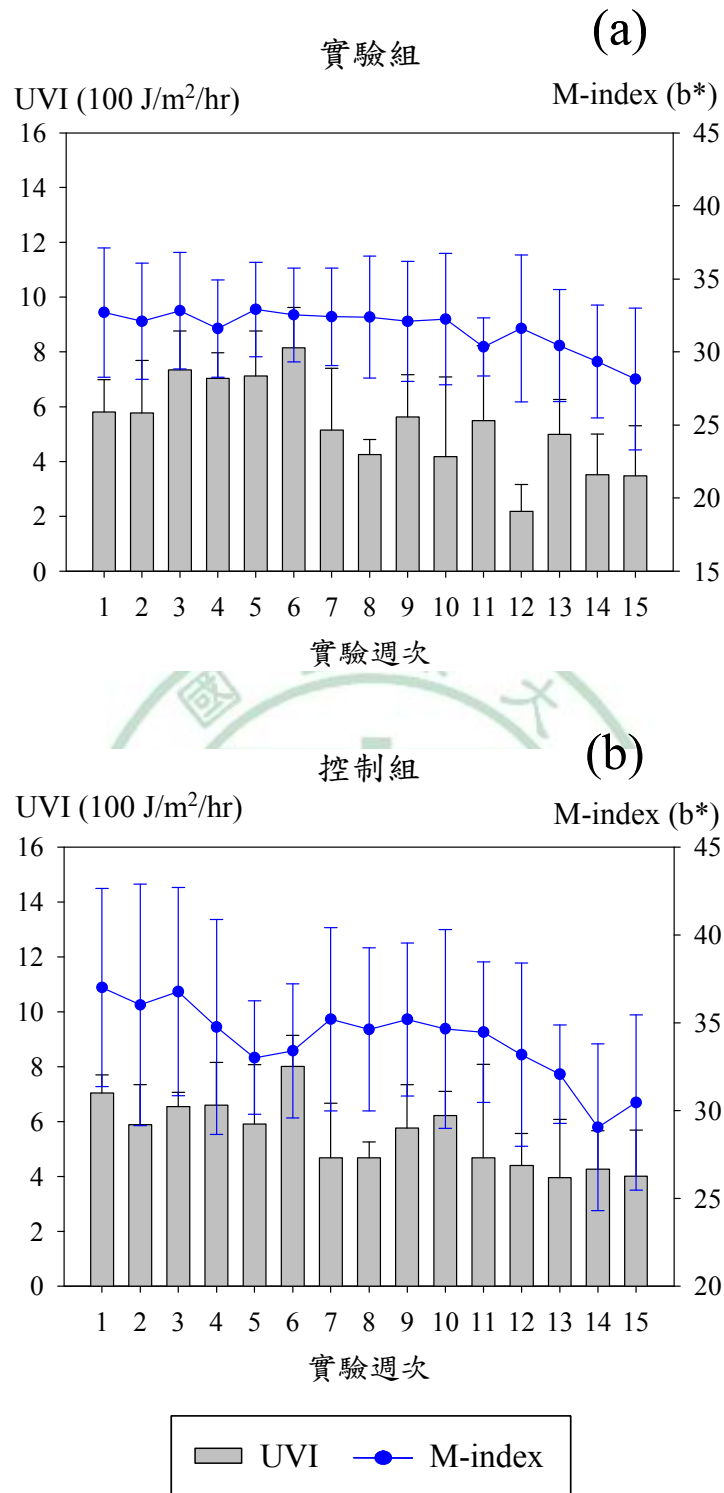


圖 4-43 戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在陰涼後階段隨 UVI 變化之逐週趨勢圖：(a)實驗組(使用防曬袖套)；(b)控制組(未使用防曬袖套)

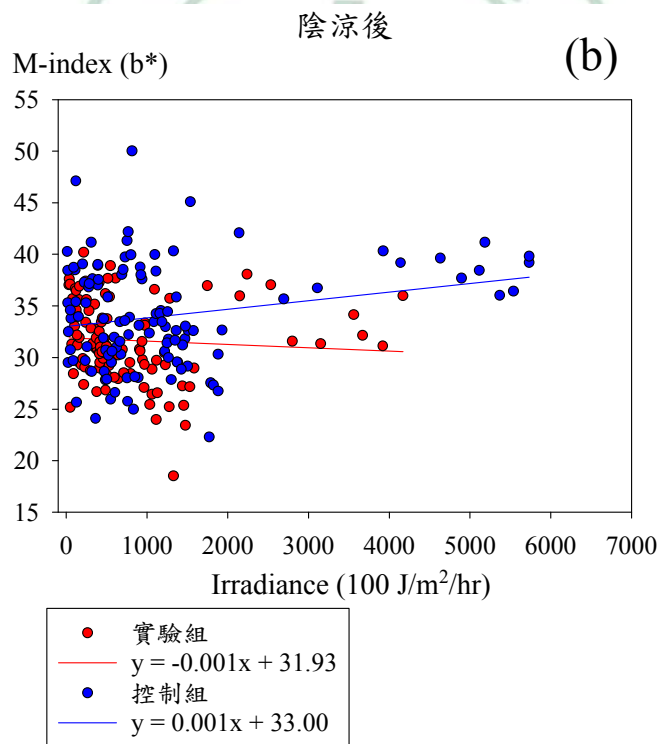
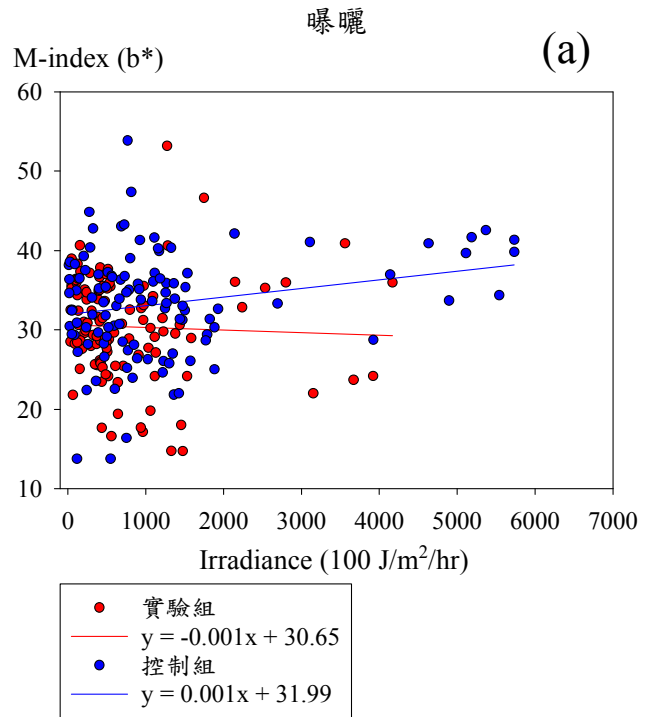


圖 4-44 前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)對應曝曬期間累積性日光

紫外線(irradiance)之分佈與線性迴歸：(a)曝曬階段；(b)陰涼後

階段

臂外側 M-index 對 irradiance 迴歸之方程式斜率為正值；實驗組為負值(曝曬：控制組=0.001、實驗組=-0.001；陰涼後：控制組=0.001、實驗組=-0.001)。以上觀察說明長期使用防曬袖套可適度降低皮膚對日光紫外線之吸收，減少黑色素之生成。如 4.2.3 所討論，UVI 對皮膚生理變化之影響可能為間接透過輻射熱達成，故本研究進一步分析 UVI 與其他環境物理因子結合時對 M-index 之綜合效應。分析方法為將實驗期間記錄之 UVI、黑球溫度及環境溫度標準化(除以最小值)，而後以標準化之 UVI 與標準化之黑球溫度或環境溫度相加，分析相加值與 M-index 之關聯性。分析結果發現：UVI 與黑球溫度之結合對 M-index 之關聯性最強；UVI 搭配環境溫度的影響次之。圖 4-45 為戶外日光實驗曝曬階段 UVI 與黑球溫度經標準化之相加值對應前臂外側 M-index 之逐週趨勢。圖 4-46 為戶外日光實驗曝曬階段 UVI 與環境溫度經標準化之相加值對應前臂外側 M-index 之逐週趨勢。如圖所示，不論 UVI 搭配黑球溫度或環境溫度，M-index 受環境物理因子的影響於實驗次週方明顯出現。比較圖 4-45 與 4-46 發現，M-index 之變異趨勢與標準化 UVI 搭配黑球溫度之變化較為接近；標準化 UVI 與環境溫度之相加值亦對 M-index 之變化呈正相關，但關聯性不若 UVI 與黑球溫度之影響顯著。圖 4-47 為戶外日光實驗陰涼後階段標準化 UVI 與黑球溫度對應前臂外側 M-index 之逐週趨勢；圖 4-48 為戶外日光實驗陰涼後階段標準化 UVI 與環境溫度對

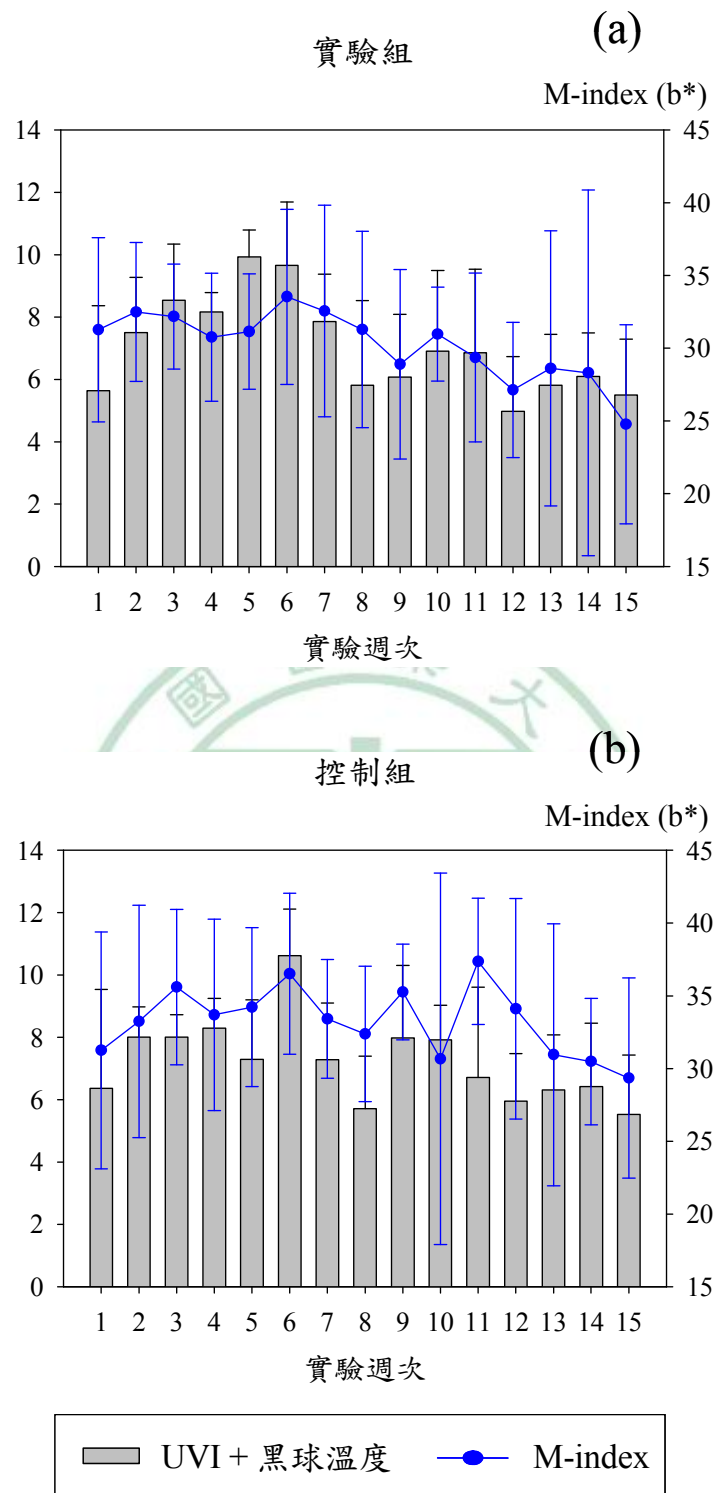


圖 4-45 戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在曝曬階段隨標準化UVI與黑球溫度變化之逐週趨勢:(a)實驗組(使用防曬袖套);(b)控制組(未使用防曬袖套)

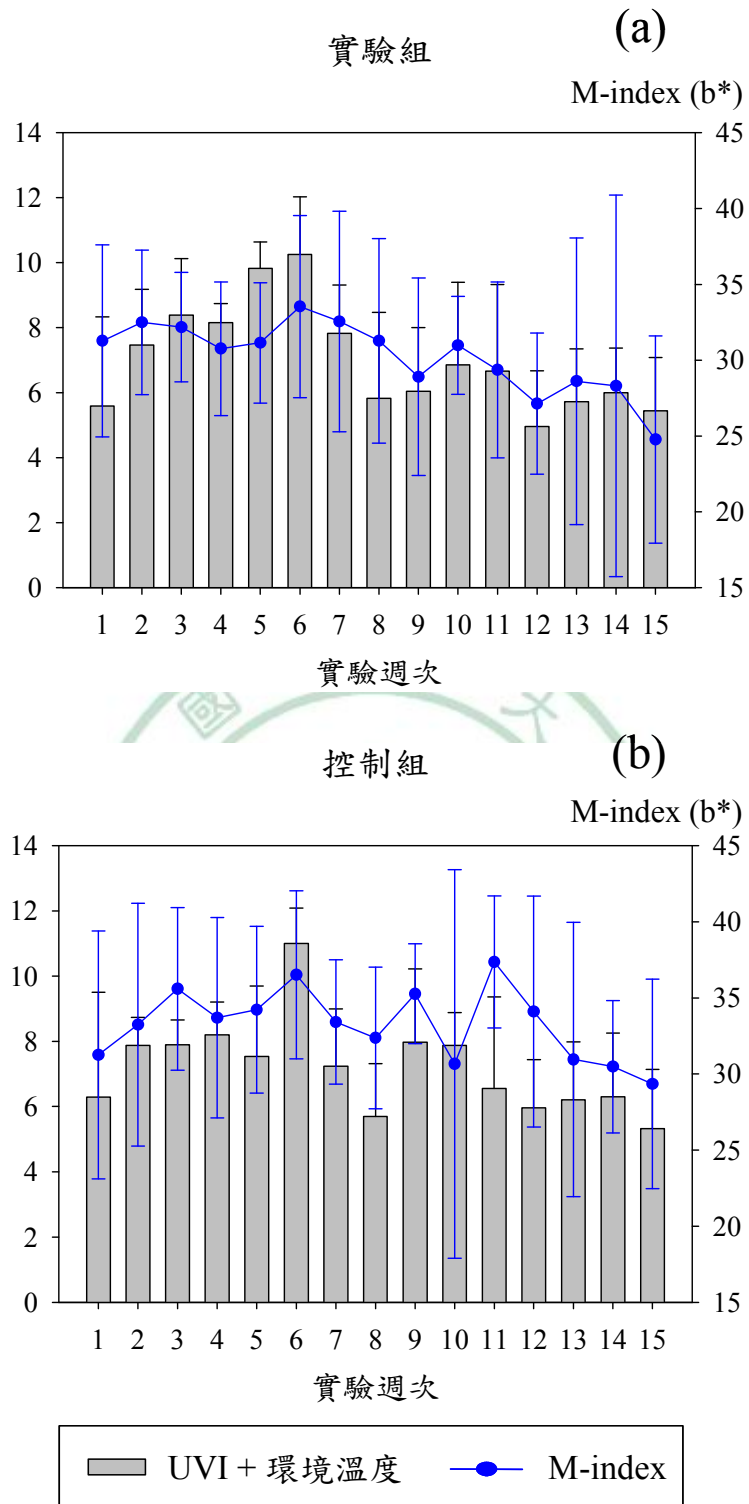


圖 4-46 戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在曝曬階段隨標準化UVI與環境溫度變化之逐週趨勢:(a)實驗組(使用防曬袖套);(b)控制組(未使用防曬袖套)

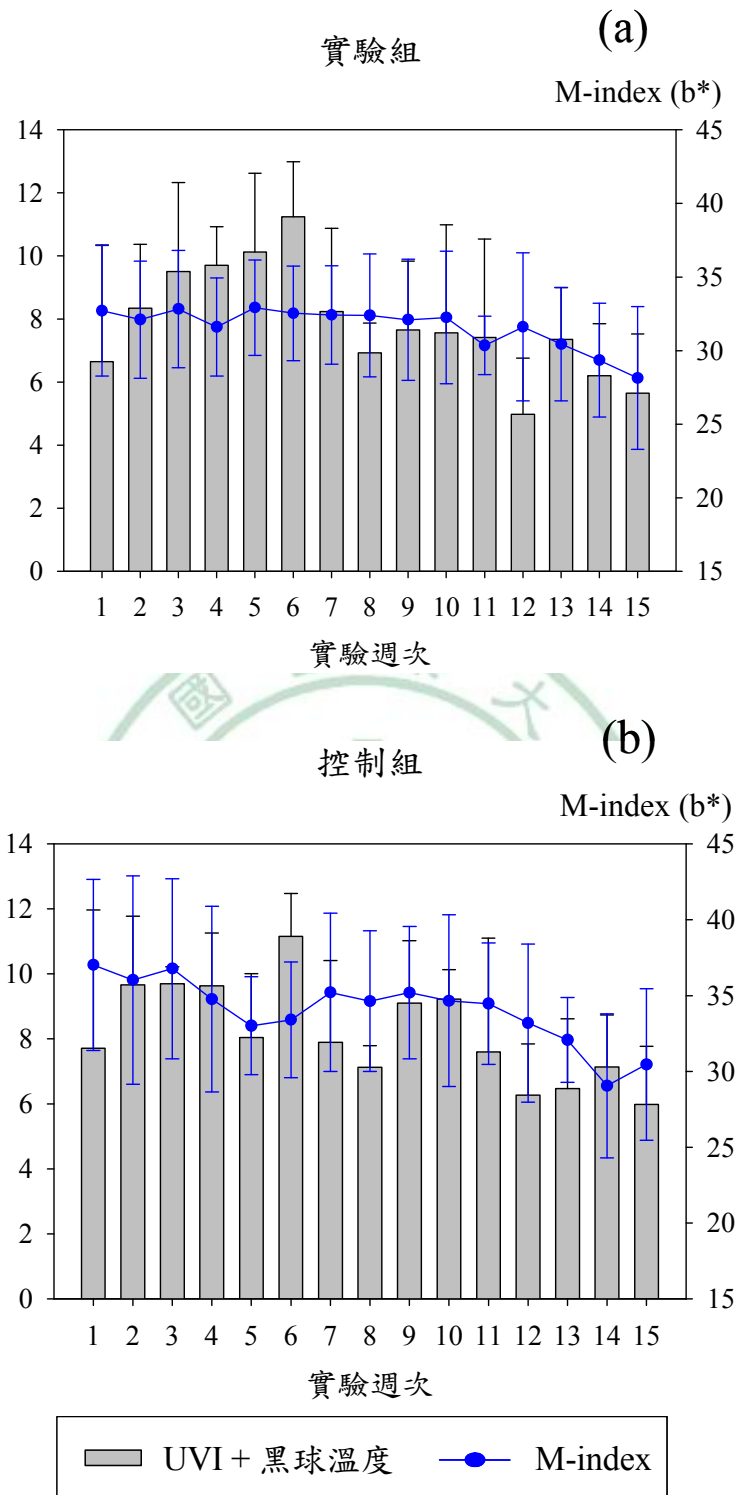


圖 4-47 戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在陰涼後階段隨標準化 UVI 與黑球溫度變化之逐週趨勢:(a)實驗組(使用防曬袖套);(b)控制組(未使用防曬袖套)

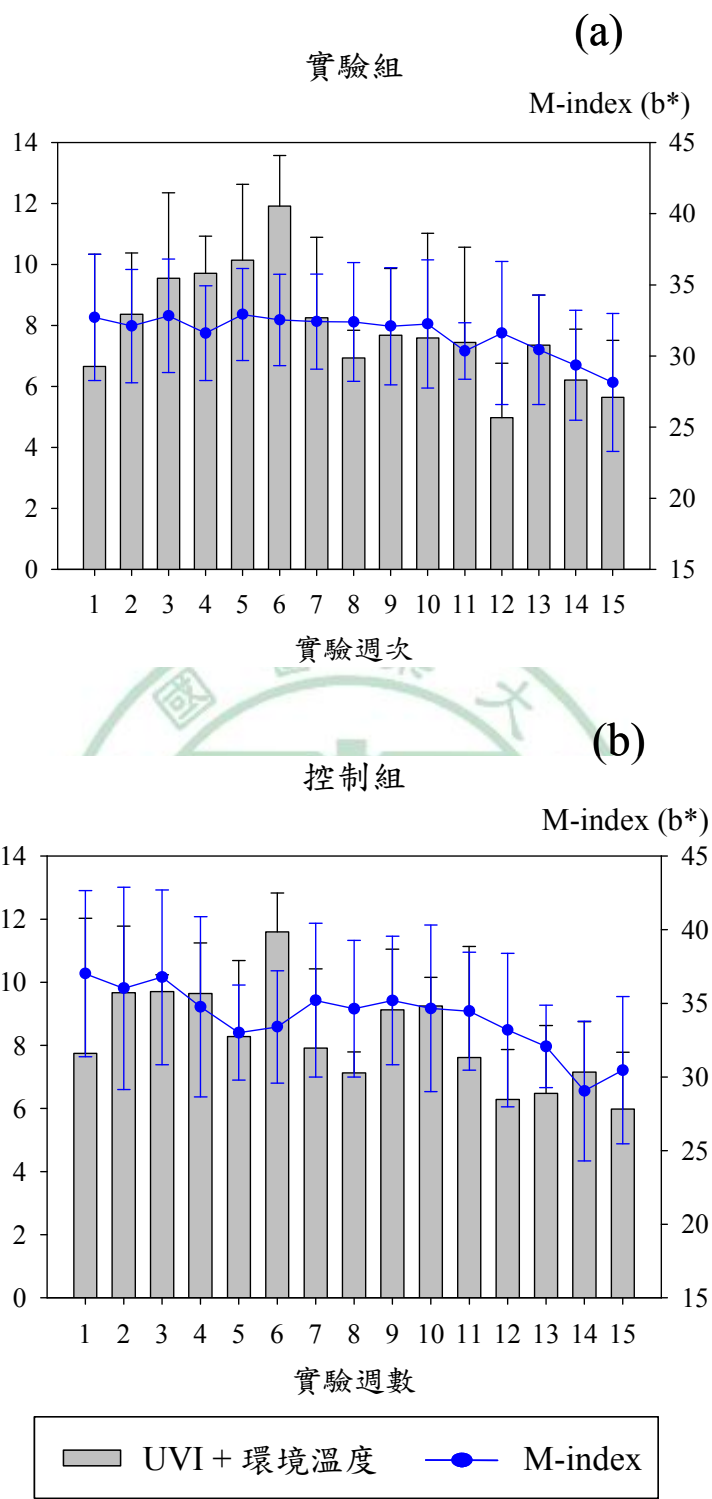


圖 4-48 戶外日光實驗受試者前臂外側黑色素沉澱指數(M-index)在陰涼後階段隨標準化 UVI 與環境溫度變化之逐週趨勢:(a)實驗組(使用防曬袖套);(b)控制組(未使用防曬袖套)

應前臂外側 M-index 之逐週趨勢。在曝曬階段所觀察到、UVI 與黑球溫度對 M-index 之影響，陰涼後階段並不明顯。推論可能原因為：本實驗選擇之陰涼處並無日光紫外線直接照射，皮膚所接收到之輻射熱能量較曝曬處所接收者為小，此時黑球溫度與環境溫度接近，故無法明顯觀察出標準化 UVI/黑球溫度與 UVI/環境溫度對 M-index 影響程度之差異。以上觀察說明皮膚黑色素之生成確實與日光紫外線 UVI 高低有密不可分之關係。

4.2.8 輻射熱對皮膚生理指標之影響

戶外環境之輻射熱能量相較於室內環境而言高出許多，故本論文進一步探討人類於戶外活動時輻射熱對皮膚所造成之影響。圖 4-49、4-50 及 4-51 分別為戶外日光實驗陰涼前、曝曬、及陰涼後階段受試者上臂內側及前臂外側 TEWL 數值對應黑球溫度之散佈。如圖所示，控制組 TEWL 之散佈較實驗組受試者集中。以上現象反應防曬袖套使用造成受試者皮膚表面熱量過度蓄積，引起類排汗熱調節，且該調節作用(以 TEWL 顯示)因不同受試者基礎代謝率不同而產生差異之現象。此外，各組陰涼前與陰涼後階段之 TEWL 散佈接近，但與曝曬階段之散佈明顯差異——在曝曬階段 TEWL 對應黑球溫度呈現類似線性之分佈狀況。以上觀察建議：在無日曬處輻射熱能量較低(黑球溫度較低)，故體熱透過排汗

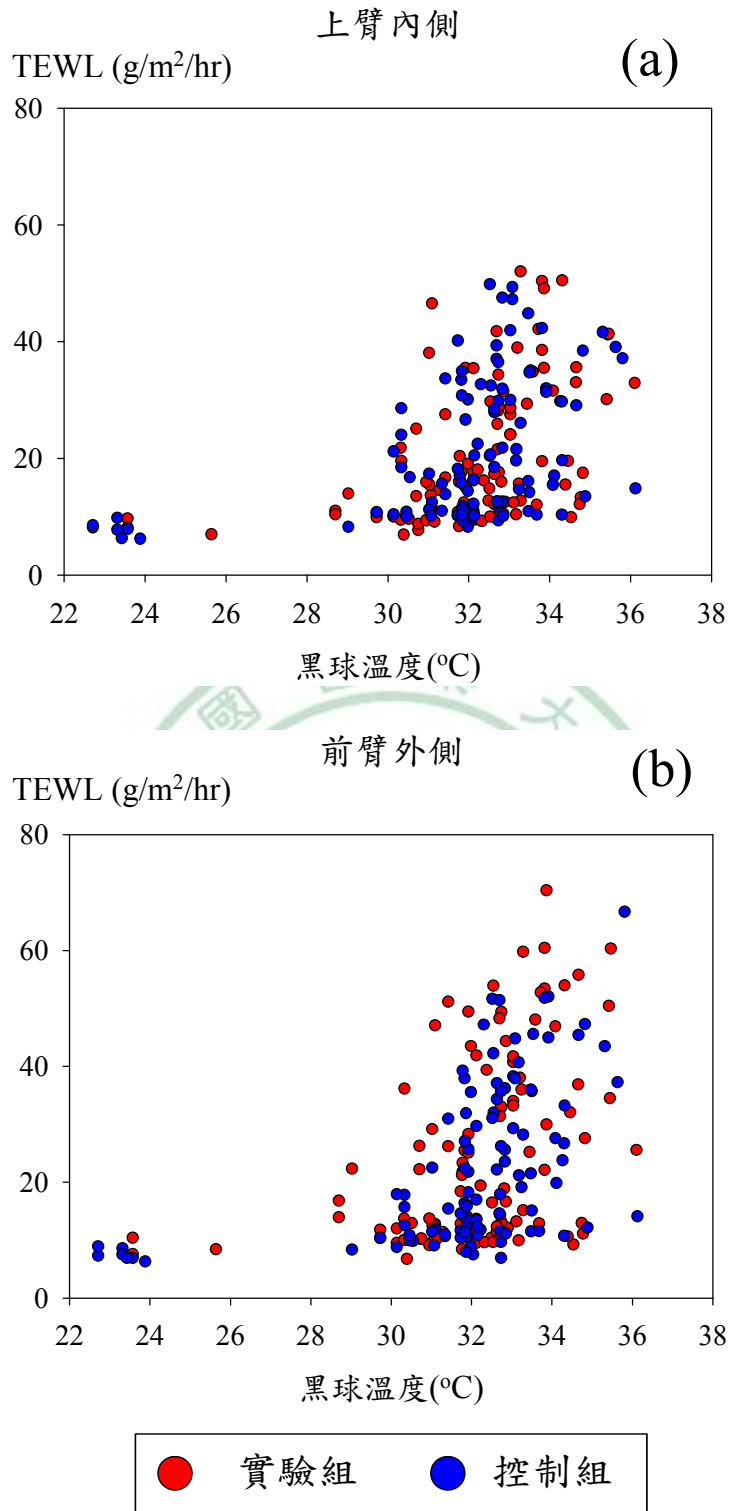


圖 4-49 陰涼前階段經皮水分散失度(TEWL)對數值對應黑球溫度之散佈: (a)上臂內側(未曝曬點); (b)前臂外側(曝曬點)

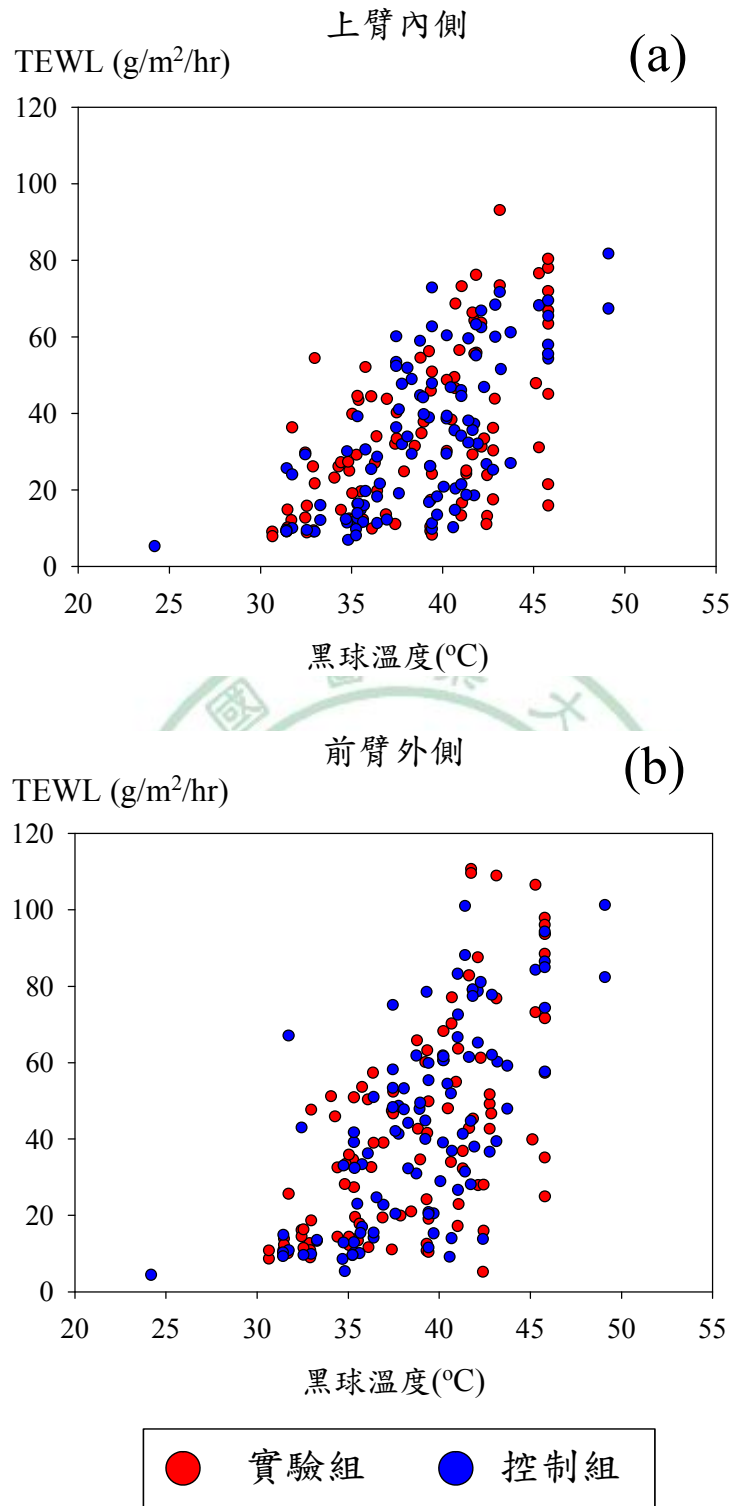


圖 4-50 曝曬階段經皮水分散失度(TEWL)對數值對應黑球溫度之散佈圖：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點)

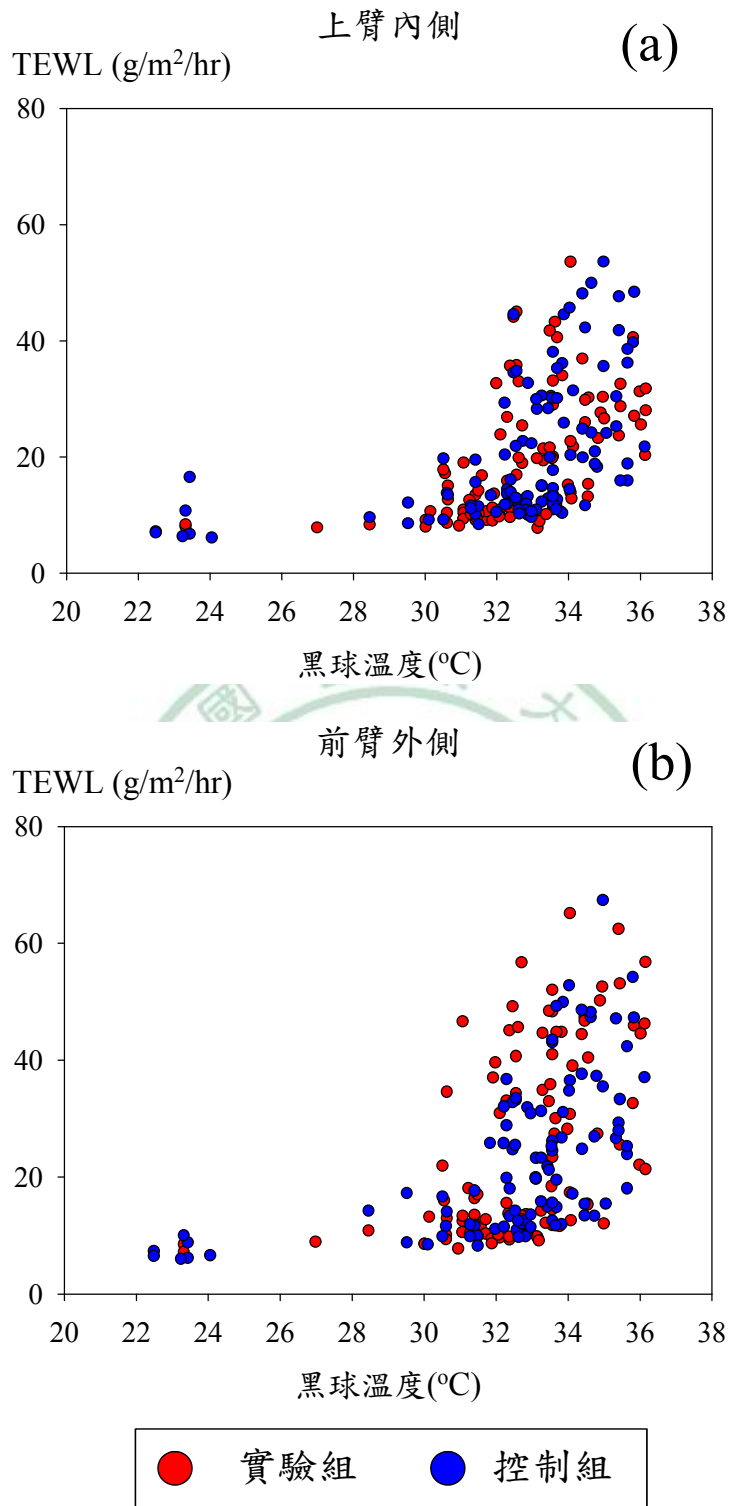


圖 4-51 陰涼後階段經皮水分散失度(TEWL)對數值對應黑球溫度之散佈圖:(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點)

調節之需求亦較低(TEWL 值較低)。當人體熱能積蓄未達排汗所需之閾值時，黑球溫度與 TEWL 之間不存有明顯關聯性。相較之下，在曝曬處受試者直接暴露於較高之輻射能量，此時人體熱能積蓄增加，或可超越排汗所需閾值。當閾值超越時，方可觀察到 TEWL 值隨黑球溫度增加之正關聯，此所以圖 4-50 所示之分佈呈線性關係，亦說明輻射熱對 TEWL 之影響於日光直射時(曝曬處)最為明顯。

圖 4-52、4-53 及 4-54 分別為戶外日光實驗陰涼前、曝曬及陰涼後階段受試者上臂內側及前臂外側 skin moisture 數值對應黑球溫度之散佈。與 TEWL 之分佈類似(圖 4-49 至 4-51)，實驗組之 skin moisture 因使用防曬袖套產生之悶熱狀態影響，較控制組為高，且兩組間之差異較 TEWL 更為明顯。防曬袖套使用對 skin moisture 之顯著效應顯示：使用防曬袖套對人體皮膚造成與外界環境之現象，促使局部空間內之熱蓄積增加，間接增強熱調節之行為。但在此過程中因表皮透過水蒸氣散發以散熱受到防曬袖套限制，故水分顯著蓄積於皮膚內，形成實驗組與控制組間之顯著差異。此外與 TEWL 之分佈類似(圖 4-49 至 4-51)，曝曬處因受試者直接遭受日光紫外線照射，所暴露的輻射熱能量較陰涼處時高，故相對應之 skin moisture 隨黑球溫度散佈呈線性分佈。相較之下，陰涼處之散佈則呈非線性分佈。此外，觀察陰涼前(圖 4-49 對照圖 4-52)與陰涼後(圖 4-51 對照圖 4-54)可發現：不論實驗組或控制組，陰涼後階段所量測之

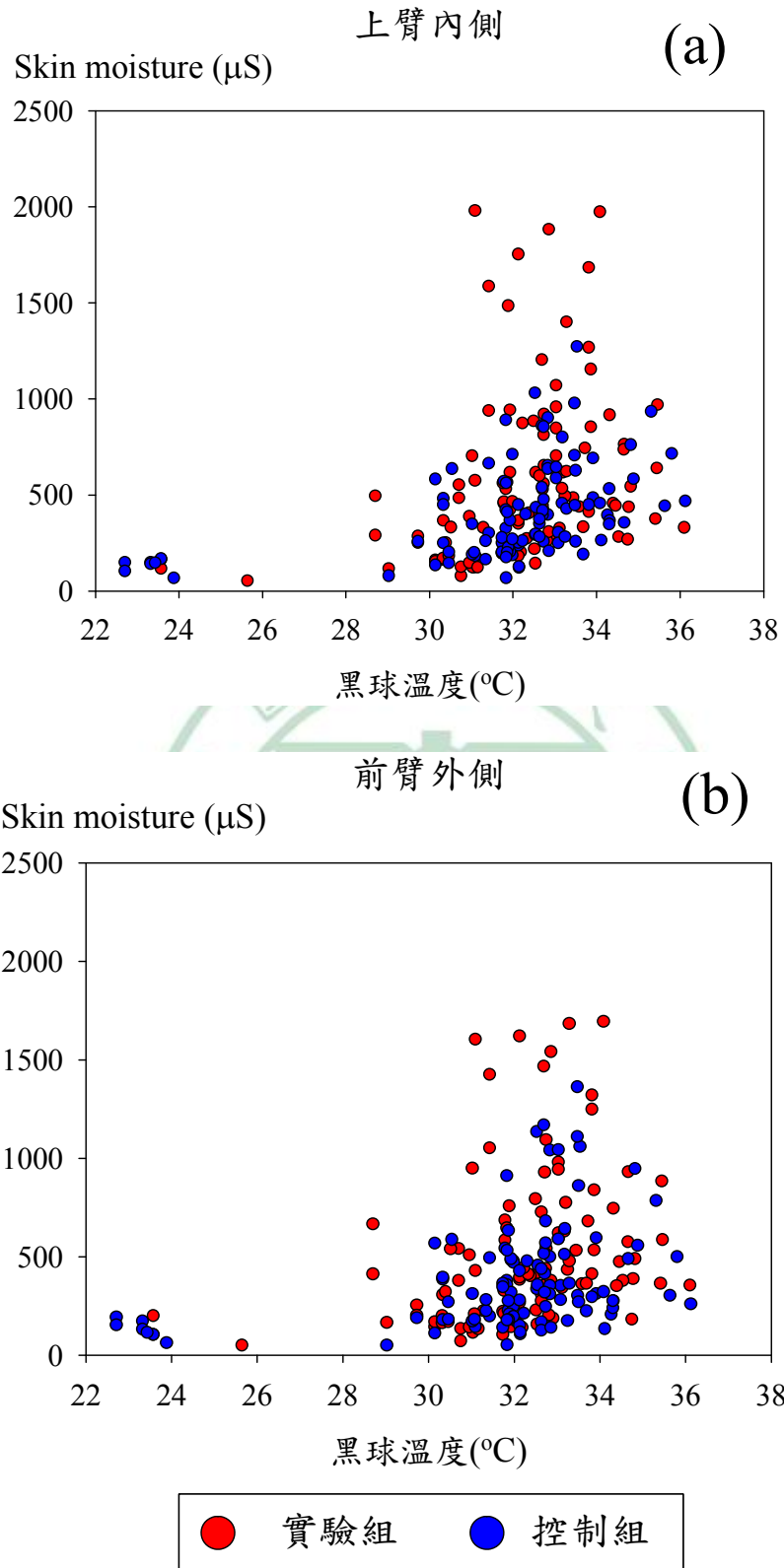


圖 4-52 實驗皮膚濕度(skin moisture)對數值對應黑球溫度之散佈圖: (a) 上臂內側(未曝曬點); (b)前臂外側(曝曬點)

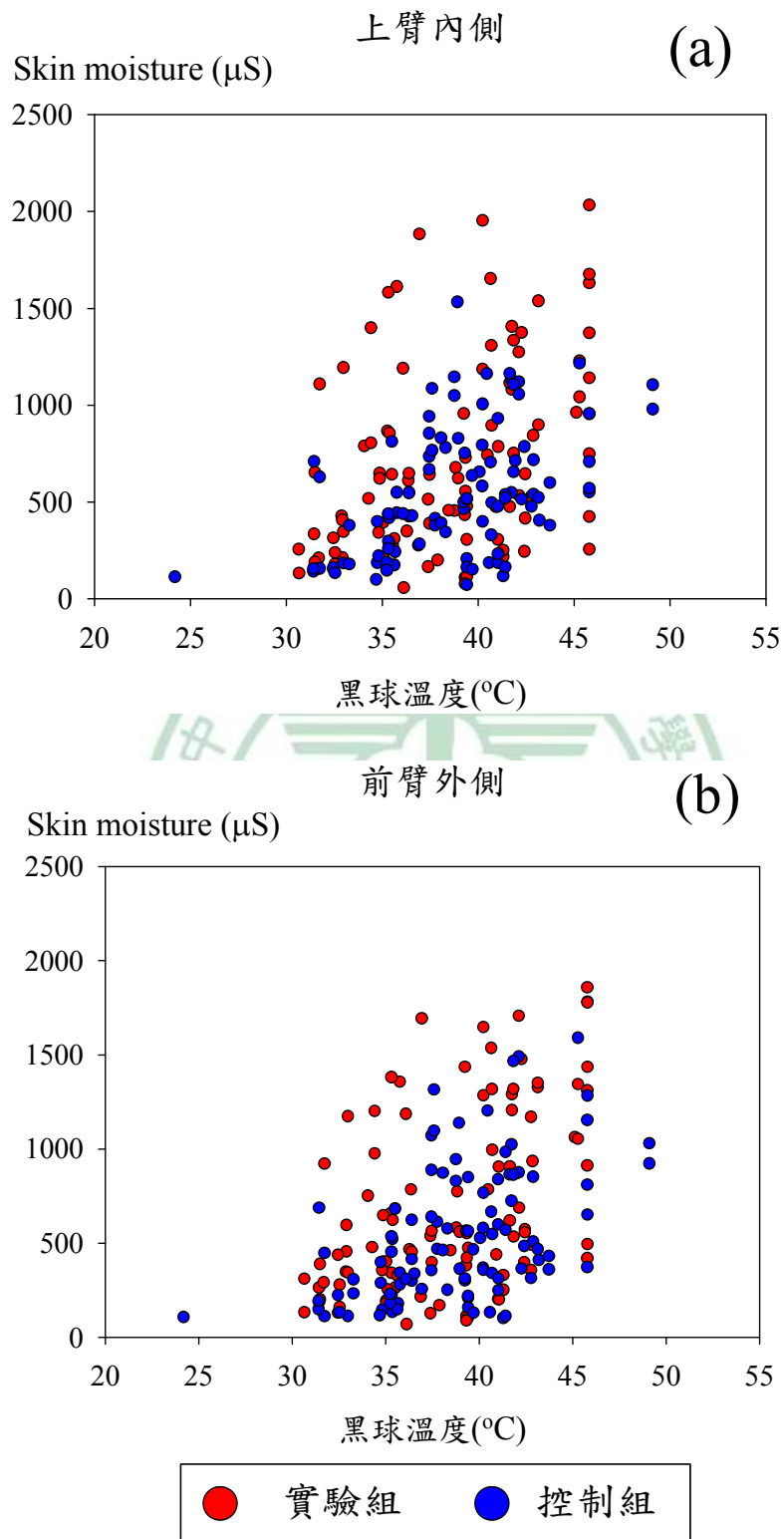


圖 4-53 曝曬階段皮膚濕度(skin moisture)對數值對應黑球溫度之散佈

圖: (a)上臂內側(未曝曬點); (b)前臂外側(曝曬點)

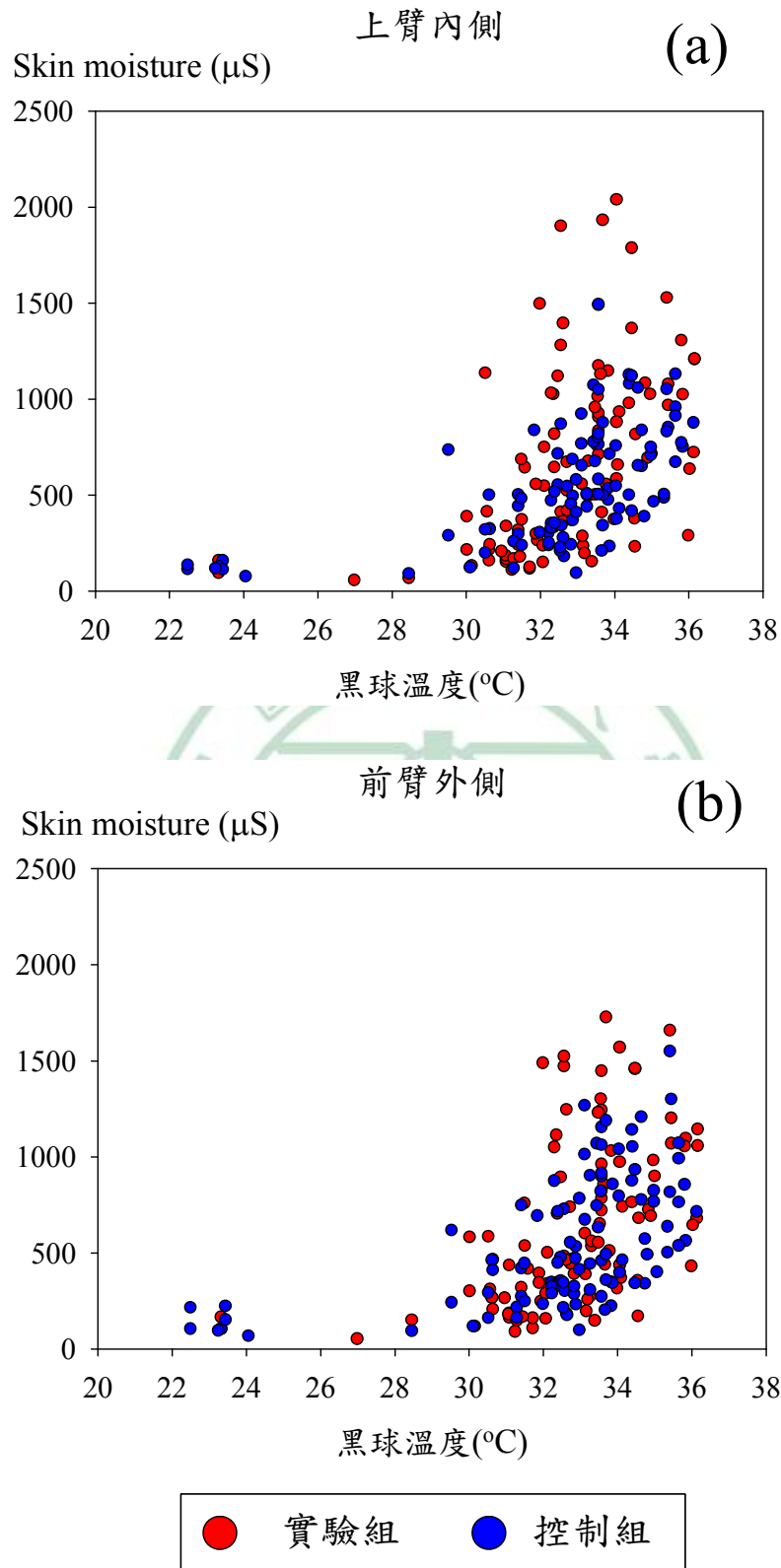


圖 4-54 陰涼後階段皮膚濕度(skin moisture)對數值對應黑球溫度之散

佈圖：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點)

TEWL 與 skin moisture 分佈狀況皆較陰涼前量測之數值集中。以上現象可能為曝曬階段所吸收之輻射熱能量殘留所致—受試者於曝曬時直接遭受日光紫外線照射，但曝曬時所接受到之輻射熱能量並不因離開日光直射環境而立即消失。此輻射熱能量隨離開日光直射環境之時間增加而逐漸減弱；當皮膚生理指標恢復至接近陰涼前之量測值時，可合理推估輻射熱殘留效應已消失。因不同個體之基礎代謝率不同，故皮膚障壁功能恢復至遭受日光紫外線直接曝曬前之時間長短亦不盡相同。以上觀察說明 TEWL 及 skin moisture 亦可作為觀測日光輻射熱暴露後對人體效應之生理指標。

圖 4-55、4-56 及 4-57 為戶外日光實驗陰涼前、曝曬及陰涼後階段受試者上臂內側及前臂外側 skin temperature 對應黑球溫度之散佈趨勢。陰涼前階段 skin temperature 對應黑球溫度之散佈迴歸方程式為：

實驗組陰涼前上臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.64x + 11.25 \quad r^2 = 0.706 \quad (\text{Eq. 4.61})$$

控制組陰涼前上臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.69x + 9.63 \quad r^2 = 0.783 \quad (\text{Eq. 4.62})$$

實驗組陰涼前前臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.74x + 8.00 \quad r^2 = 0.730 \quad (\text{Eq. 4.63})$$

控制組陰涼前前臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.74x + 7.73 \quad r^2 = 0.820 \quad (\text{Eq. 4.64})$$

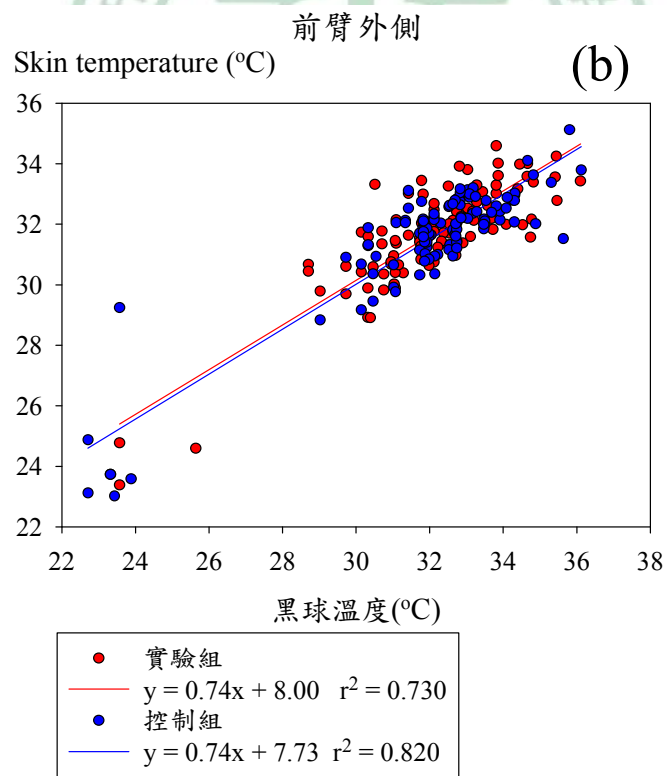
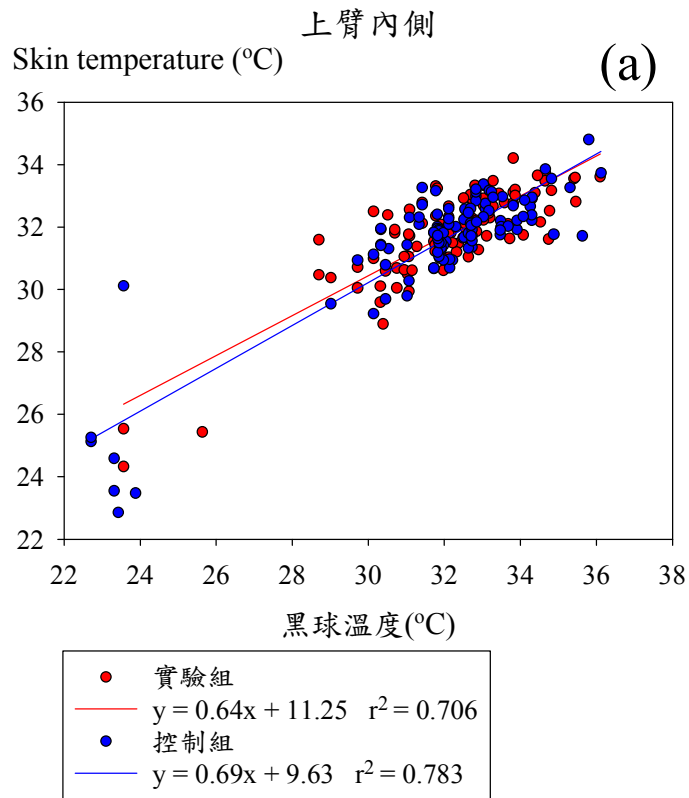


圖 4-55 陰涼前階段皮膚溫度(skin temperature)對應黑球溫度之散佈趨勢圖

勢圖：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點)

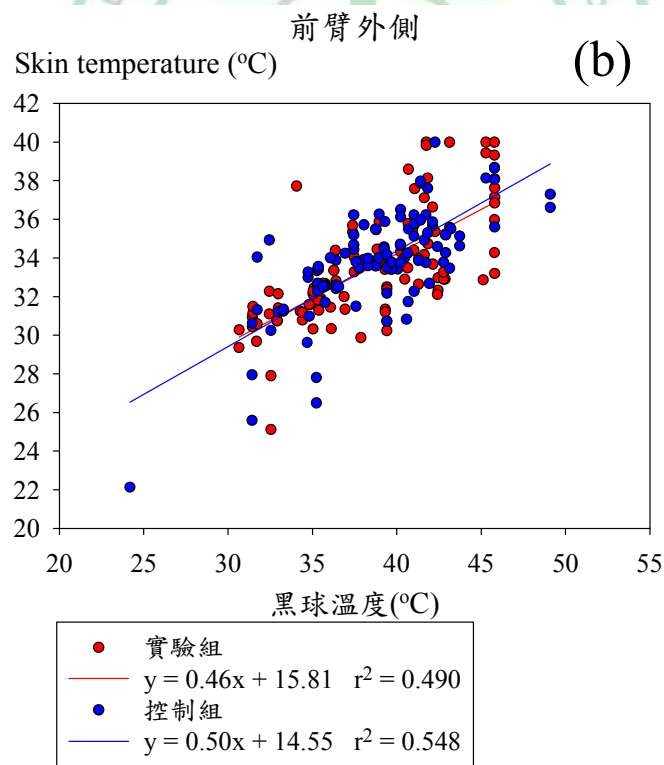
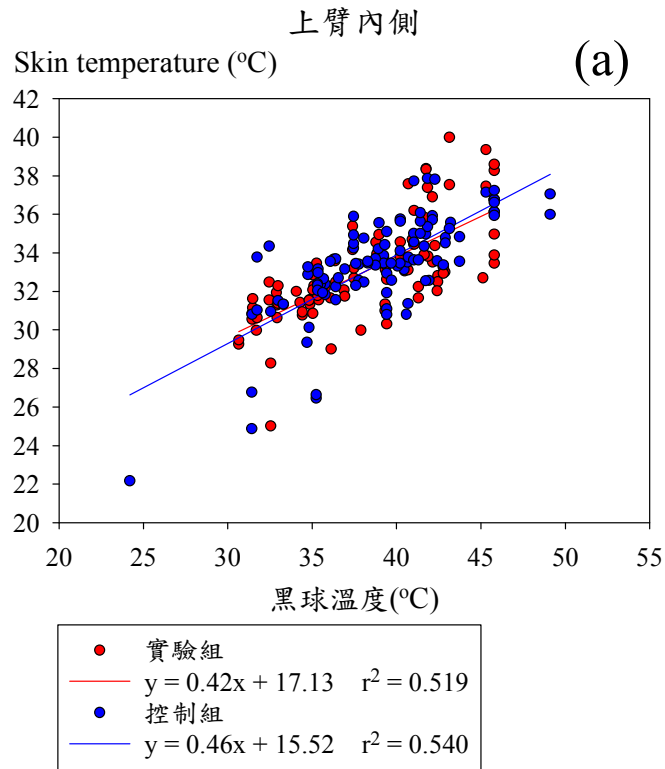


圖 4-56 曝曬階段皮膚溫度(skin temperature)對應黑球溫度之散佈趨勢

圖：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點)

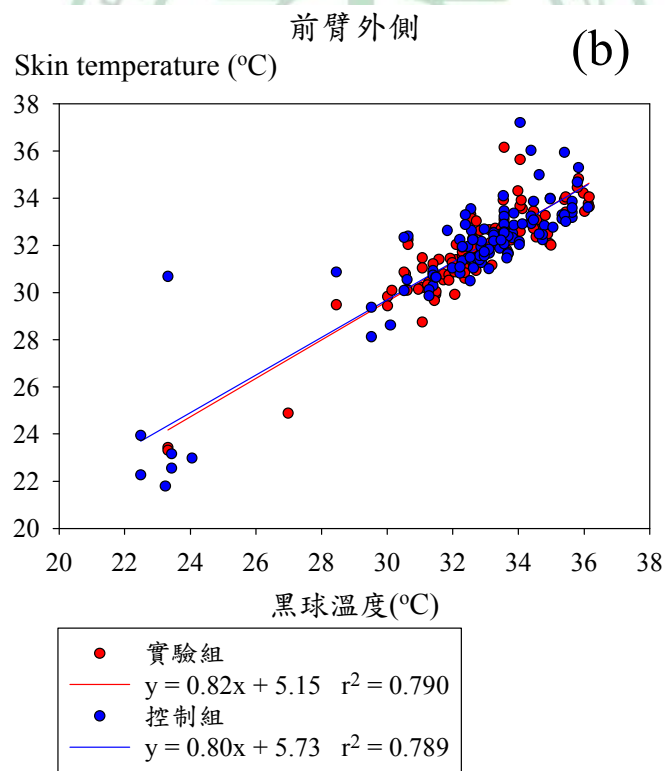
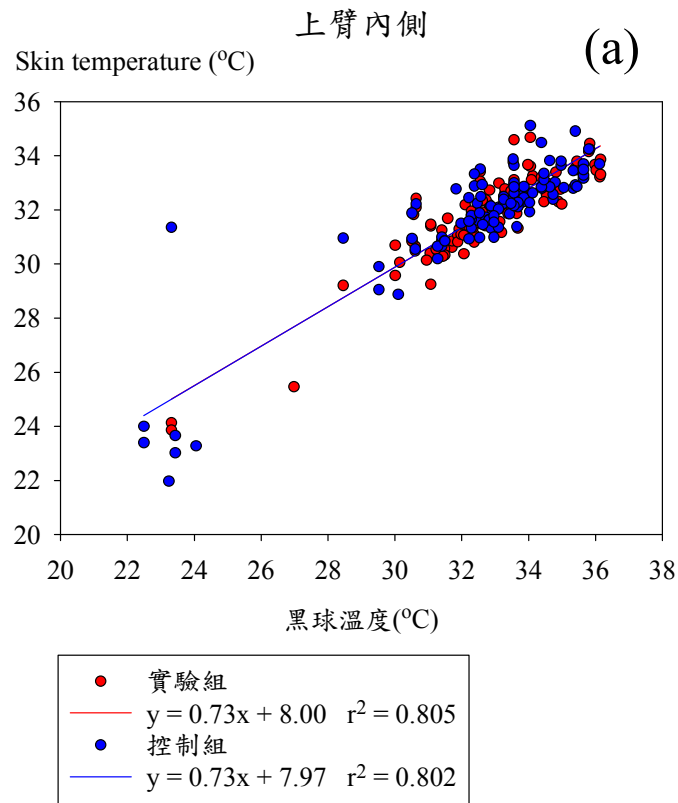


圖 4-57 陰涼後階段皮膚溫度(skin temperature)對應黑球溫度之散佈趨勢圖：(a)上臂內側(未曝曬點)；(b)前臂外側(曝曬點)

戶外日光曝曬實驗曝曬處 skin temperature 對應黑球溫度之散佈趨勢之迴歸方程式為：

實驗組曝曬上臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.42x + 17.13 \quad r^2 = 0.519 \quad (\text{Eq. 4.65})$$

控制組曝曬上臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.46x + 15.52 \quad r^2 = 0.540 \quad (\text{Eq. 4.66})$$

實驗組曝曬前臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.46x + 15.81 \quad r^2 = 0.490 \quad (\text{Eq. 4.67})$$

控制組曝曬前臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.50x + 14.55 \quad r^2 = 0.548 \quad (\text{Eq. 4.68})$$

戶外日光實驗陰涼後 skin temperature 對應黑球溫度之散佈迴歸方程式：

實驗組陰涼後上臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.73x + 8.00 \quad r^2 = 0.805 \quad (\text{Eq. 4.69})$$

控制組陰涼後上臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.73x + 7.97 \quad r^2 = 0.802 \quad (\text{Eq. 4.70})$$

實驗組陰涼後前臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.82x + 5.15 \quad r^2 = 0.790 \quad (\text{Eq. 4.71})$$

控制組陰涼後前臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 0.80x + 5.73 \quad r^2 = 0.789 \quad (\text{Eq. 4.72})$$

本章第一節中曾描述 skin temperature 直接反應環境溫度。此外受試者於戶外曝曬處因受日光直射，皮膚亦可反應輻射熱之影響。由圖 4-56 及於 4.2.5 中所討論之圖 4-33 可交叉分析，推論在戶外曝曬處時受試者 skin temperature 所反應的環境溫度變化當主要源自於輻射熱(黑球溫度)。陰涼處因無直接日光照射(圖 4-55 與 4-57)，故接受到之輻射熱較低，此時受試者之 skin temperature 較接近非肇因於日光輻射之環境溫度。圖 4-58 為戶外日光實驗曝曬處環境溫度及黑球溫度對應 skin temperature 之雙軸散佈圖。以下為戶外日光實驗曝曬階段 skin temperature 對應環境溫度與對應黑球溫度之散佈趨勢迴歸方程式：

實驗組曝曬前臂 skin temperature 對應環境溫度之方程式：

$$y = 0.60x + 12.73 \quad r^2 = 0.486 \quad (\text{Eq. 4.73})$$

實驗組曝曬前臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 1.06x + 2.74 \quad r^2 = 0.490 \quad (\text{Eq. 4.74})$$

控制組曝曬前臂 skin temperature 對應環境溫度之方程式：

$$y = 0.81x + 5.62 \quad r^2 = 0.629 \quad (\text{Eq. 4.75})$$

控制組曝曬前臂 skin temperature 對應黑球溫度之方程式：

$$y = 1.11x + 1.47 \quad r^2 = 0.548 \quad (\text{Eq. 4.76})$$

由圖 4-58 可發現於戶外日光曝曬處時，黑球溫度對 skin temperature 之影響較環境溫度顯著，顯示當遭受日光直射時，人體皮膚受到輻射熱的

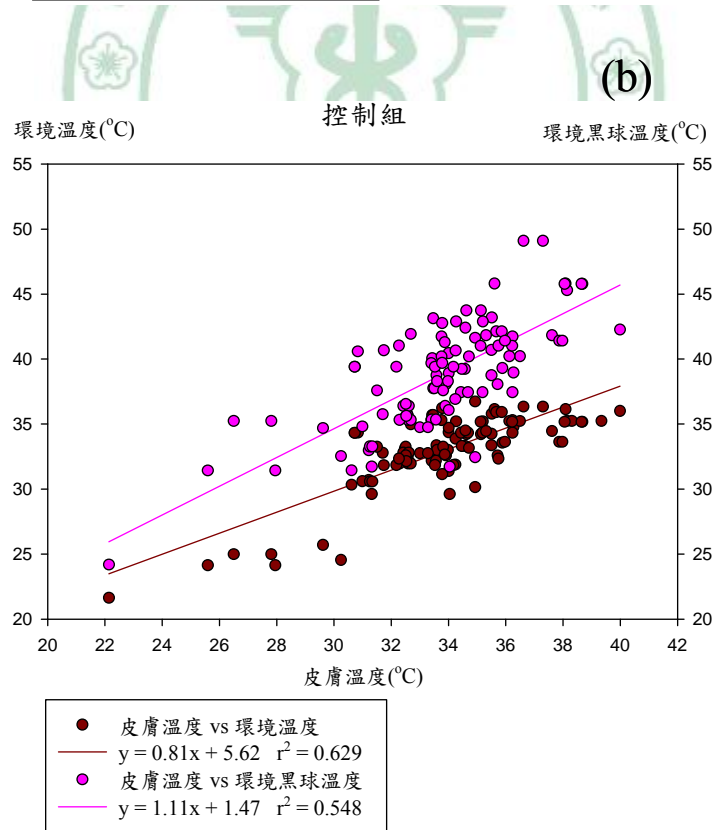
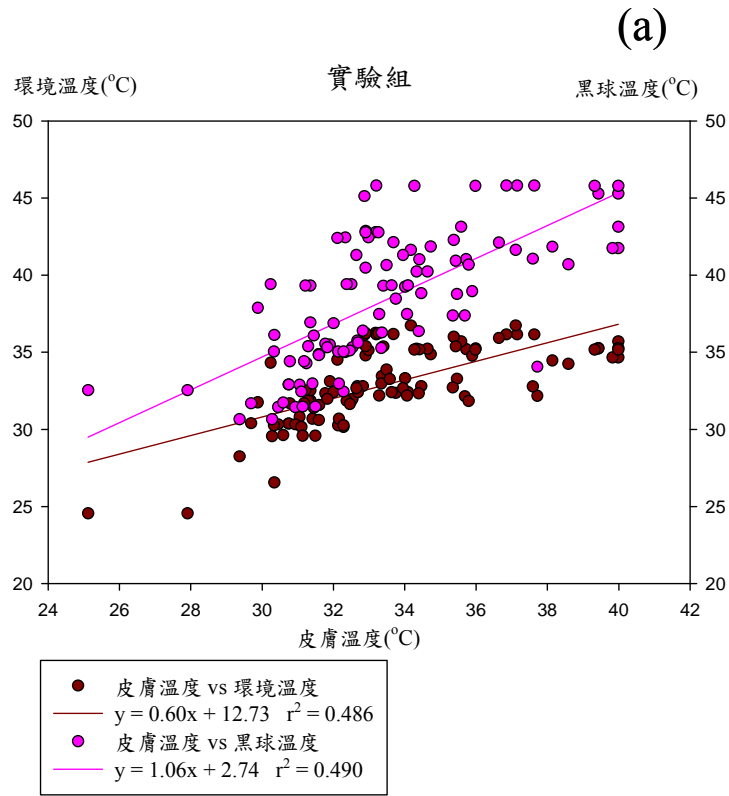


圖 4-58 曝曬階段環境溫度與黑球溫度對應皮膚溫度雙軸散佈圖：(a)實驗組(使用袖套)；(b)控制組(未使用袖套)

影響大於環境溫度。總結輻射熱對上述三種生理指標的影響發現，skin temperature 直接受到環境溫度影響，但於日光曝曬處時，輻射熱之影響較為顯著。三項皮膚生理指標中，skin moisture 及 TEWL 屬於對輻射熱較敏感者。若輻射熱並非熱環境之主要影響因子，則皮膚之生理反應當以與環境溫度關聯性良好之 skin temperature 為主。但若熱環境中輻射熱顯著存在，則即便環境溫度相同，皮膚散熱機制亦可能趨動至排汗階段，此時主要生理指標當為 TEWL 及 skin moisture。

表 4-48 至 4-51 為戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段皮膚生理指標之配對樣本 t 檢定統計量與統計檢定，評估皮膚生理指標在曝曬前後是否存有差異，以探討日光照射後輻射熱對皮膚生理指標之殘留影響。結果顯示：不論實驗或控制組之 skin moisture 於曝曬前後具統計顯著差異 (p -value < 0.001)，再次證明 skin moisture 為對輻射熱敏感之生理指標。即使離開日光直射處 20 分鐘，因輻射熱殘留之影響仍使得曝曬前後之 skin moisture 出現統計顯著差異；TEWL 則無以上現象。以上結果顯示為 skin moisture 較 TEWL 對輻射熱敏感之生理現象，同時可推論當輻射熱為影響熱調節之主要環境物理因子時，skin moisture 為體熱散失之主要熱調節作為。此外，控制組之 skin temperature 於曝曬前後存有統計上顯著差異，但實驗組則無。推論可能原因為：在使用防曬袖套狀況下，實驗組受測者即使處於陰涼處且尚未遭受日光曝曬，防曬袖套造成的局

表 4-48 戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段實驗組上臂內側皮膚生理
指標^a之配對樣本 *t* 檢定統計量與統計檢定

戶外陰涼前量測值減陰涼後量測值之差		
SCBF	<i>t</i> 檢定	0.794
	顯著性(雙尾)	0.429
Skin moisture	<i>t</i> 檢定	5.390
	顯著性(雙尾)	< 0.001 ^b
TEWL	<i>t</i> 檢定	-0.079
	顯著性(雙尾)	0.937
Skin temperature	<i>t</i> 檢定	1.002
	顯著性(雙尾)	0.319
M-index	<i>t</i> 檢定	2.202
	顯著性(雙尾)	0.030 ^b
E-index	<i>t</i> 檢定	1.121
	顯著性(雙尾)	0.265

^a 皮膚生理指標包括：皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、皮膚濕度(skin moisture)、經皮水分散失量(transepidermal water loss, TEWL)、皮膚溫度(skin temperature)、黑素指數(M-index)、及紅斑指數(E-index)

^b 表具統計顯著差異

表 4-49 戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段實驗組前臂外側皮膚生理
指標^a之配對樣本 *t* 檢定統計量與統計檢定

戶外陰涼前量測值減陰涼後量測值之差		
SCBF	<i>t</i> 檢定	3.303
	顯著性(雙尾)	0.001 ^b
Skin moisture	<i>t</i> 檢定	5.620
	顯著性(雙尾)	< 0.001 ^b
TEWL	<i>t</i> 檢定	0.708
	顯著性(雙尾)	0.481
Skin temperature	<i>t</i> 檢定	1.290
	顯著性(雙尾)	0.200
M-index	<i>t</i> 檢定	3.968
	顯著性(雙尾)	< 0.001 ^b
E-index	<i>t</i> 檢定	0.807
	顯著性(雙尾)	0.422

^a 皮膚生理指標包括：皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、皮膚濕度(skin moisture)、經皮水分散失量(transepidermal water loss, TEWL)、皮膚溫度(skin temperature)、黑素指數(M-index)、及紅斑指數(E-index)

^b 表具統計顯著差異

表 4-50 戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段控制組上臂內側皮膚生理
指標^a之配對樣本 *t* 檢定統計量與統計檢定

戶外陰涼前量測值減陰涼後量測值之差		
SCBF	<i>t</i> 檢定	0.379
	顯著性(雙尾)	0.705
Skin moisture	<i>t</i> 檢定	8.214
	顯著性(雙尾)	< 0.001 ^b
TEWL	<i>t</i> 檢定	-0.061
	顯著性(雙尾)	0.951
Skin temperature	<i>t</i> 檢定	2.886
	顯著性(雙尾)	0.005 ^b
M-index	<i>t</i> 檢定	1.483
	顯著性(雙尾)	0.141
E-index	<i>t</i> 檢定	2.335
	顯著性(雙尾)	0.021 ^b

^a 皮膚生理指標包括：皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、皮膚濕度(skin moisture)、經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚溫度(skin temperature)、黑素指數(M-index)、及紅斑指數(E-index)

^b 表具統計顯著差異

表 4-51 戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段控制組前臂外側皮膚生理
指標^a之配對樣本 *t* 檢定統計量與統計檢定

戶外陰涼前量測值減陰涼後量測值之差		
SCBF	<i>t</i> 檢定	3.134
	顯著性(雙尾)	0.002 ^b
Skin moisture	<i>t</i> 檢定	9.041
	顯著性(雙尾)	< 0.001 ^a
TEWL	<i>t</i> 檢定	0.663
	顯著性(雙尾)	0.509
Skin temperature	<i>t</i> 檢定	2.772
	顯著性(雙尾)	0.007 ^b
M-index	<i>t</i> 檢定	2.535
	顯著性(雙尾)	0.013 ^b
E-index	<i>t</i> 檢定	2.111
	顯著性(雙尾)	0.037 ^b

^a 皮膚生理指標包括：皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、皮膚濕度(skin moisture)、經皮水分散失量(transepidermal water loss, TEWL)、皮膚溫度(skin temperature)、黑素指數(M-index)、及紅斑指數(E-index)

^b 表具統計顯著差異

部濕熱環境導致 skin temperature 較未使用防曬袖套者為高。實驗組受試者於曝曬後再度回至陰涼處時，所量測之 skin temperature 雖比曝曬前高，但因防曬袖套造成之與外界隔離熱環境，導致輻射熱殘留的效應遞減，故在實驗組受試者曝曬前後之 skin temperature 中，無法觀察出輻射熱殘留之現象。

4.2.9 環境物理力與使用防曬袖套與否對於主客觀熱舒適指標之綜合影響分析

表 4-52 為戶外日光實驗曝曬階段之前臂外側皮膚生理指標(含 TEWL, skin moisture, SCBF, skin temperature)對應使用防曬袖套與否、環境溫度、環境相對濕度、環境風速、以及黑球溫度之多項式複迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與統計檢定。由表中可觀察到四項皮膚生理指標中 SCBF 之複相關係數及複判定係數最低($r = 0.370$; $r^2 = 0.137$)，顯示 SCBF 最難以多項式複迴歸說明其與本研究中所調查環境物理力及使用防曬袖套與否間之關係。其餘三項皮膚生理指標 (TEWL, skin moisture, skin temperature)之複相關係數皆高於 0.50 (TEWL = 0.662; skin moisture = 0.550; skin temperature = 0.798)；統計檢定均顯示具線性關係(p -value < 0.001)。Skin temperature 之複相關係數為前臂外側所量測生理指標在迴歸方程式中最高值，其複判定係數高達 0.637，顯

表 4-52 戶外日光實驗曝曬階段前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

	多項式複迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = -1.31x_1 - 1.05x_2 + 0.40x_3 - 3.47x_4 + 3.94x_5 - 164.22$	0.662	0.438	0.424	< 0.001
Skin moisture	$y = 158.78x_1 + 35.66x_2 + 9.54x_3 - 103.41x_4 + 38.06x_5 - 2549.13$	0.550	0.303	0.285	< 0.001
SCBF	$y = -1.15x_1 + 1.69x_2 - 0.21x_3 - 0.82x_4 - 0.62x_5 - 10.05$	0.370	0.137	0.115	< 0.001
Skin temperature	$y = -0.29x_1 + 0.45x_2 + 0.11x_3 - 0.65x_4 + 0.35x_5 - 0.32$	0.798	0.637	0.628	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定多項式複迴歸方程式是否具線性關係

示skin temperature之迴歸具較高之代表性。

表4-53為戶外日光實驗曝曬處之前臂外側皮膚生理指標(含TEWL, skin moisture, SCBF, skin temperature值)對應使用防曬袖套與否、環境溫度、環境相對濕度、環境風速、以及環境黑球溫度之逐步迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與統計檢定。由表中可觀察到複迴歸方程式藉由逐步回歸法修正後，TEWL與SCBF轉換成為簡單迴歸方程式(simple regression equations)，顯示於日光直射處只有黑球溫度會影響前臂外側TEWL(迴歸係數 = 4.10)，及只有環境溫度會對前臂外側SCBF造成影響(迴歸係數 = 1.26)。Skin moisture之複迴歸方程式藉由逐步迴歸修正後，發現其數值受使用防曬袖套與否、環境溫度、及黑球溫度影響，迴歸係數分別為170.96、45.25與24.28。Skin temperature之複迴歸方程式逐步迴歸修正後發現受環境溫度、環境相對濕度、環境風速、及黑球溫度影響，迴歸係數分別為0.44、0.11、-0.62與0.36；其中環境風速為負影響，說明於日光直射處時，風速越強則前臂外側skin temperature越低，印證環境風速具減少皮膚表面熱量之作用。

表4-54 為戶外日光實驗曝曬階段前臂外側之皮膚生理指標(含TEWL, skin moisture, SCBF, skin temperature)對應使用防曬袖套與否、環境溫度、環境相對濕度、環境風速、及黑球溫度之標準化多項式複迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與統計檢定。標準化之

表4-53 戶外日光實驗曝曬階段前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

	多項式逐步迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = 4.10x_5 - 116.81$	0.651	0.423	0.421	< 0.001
Skin moisture	$y = 170.96x_1 + 45.25x_2 + 24.28x_5 - 1893.09$	0.530	0.281	0.270	< 0.001
SCBF	$y = 1.26x_2 - 25.66$	0.326	0.106	0.102	< 0.001
Skin temperature	$y = 0.44x_2 + 0.11x_3 - 0.62x_4 + 0.36x_5 - 0.38$	0.797	0.635	0.667	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定多項式逐步迴歸方程式是否具有線性關係

表 4-54 戶外日光實驗曝曬前臂皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、環境黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

	標準化多項式複迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = 0.04x_1 + 0.31x_2 + 0.12x_3 - 0.05x_4 + 0.47x_5 - 0.04$	0.683	0.467	0.454	< 0.001
Skin moisture	$y = -0.01x_1 + 0.45x_2 + 0.20x_3 - 0.12x_4 + 0.23x_5 - 0.02$	0.584	0.341	0.324	< 0.001
SCBF	$y = -0.01x_1 + 0.53x_2 - 0.09x_3 - 0.06x_4 - 0.23x_5 + 0.01$	0.438	0.192	0.172	< 0.001
Skin temperature	$y = 0.00x_1 + 0.49x_2 + 0.28x_3 - 0.12x_4 + 0.49x_5 - 0.02$	0.812	0.659	0.650	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(transepidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式是否具有線性關係

目的為去除不同自變項單位間差異，以增加利用偏迴歸係數比較不同自變項影響力之可信度。由表中可發現在環境物理力(環境溫度、環境相對濕度、環境風速、黑球溫度)固定時，除環境溫度之變化會影響此四項皮膚生理指標值外(迴歸係數皆高於0.3)，TEWL及skin temperature明顯受到輻射熱之影響(TEWL迴歸係數= 0.47；skin temperature迴歸係數= 0.49)。以上觀察說明因日光照射產生之輻射熱對TEWL及skin temperature之影響趨近甚至高於環境溫度。使用防曬袖套與否對前臂外側TEWL具正影響(迴歸係數 = 0.04)，說明於日光直射時使用防曬袖套因產生皮膚悶熱感造成排汗的可能性增加。

表4-55為戶外日光實驗曝曬階段之前臂外側皮膚生理指標(含TEWL, skin moisture, SCBF, skin temperature)對應使用防曬袖套與否、環境溫度、環境相對濕度、環境風速、以及環境黑球溫度之標準化逐步迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與統計檢定。由表中可觀察到標準化複迴歸方程式藉由逐步迴歸修正後，skin moisture與SCBF轉換成為簡單迴歸方程式，顯示於日光直射處僅環境溫度與前臂外側skin moisture與SCBF顯著相關(skin moisture迴歸係數 = 0.55；SCBF迴歸係數 = 0.41)。環境溫度及環境黑球溫度則影響前臂外側之TEWL，迴歸係數分別為0.32與0.38。以上現象再度說明：當輻射熱為影響皮膚生理變化之重要熱環境因子時，熱調節主要透過類排汗方式達成。除使用防曬袖套與

表4-55 戶外日光實驗曝曬階段前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式((standardized multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

標準化多項式複迴歸方程式之逐步迴歸		r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = 0.32x_2 + 0.38x_5 - 0.02$	0.677	0.458	0.453	< 0.001
Skin moisture	$y = 0.55x_2 - 0.02$	0.559	0.313	0.310	< 0.001
SCBF	$y = 0.41x_2 + 0.01$	0.410	0.168	0.164	< 0.001
Skin temperature	$y = 0.49x_2 + 0.28x_3 - 0.12x_4 + 0.49x_5 - 0.02$	0.812	0.659	0.652	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式之逐步迴歸法是否具有線性關係

否外，其餘四項環境物理力皆會影響skin temperature，迴歸係數分別為0.49、0.28、-0.12與0.49。在以上迴歸中，防曬袖套使用作為影響因子之重要性被排除，推估當與不論使用防曬袖套與否，在日光直射時皮膚表面溫度持續過高，無法透過迴歸顯示其與自變項間之關聯性有關。環境風速之迴歸係數為負值，代表環境風速經標準化後對skin temperature為負影響。此外，四項皮膚生理指標之逐步迴歸中皆未發現防曬袖套使用可造成影響，再次說明於戶外日光照射處，因暴露之物理因子能量強，各項皮膚生理指標之反應均極顯著，故是否使用防曬袖套所產生之效應相形之下不明顯。

表4-56與表4-57為戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段之前臂外側皮膚生理指標(含TEWL, skin moisture, SCBF, skin temperature)對應使用防曬袖套與否、環境溫度、環境相對濕度、環境風速、以及黑球溫度之多項式複迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與統計檢定。由表中可觀察發現四項前臂外側皮膚生理指標之複迴歸中skin moisture與SCBF之複相關係數及複判定係數偏低(陰涼前skin moisture: $r = 0.437$, $r^2 = 0.191$; 陰涼前SCBF: $r = 0.386$, $r^2 = 0.149$; 陰涼後skin moisture: $r = 0.523$, $r^2 = 0.274$; 陰涼後SCBF: $r = 0.385$, $r^2 = 0.148$)，顯示前臂外側skin moisture與SCBF較難以多項式複迴歸說明其與本研究中所調查環境物理力及使用防曬袖套與否間之關係。Skin temperature之複相關係數與複

表4-56 戶外日光實驗陰涼前階段前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

	多項式複迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = 1.80x_1 - 0.28x_2 - 0.64x_3 - 2.28x_4 + 2.72x_5 - 13.11$	0.510	0.260	0.242	< 0.001
Skin moisture	$y = 116.49x_1 + 62.77x_2 - 3.56x_3 - 147.63x_4 - 14.02x_5 - 768.21$	0.437	0.191	0.171	< 0.001
SCBF	$y = -0.15x_1 + 1.66x_2 - 0.03x_3 - 3.32x_4 - 1.19x_5 + 5.06$	0.386	0.149	0.128	< 0.001
Skin temperature	$y = 0.05x_1 + 0.58x_2 + 0.02x_3 - 0.71x_4 + 0.24x_5 + 5.46$	0.929	0.862	0.859	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定多項式複迴歸方程式是否具有線性關係

表 4-57 戶外日光實驗陰涼後階段前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、環境黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

	多項式複迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = 2.38x_1 + 0.30x_2 - 0.74x_3 - 0.12x_4 + 1.98x_5 - 3.09$	0.575	0.331	0.314	< 0.001
Skin moisture	$y = 58.00x_1 + 59.68x_2 - 2.93x_3 - 70.99x_4 + 15.02x_5 - 1539.70$	0.523	0.274	0.256	< 0.001
SCBF	$y = 0.37x_1 + 0.45x_2 - 0.10x_3 - 1.57x_4 + 0.58x_5 - 9.09$	0.385	0.148	0.127	< 0.001
Skin temperature	$y = -0.12x_1 + 0.84x_2 - 0.01x_3 - 0.55x_4 + 0.02x_5 + 6.01$	0.918	0.842	0.838	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定多項式複迴歸方程式是否具有線性關係

判定係數為所量測前臂外側生理指標迴歸中最高者(陰涼前： $r = 0.929$, $r^2 = 0.862$ ；陰涼後： $r = 0.918$, $r^2 = 0.842$)，顯示skin temperature之迴歸具較高代表性。

表4-58與4-59為戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段之前臂外側皮膚生理指標(含TEWL, skin moisture, SCBF, skin temperature)對應使用防曬袖套與否、環境溫度、環境相對濕度、環境風速、及黑球溫度之多項式逐步迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與統計檢定。如表4-58所示，在尚未遭受紫外線曝曬時，受測者前臂外側skin moisture受到防曬袖套使用、環境溫度、以及環境風速影響，迴歸係數分別為114.05、50.49與-165.41，且環境風速為負影響。SCBF則受到環境溫度、環境風速、及黑球溫度影響，迴歸係數分別為1.66、-3.36與-1.18，環境風速亦為負影響。惟此二皮膚生理指標於陰涼後階段之逐步迴歸卻顯示只受環境溫度影響，迴歸係數分別為80.16(skin moisture)與1.18(SCBF)，說明經過日光曝曬後，即使回到無日光直接曝曬之陰涼處，輻射熱殘留的現象仍導致環境溫度對皮膚生理指標存在顯著的影響。

表4-60與4-61為戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段之前臂外側皮膚生理指標(含TEWL, skin moisture, SCBF, skin temperature)對應使用防曬袖套與否、環境溫度、環境相對濕度、環境風速、以及黑球溫度之標準化多項式複迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與

表4-58 戶外日光實驗陰涼前階段前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

	多項式逐步迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = -0.65x_3 + 2.49x_5 - 14.58$	0.503	0.253	0.246	< 0.001
Skin moisture	$y = 114.05x_1 + 50.49x_2 - 165.41x_4 - 1051.89$	0.433	0.188	0.176	< 0.001
SCBF	$y = 1.66x_2 - 3.36x_4 - 1.18x_5 + 2.76$	0.385	0.148	0.136	< 0.001
Skin temperature	$y = 0.58x_2 - 0.68x_4 + 0.23x_5 + 6.82$	0.927	0.860	0.858	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式逐步迴歸方程式是否具有線性關係

表4-59 戶外日光實驗陰涼後階段前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

多項式逐步迴歸方程式		r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = -0.73x_3 + 2.29x_5 - 2.83$	0.569	0.324	0.317	< 0.001
Skin moisture	$y = 80.16x_2 - 1904.32$	0.510	0.260	0.257	< 0.001
SCBF	$y = 1.18x_2 - 20.05$	0.368	0.135	0.131	< 0.001
Skin temperature	$y = 0.86x_2 - 0.54x_4 + 5.49$	0.917	0.841	0.839	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(transepidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定多項式逐步迴歸方程式是否具有線性關係

表4-60 戶外日光實驗陰涼前階段前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

	標準化多項式複迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = -0.04x_1 + 0.17x_2 - 0.19x_3 - 0.09x_4 + 0.30x_5 + 0.02$	0.564	0.319	0.302	< 0.001
Skin moisture	$y = -0.08x_1 + 0.46x_2 + 0.00x_3 - 0.19x_4 + 0.00x_5 + 0.04$	0.525	0.275	0.258	< 0.001
SCBF	$y = -0.06x_1 + 0.74x_2 - 0.03x_3 - 0.20x_4 - 0.52x_5 + 0.03$	0.424	0.180	0.160	< 0.001
Skin temperature	$y = -0.12x_1 + 0.68x_2 + 0.06x_3 - 0.12x_4 + 0.24x_5 + 0.06$	0.919	0.845	0.842	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式是否具有線性關係

表 4-61 戶外日光實驗陰涼後階段前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

	標準化多項式複迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = 0.00x_1 + 0.36x_2 - 0.26x_3 - 0.01x_4 + 0.16x_5 - 0.01$	0.658	0.433	0.418	< 0.001
Skin moisture	$y = -0.08x_1 + 0.65x_2 + 0.03x_3 - 0.08x_4 - 0.01x_5 + 0.03$	0.656	0.430	0.415	< 0.001
SCBF	$y = -0.04x_1 + 0.24x_2 - 0.05x_3 - 0.11x_4 + 0.20x_5 + 0.01$	0.484	0.234	0.215	< 0.001
Skin temperature	$y = -0.09x_1 + 0.97x_2 + 0.01x_3 - 0.06x_4 - 0.06x_5 + 0.05$	0.914	0.835	0.830	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式是否具有線性關係

統計檢定。由表中可觀察到四項前臂外側皮膚生理指標之標準化複迴歸中SCBF之複判定係數偏低(陰涼前階段SCBF: $r^2 = 0.180$; 陰涼後階段: $r^2 = 0.234$)，顯示前臂外側SCBF與環境物理力(環境溫度、環境相對濕度、環境風速、黑球溫度)及防曬袖套使用間之關係難以利用標準化多項式複迴歸說明；推測可能原因為尚有其他可影響SCBF變化之因子未在目前複迴歸中考慮。此外，比較表4-59(陰涼前階段)與表4-60(陰涼後階段)發現，此四項皮膚生理指標之標準化複迴歸中陰涼後階段之方程式較接近曝曬階段之方程式(表4-52)，顯示日光直曬時輻射熱對生理指標之效應確可延續至曝曬後至少20分鐘內。

表4-62與4-63為戶外日光實驗陰涼前與陰涼後階段之前臂外側皮膚生理指標(含TEWL, skin moisture, SCBF, skin temperature)對應防曬袖套使用、環境溫度、環境相對濕度、環境風速、及黑球溫度之標準化多項式逐步迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與統計檢定。在環境物理力(環境溫度、環境相對濕度、環境風速、黑球溫度)經標準化去除不同自變項測量單位之影響後，環境溫度為唯一同時影響四項生理指標之環境物理力，其中除SCBF之複判定係數偏低外(陰涼前SCBF: $r^2 = 0.178$; 陰涼後SCBF: $r^2 = 0.218$)，其餘皮膚生理指標之複判定係數皆較為顯著(陰涼前階段TEWL: $r^2 = 0.308$ 、陰涼後階段: $r^2 = 0.431$; 陰涼前skin moisture: $r^2 = 0.274$ 、陰涼後階段: $r^2 = 0.423$; 陰涼前階段skin

表4-62 戶外日光實驗陰涼前階段前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

標準化多項式複迴歸方程式之逐步迴歸		r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = 0.47x_2 - 0.20x_3$	0.555	0.308	0.302	< 0.001
Skin moisture	$y = 0.46x_2 - 0.19x_4$	0.524	0.274	0.267	< 0.001
SCBF	$y = 0.74x_2 - 0.21x_4 - 0.51x_5$	0.422	0.178	0.166	< 0.001
Skin temperature	$y = -0.12x_1 + 0.68x_2 + 0.06x_3 - 0.12x_4 + 0.24x_5 + 0.06$	0.919	0.845	0.842	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式之逐步迴歸法是否具有線性關係

表 4-63 戶外日光實驗陰涼後階段前臂外側皮膚生理指標^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、黑球溫度(x_5)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

標準化多項式複迴歸方程式之逐步迴歸		r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
TEWL	$y = 0.51x_2 - 0.26x_3$	0.657	0.431	0.426	< 0.001
Skin moisture	$y = 0.65x_2 - 0.02$	0.650	0.423	0.420	< 0.001
SCBF	$y = 0.47x_2 - 0.01$	0.467	0.218	0.214	< 0.001
Skin temperature	$y = 0.90x_2 - 0.06x_4 + 0.01$	0.912	0.832	0.831	< 0.001

^a 測量皮膚生理指標包括：經皮水分散失量(trans epidermal water loss, TEWL)、皮膚濕度(skin moisture)、皮膚微血流變化量(skin capillary blood flow, SCBF)、以及皮膚溫度(skin temperature)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式之逐步迴歸法是否具有線性關係

temperature : $r^2 = 0.845$ 、陰涼後階段 : $r^2 = 0.832$)，其中skin temperature之複判定係數為所量測前臂外側皮膚生理指標迴歸中最高值，顯示skin temperature即使經標準化後，其複迴歸方程式亦具較高之代表性。

表4-64為戶外日光實驗之主觀熱感知(TSV值)對應防曬袖套使用、環境溫度、環境相對濕度、環境風速、以及黑球溫度之多項式複迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與統計檢定。由表中可觀察到陰涼前、曝曬與陰涼後階段之防曬袖套使用對TSV產生影響，迴歸係數分別為0.17、0.06與0.18，顯示防曬袖套使用易造成受試者熱不適感。於曝曬階段，當防曬袖套使用因子固定時，環境物理力中黑球溫度最能影響TSV之變化(迴歸係數 = 0.12)。

表4-65為戶外日光實驗之主觀熱感知(TSV值)對應使用防曬袖套與否、環境溫度、環境相對濕度、環境風速、以及黑球溫度之多項式逐步迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與統計檢定。由表中可觀察得知：不論在陰涼前與陰涼後階段，防曬袖套使用對TSV產生之影響，迴歸係數皆為0.16，顯示使用防曬袖套可導致熱不適感上升。於曝曬處，最能影響主觀熱感知之環境物理因子為UVI，迴歸係數為0.16；當UVI越高時，受測者所接受到的紫外線能量與輻射熱能量越高，亦使受試者無法適應當下熱環境，造成熱不適感增加。

表4-66為戶外日光曝曬實驗之TSV對應使用防曬袖套與否、環境溫

表4-64 戶外日光實驗主觀熱感知^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、UVI(x_5)、環境黑球溫度(x_6)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

多項式複迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
陰涼前				
$y = 0.17x_1 + 0.14x_2 + 0.01x_3 - 0.56x_4 + 0.04x_5 + 0.03x_6 - 5.91$	0.611	0.373	0.354	< 0.001
曝曬				
$y = 0.06x_1 + 0.06x_2 + 0.01x_3 - 0.26x_4 + 0.05x_5 + 0.12x_6 - 5.96$	0.619	0.383	0.364	< 0.001
陰涼後				
$y = 0.18x_1 + 0.28x_2 + 0.02x_3 - 0.37x_4 - 0.01x_5 - 0.12x_6 - 5.76$	0.555	0.308	0.286	< 0.001

^a 主觀指標為熱感知投票值(thermal sensation vote, TSV)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定多項式複迴歸方程式是否具有線性關係

表4-65 戶外日光實驗主觀熱感知^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、UVI(x_5)、環境黑球溫度(x_6)之多項式複迴歸方程式(multiple regression equations)逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

多項式逐步迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
陰涼前				
$y = 0.16x_1 - 0.51x_3 + 0.18x_6 - 4.76$	0.604	0.365	0.356	< 0.001
曝曬				
$y = -0.33x_3 + 0.16x_5 - 4.75$	0.608	0.370	0.364	< 0.001
陰涼後				
$y = 0.16x_1 + 0.02x_2 - 0.42x_3 - 5.85$	0.536	0.287	0.276	< 0.001

^a 主觀指標為熱感知投票值(thermal sensation vote, TSV)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定多項式逐步迴歸方程式是否具有線性關係

表 4-66 戶外日光實驗主觀熱感知^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、UVI (x_5)、環境黑球溫度(x_6)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

標準化多項式複迴歸方程式	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
陰涼前				
$y = 0.19x_1 + 0.39x_2 + 0.04x_3 - 0.19x_4 + 0.01x_5 - 0.01x_6 - 0.09$	0.607	0.368	0.350	< 0.001
曝曬				
$y = 0.07x_1 + 0.18x_2 + 0.02x_3 - 0.15x_4 + 0.05x_5 + 0.50x_6 + 0.85$	0.621	0.385	0.367	< 0.001
陰涼後				
$y = 0.20x_1 + 0.74x_2 + 0.09x_3 - 0.14x_4 - 0.03x_5 - 0.35x_6 - 0.04$	0.553	0.306	0.285	< 0.001

^a 主觀指標為熱感知投票值(thermal sensation vote, TSV)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式是否具有線性關係

度、環境相對濕度、環境風速、以及黑球溫度之標準化多項式複迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與統計檢定。由表中可觀察出環境物理力(環境溫度、環境相對濕度、環境風速、UVI、環境黑球溫度)經標準化後，陰涼前、曝曬與陰涼後階段之環境風速對TSV屬於負影響，迴歸係數分別為-0.19、-0.15與-0.14，說明環境風速越強，受試者對熱環境之不舒適感越低。此外，在陰涼後階段，除環境風速為負影響外，UVI與環境黑球溫度亦對主觀熱感知產生負影響，迴歸係數為-0.03與-0.35。以上迴歸關係中負影響值之出現，說明在曝曬階段日光照射所產生之影響不侷限於紫外線曝曬當下，對人體之效應須經一段時間方會消失。當受試者由曝曬環境回至陰涼環境時，因整體環境之前述物理力強度皆弱於在日光直曬處，造成受測者整體而言感覺熱環境屬於舒適狀態，故此時該環境內之環境物理力變化造成之影響不若在曝曬階段輻射熱能量殘存者高，故UVI與輻射熱對其主觀熱感知產生負向影響。

表4-67為戶外日光曝曬實驗之TSV對應使用防曬袖套與否、環境溫度、環境相對濕度、環境風速、以及黑球溫度之標準化多項式逐步迴歸方程式、複相關係數、複判定係數、調整複判定係數與統計檢定。利用標準化將環境物理力(環境溫度、環境相對濕度、環境風速、UVI、黑球溫度)固定後，於曝曬處UVI對受試者TSV之影響更為顯著，迴歸係數為0.67。不論陰涼前、曝曬與陰涼後階段，環境風速對受試者TSV之影響為

表 4-67 戶外日光實驗主觀熱感知^a 對應使用防曬袖套與否(x_1)^b、環境乾球溫度(x_2)、環境相對濕度(x_3)、環境風速(x_4)、UVI (x_5)、環境黑球溫度(x_6)之標準化多項式複迴歸方程式(standardized multiple regression equations) 逐步迴歸法(stepwise regression)、複相關係數(r)、複判定係數(r^2)、調整複判定係數(adjusted r^2 , Adj. r^2)與統計檢定

標準化多項式複迴歸方程式之逐步迴歸	r	r^2	Adj. r^2	p -value ^c
陰涼前				
$y = 0.19x_1 + 0.36x_2 - 0.19x_4 - 0.09$	0.604	0.365	0.356	< 0.001
曝曬				
$y = -0.19x_4 + 0.67x_5 + 0.87$	0.612	0.375	0.369	< 0.001
陰涼後				
$y = 0.22x_1 + 0.35x_2 - 0.14x_4 - 0.06$	0.531	0.282	0.272	< 0.001

^a 主觀指標為熱感知投票值(thermal sensation vote, TSV)

^b 使用防曬袖套與否以虛擬變項(dummy variable)呈現，使用防曬袖套受試者 = 1、未使用防曬袖套受試者 = 0

^c 檢定標準化多項式複迴歸方程式之逐步迴歸法是否具有線性關係

負影響，迴歸係數分別為-0.19、-0.19與-0.14。此外，陰涼前與陰涼後階段防曬袖套使用對TSV產生正向影響，迴歸係數分別為陰涼前0.19與陰涼後0.22，說明防曬袖套使用會明顯對受試者產生熱不舒適感覺。

依據上述多項式複迴歸及後續逐步迴歸處理，將曝曬處以及陰涼後之各皮膚生理指標對應防曬袖套使用與環境物理因子之強度對比分析，可歸納熱調節過程中不同環境物理因子影響皮膚散熱機制之過程以及時序關係。圖4-59為因應戶外熱環境物理因子影響皮膚生理指標反應之時程關係推論；圖中將本研究觀察所得與陳玉潔⁽²⁰⁾推論之因應熱環境變化皮膚生理指標反應時程關係(圖2-1)彙整結合。如圖4-59所示，環境溫度與黑球溫度皆會影響各皮膚生理指標之變化，此二環境物理因子具加強皮膚生理指標變化幅度。當skin temperature反應外界環境溫度刺激，驅動皮膚散熱機制之先期步驟—SCBF—增加時，環境風速會對此機制產生抑制。環境相對濕度則對下一階段之熱調節機制—skin moisture與TEWL增加—造成影響。最後當skin temperature與外界環境溫度重新達平衡時會受到環境相對濕度及環境風速之影響，環境相對濕度會加強skin temperature與外界環境溫度平衡之速度，環境風速則會抑制。圖4-60為戶外環境(日光直射狀況)皮膚生理指標因應環境物理因子變化之反應時程推論。Skin moisture與TEWL在反應熱環境變化之熱調節反應時程關係中扮演的角色，主要是由此二生理指標之標準化逐步迴歸受輻射熱(黑球溫度)顯著影

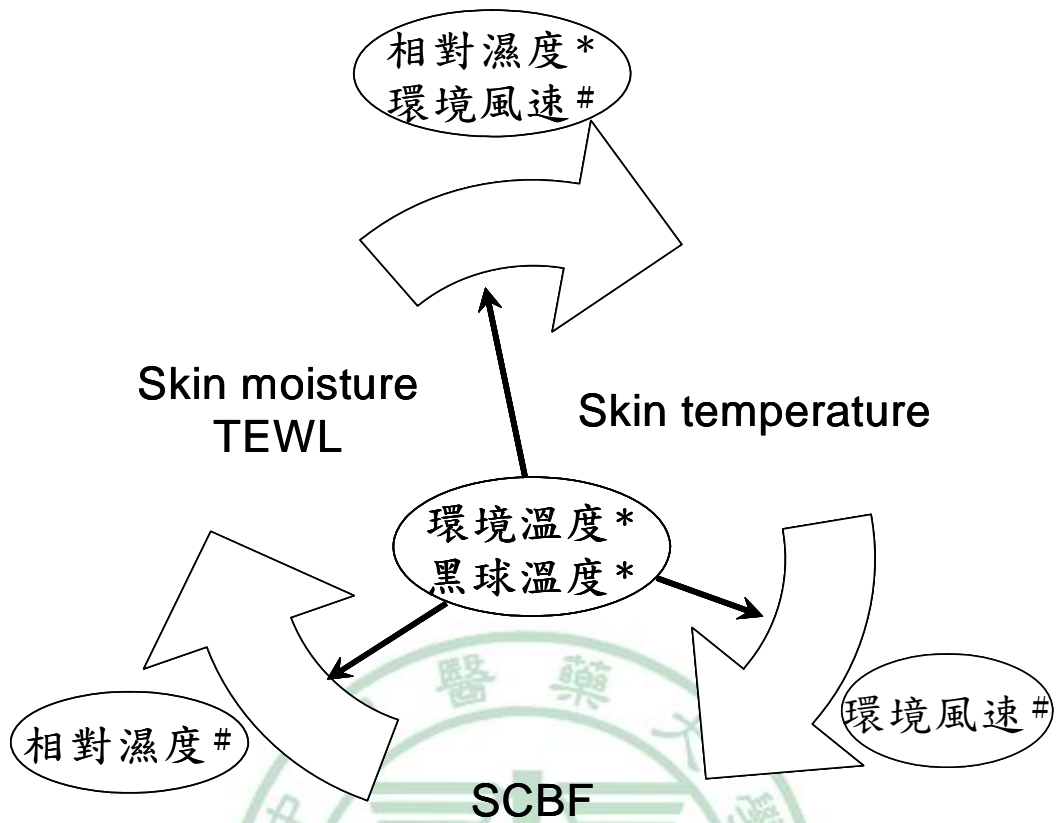


圖 4-59 環境物理因子影響皮膚生理指標間因應熱環境變化之反應-時程關係圖(*表環境物理因子對反應具加強效應、#表環境物理因子對反應具抑制效應)

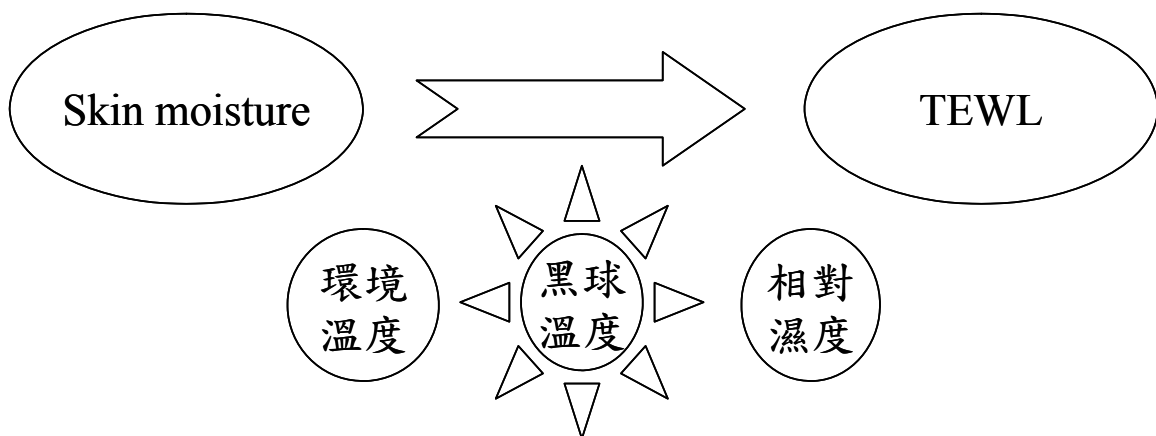


圖 4-60 環境物理因子影響皮膚濕度(skin moisture)與經皮水分散失度(TEWL)間因應熱環境變化之反應-時程關係圖

響推論所得。當輻射熱存在且能量大時，TEWL對應黑球溫度之反應較對應其餘環境物理力明顯，此時皮膚排熱之生理負荷量顯著增加，故熱調節需進行至類排汗階段方可達到散熱需求；以上觀察說明TEWL變化在熱調節反應時程上接續skin moisture之變化發生。此現象在無日光照射之陰涼處並不明顯，可說明當皮膚進行排汗散熱時，皮膚本身之水分會持續累積，直至skin temperature與外界環境重新達到平衡，此時熱調節完成，表皮之水分累積與排汗行為才會停止。



第五章 結論與建議

第一節 結論

本論文調查環境熱因子與夏季日光紫外線對於在使用防曬袖套情形下對人體皮膚生理指標與主觀熱感知之影響，並透過以上影響分析防曬袖套作為日光紫外線防護措施於濕熱地區如我國之適用性。歸納研究結論如下：

1. 使用防曬袖套會阻隔皮膚與外界熱環境之直接接觸；防曬袖套與皮膚間形成獨立之熱環境。該熱環境與外界熱環境之熱交換因隔離而遲滯。在此局部空間內，熱持續散發，造成空間內之熱含量與外界熱環境相較為高，進而產生悶熱感，循環刺激並強化受試者之生理熱調節以滿足散熱需求。在此狀況下，單以皮膚水分蓄積已無法滿足散熱需求，故熱調節進階至類排汗階段，亦即本研究中所觀測之經皮水份散失現象。
2. 與使用防曬袖套或未使用任何防曬措施時相較，受試者使用防曬乳液時手臂皮膚與外界環境直接接觸部位(前臂外側)之皮膚濕度明顯較高。可能原因為防曬乳液本身具保濕效果，故乳液使用皮膚之皮膚濕度於低環境溫度時會高於使用防曬袖套及未使用防曬措施之受試者。此外，防曬乳液在皮膚表面可形成障壁，將皮膚與自然環境阻隔，使皮膚於高溫環境時不易散熱，只能以水分累積方式將體熱

轉移出體外，故在高環境溫度時防曬乳液使用者之皮膚濕度高於使用防曬袖套或未使用任何防曬措施者。

3. 日光照射對於皮膚生理反應以及主觀熱感知之影響具延續性—受試者於曝曬時直接遭受日光紫外線照射，但曝曬時所接受到之輻射熱能量並不因離開日光直射環境而立即消失。此輻射熱能量隨離開日光直射環境之時間增加而逐漸減弱；當皮膚生理指標恢復至接近曝曬前之量測值時，可合理推估輻射熱殘留效應已消失。因不同個體之基礎代謝率不同，故皮膚障壁功能恢復至遭受日光紫外線直接曝曬前之時間長短亦不盡相同。
4. 輻射熱對本研究所調查之皮膚生理變化影響以在遭受日光直接曝曬時較為顯著。皮膚濕度及經皮水份散失量屬於對輻射熱較敏感者。若輻射熱並非熱環境之主要影響因子，則皮膚生理反應當以與環境溫度關聯性良好之皮膚溫度為主。但若熱環境中輻射熱顯著存在，則即便環境溫度相同，皮膚散熱機制亦可能趨動至排汗階段，此時主要生理指標當為皮膚濕度及經皮水份散失量。當輻射熱為影響熱調節之主要環境物理因子時，皮膚濕度為熱調節之主要作為。
5. 透過長期(4個月)觀察防曬袖套使用對累積紫外線曝曬量發現，長期使用防曬袖套可適度降低皮膚對日光紫外線之吸收，有效減少黑色素之生成。建議一般民眾從事戶外活動時宜穿著長袖衣物或使用防

曬袖套，避免手臂皮膚遭受日光紫外線直接照射產生曬傷，但為防止一般民眾手臂皮膚長時間持續處於悶熱環境，進而影響人體生理平衡，建議從事戶外活動時應適時選擇有建築物陰影遮蔽處，避免長時間遭受日光紫外線直接曝曬，且於陰影遮蔽處宜將長袖衣物或防曬袖套移除，減緩皮膚悶熱現象，使人體生理平衡恢復正常狀態。

此外，亦建議勞工從事戶外工作時宜穿著長袖衣物或使用防曬袖套，但避免勞工因長時間連續工作導致人體生理平衡失常，建議勞工應遵從行政院勞委會所頒布之高溫作業勞工作息時間標準第五條分配作業及休息時間，並於休息時將長袖衣物或防曬袖套移除，減緩皮膚悶熱現象，降低勞工於工作場所發生熱危害之機率。

6. 透過戶外日光曝曬實驗結果，本研究進一步推論人體反應熱環境改變時，皮膚生理變化間之反應時程中，環境物理因子對反應時程之影響。結果發現環境溫度以及輻射熱會於皮膚散熱各階段產生顯著影響，而環境相對濕度則於皮膚散熱後期，即皮膚濕度及經皮水份散失量增加期與皮膚溫度最後反應期產生影響。環境風速則對皮膚微血流改變及皮膚溫度造成影響。

第二節 研究限制

本研究中第一階段實驗(暴露艙實驗)中所使用之人工氣候暴露艙之環境溫度控制範圍為 10°C-40°C；環境相對濕度之控制範圍為 30%-80%。

暴露艙控制環境溫濕度時，若欲設之溫濕度接近控制範圍上下限，暴露艙之環境溫濕度穩定度較差，故本階段實驗中所選取之環境溫度為 22、25、28、31、以及 34°C；環境相對濕度為 45、60、以及 75%。惟但台灣地區夏季戶外環境相對濕度可高達 85%，受限於暴露艙之可操作範圍，實驗模擬環境無法完整包括台灣夏季可能出現之高濕環境，故無法利用兩階段實驗比較室內外高濕環境對皮膚生理指標之影響以及在該條件下使用防曬袖套之合適性。

本研究所採用之防曬袖套顏色為灰色，所有實驗組受試者皆為同一款式及顏色。但市面上所販售之防曬袖套具有各式顏色，本實驗為避免袖套顏色差異造成影響，故選用相同顏色之袖套。本研究之設計無法比較不同顏色之防曬袖套防止日光紫外線對人體皮膚之傷害是否具有差異，建議往後研究可朝這方面探討。

本研究使用之測量儀器具偵測極限：測量皮膚溫度之儀器(DermaLab)偵測上限為 40°C。當戶外日光實驗進行時，防曬袖套使用可造成隔離皮膚之表面溫度顯著上升，甚或超越 40°C；但實驗儀器無法精準量測以上數值，亦即無法確切量化防曬袖套對皮膚溫度之影響程度大小。

本研究中受試者所填寫之每週戶外活動紀錄表為計算受試者於實驗期間遭受累積性紫外線曝曬量之重要研究工具，受測者須逐日依外出曝曬情況填表，並於每週一次回繳研究人員。惟戶外活動紀錄表是否精確

反應受測者之每日活動與日光曝曬狀況有待商榷。雖然此類問卷仍為目前研究設計上，瞭解受測者平日外出曝曬情況之便利方法與可行手段，但作為量化評估工具之可信度有待進一步確認。

第三節 應用與建議

目前表述日光紫外線強度常用的方法是以UVI級量數表示紫外線到達地表之能量；在綜合熱環境評估部份則利用WBGT警示室內外環境熱因子之強度。兩者皆為警示環境物理力之常用指標。惟此二警示系統未能明確連結環境中之物理力強度與人體過度暴露時可能產生之健康效應，造成資訊使用者於選擇防護機制時之困難。本研究之發現與成果可循以下方式應用：

1. 利用特定皮膚生理指標作為日光紫外線暴露及防護機制效能之評估工具：如本研究發現黑素指數(M-index)為觀察累積性日光紫外線暴露對皮膚之影響以及不同防曬措施是否可防止皮膚黑素沉澱(曬黑)之良好評估工具。本研究結果發現黑素指數只對日光紫外線暴露產生反應，其餘環境物理因子則無法對其造成影響；且皮膚黑素沉澱屬於慢性暴露之結果，故黑素指數可作為累積性曝曬評估工具。以上皮膚生理指標可配合短期日光紫外線指標(UVI)或長期累積輻射量指標(irradiance)後作為量化警示工具，以彌補目前危害評估與警示資訊上的不足。

2. 運用皮膚濕度與經皮水份散失量作為濕熱環境暴露及日光紫外線防護機制於濕熱環境使用效能之評估工具：如本研究結果發現，皮膚生理指標皮膚濕度與經皮水份散失量對環境熱能量敏感，且當熱環境變化時，此二生理指標於皮膚散熱機制中屬中期反應，可與先期反應(皮膚微血流變化)與末期反應(皮膚溫度)適切區隔，故可應用於觀察人體因應熱環境改變之生理熱調節行為與幅度。此外此二生理指標在使用諸如防曬袖套等日光紫外線防護裝置時之反應幅度與未使用防護裝置時區隔明顯，其中尤以皮膚濕度為甚，有助於評估該類防護裝置使用時對人體熱調節功能及生理衡定之影響，量化可能產生之熱危害。

有關環境熱因子與日光紫外線對於皮膚生理變化之劑量-反應關係以及使用不同防曬措施對人體皮膚之影響已於本研究中建立，建議後續研究議題可進行之方向為：

1. 本研究中發現當處於戶外環境時，輻射熱對皮膚生理指標影響最為明顯。建議後續研究可朝輻射熱相對於其他環境物理因子對人體皮膚散熱機制之影響方面進行探討。
2. 本研究所探討之日光紫外線因受限於資料來源以UVB為主。然UVA是屬於長期暴露下癌症風險較高之日光紫外線型態；後續研究可考慮分別調查UVA與UVB紫外光輻射劑量，進一步探討不同紫外光能

量對皮膚生理指標之影響，亦有助於明確區分日光曝曬之UVA、UVB、以及輻射熱之影響。

3. 本研究中並未調查人體基礎代謝率在生理熱調節機制反應熱環境變化、甚或防曬袖套使用中扮演之角色，然而在第四章中多處觀察發現不同個體之基礎代謝率差別可顯著影響人體皮膚生理反應熱環境變化之方式與幅度，故建議後續研究可同步探討受試者之代謝率變化，進一步研究代謝率對人體皮膚反應熱環境變化之影響程度，以了解不同性別、身高、體重等因素對人體熱適應行為之影響。



參考文獻

1. WHO. (2006). Solar ultraviolet radiation—global burden of disease from solar ultraviolet radiation. Environmental Burden of Disease Series, No. 13. Geneva, Switzerland: World Health Organization (WHO).
2. WHO. (1994). Ultraviolet radiation. Environmental Health Criteria 160. Geneva, Switzerland: World Health Organization (WHO).
3. USEPA. (2006). The burning facts. EPA 430-F-06-013. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Office of Air and Radiation.
4. WHO. (2002). Global Solar UV Index: a practical guide. WHO/SDE/OEH/02.2. Geneva, Switzerland: World Health Organization (WHO).
5. Diffey, B.L. (2002). Source and measurement of ultraviolet radiation. *Methods* 28:4-13.
6. 環境保護署。空氣品質監測網：紫外線監測—認識紫外線。
<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/zh-tw/b12081.aspx>。台北市，台灣：中華民國行政院環境保護署；2010。

7. Farr, P.M., and Diffey, B.L. (1985). The erythematous response of human skin to ultraviolet radiation. *Br J Dermatol* 113: 65-76.
8. Nordlund, J.J., Collins, C.E., and Rheins, L.A. (1981). The proliferative and toxic side effects of ultraviolet light and inflammation on epidermal pigment cells. *J Invest Dermatol* 77:361-368.
9. Kondo, S., Kono, T., Sauder, D.N., and McKenzie, R.C. (1993). IL-8 gene expression and production in human keratinocytes and in their modulation by UVB. *J Invest Dermatol* 101:690-694.
10. Schwarz, A., Bhardwaj, R., Aragane, Y., Mahnke, K., Riemann, H., Metze, D., Luger, T.A., and Schwarz, T. (1995). Ultraviolet-B-induced apoptosis of keratinocytes: evidence for partial involvement of tumor necrosis factor- α in the formation of sunburn cells. *J Invest Dermatol* 104:922-927.
11. Aufiero, B.M., Talwar, H., Young, C., Krishnan, M., Hatfield, J.S., Lee, H.K., Wong, H.K., Hamzavi, I., and Murakawa, G.J. (2006). Narrow-band UVB induces apoptosis in human keratinocytes. *J Photochem Photobiol B: Biol* 82:132-139.
12. Stanojević, M., Stanojević, Z., Jovanović, D., and Stojiljković, M. (2004). Ultraviolet radiation and melanogenesis. *Arch Oncol* 12:203-205.
13. Mommaas, A.M., Mulder, A.A., and Vermeer, B.J. (1993). Short-term

and long-term UVB induced immunosuppression in human skin exhibit different ultrastructural features. *Eur J Morphol* 31:30-34.

14. Narbutt, J., Lesiak, A., Skibinska, M., Wozniacka, A., van Loveren, H., Sysa-Jedrzejowska, A., Lewy-Trenda, I., Omulecka, A., and Norval, M. (2005). Suppression of contact hypersensitivity after repeated exposures of humans to low doses of solar simulated radiation. *Photochem Photobiol Sci* 4:517-522.
15. Steerenberg, P.A., Daamen, F., Weesendorp, E., and Van Loveren, H. (2006). No adaptation to UV-induced immunosuppression and DNA damage following exposure of mice to chronic-UV exposure. *J Photochem Photobiol B: Biology* 84:28-37.
16. WMO. (2007). Scientific assessment of ozone depletion: 2006, pursuant to Article 6 of the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Global Ozone Research and Monitoring Project—Report No. 50. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization (WMO).
17. USEPA. (2006). Human health benefits of stratospheric ozone protection. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Office of Air and Radiation, Global Programs Division.
18. Bernard, T.E. (2002). Thermal stress. In: Plog, B.A., and Quinlan, P.J., eds. *Fundamentals of industrial hygiene*. 5th ed. Itasca, IL: National

Safety Council, pp. 327-356.

19. ACGIH. (2006). Heat stress and strain. Documentation of the TLVs[®] and BEIs[®] with Other Worldwide Occupational Exposure Values. 2006 CD-ROM. Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).
20. 陳玉潔：日光紫外線及溼熱環境之皮膚暴露危害與防曬乳液效能評估。DOSH-0501。台中市，台灣：中國醫藥大學；2010。
21. 吳介銘：發展熱危害與日光紫外線暴露之健康危害生理指標。DOSH-0409。台中市，台灣：中國醫藥大學；2009。
22. Fluhr, J.W., Feingold, K.R., and Elias, P.M. (2006). Transepidermal water loss reflects permeability barrier status: validation in human and rodent *in vivo* and *ex vivo* models. *Exp Dermatol* 15:483-492.
23. Hwang, R.L., Yang, K.H., Chen, C.P., and Wang, S.T. (2008). Subjective responses and comfort reception in transitional spaces for guests versus staff. *Build Environ* 43:2013-2021.
24. ASHRAE. (2004). Thermal environmental conditions for human occupancy. ANSI/ASHRAE 55-2004. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc (ASHRAE).

25. Hodder, S.G., and Ken, P. (2006). The effects of solar radiation on thermal comfort. *Int J Biometeorol* 51:233-250.
26. NIOSH. (2007). A strategy for improvement of skin notations, draft document. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).
27. Haratake, A., Uchida, Y., Schmuth, M., Tanno, O., Yasuda, R., Epstein, J.H., Elias, P.M., and Holleran, W.H. (1997). UVB-induced alterations in permeability barrier function: roles of epidermal hyperproliferation and thymocyte-mediated response. *J Invest Dermatol* 108:769-775.
28. Bissett, D.L., Hannon, D.P., and Orr, T.V. (1987). An animal model of solar-aged skin: histological, physical, and visible changes in UV-irradiated hairless mouse skin. *Photochem Photobiol* 46:367-378.
29. Bronaugh, R.L., and Stewart, R. (1985). Methods for in vitro percutaneous absorption studies V: permeation through damaged skin. *J Pharm Sci* 74:1062-1066.
30. Meguro, S., Arai, Y., Masukawa, Y., Uie, K., and Tokimitsu, I. (2000). Relationship between covalently bound ceramides and transepidermal water loss. *Arch Dermatol Res* 292:463-468.

31. Akitomo, Y., Akamatsu, H., Okano, Y., Masaki, H., and Horio, T. (2003). Effects of UV irradiation on the sebaceous gland and sebum secretion in hamsters. *J Dermatol Sci* 31:151-159.
32. Jiang, S.J., Chen, J.Y., Lu, Z.F., Yao, J., Che, D.F., and Zhou, X.J. (2006). Biophysical and morphological changes in the stratum corneum lipids induced by UVB irradiation. *J Dermatol Sci* 44:29-36.
33. Li, M.J., Lin, S.Y., and Liang, R.C. (1999). Change in the skin moisture contents, skin color, and skin protein conformational structures of Sprague-Dawley rats after Ultraviolet B irradiation. *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol* 12:336-343.
34. Fitzpatrick, T.B. (1988). The validity and practicality of sun-reaction skin types I through VI. *Arch Dermatol* 124:869-871.
35. Takiwaki, H., Shirai, S., Kohno, H., Soh, H., and Arase, S. (1994). The degree of UVB-induced erythema and pigmentation correlate linearly and are reduced in a parallel manner by topical anti-inflammatory agents. *J Invest Dermatol* 103:642-646.
36. Diffey, B.L., Farr, P.M., and Oakley, A.M. (1987). Quantitative studies on UVA-induced erythema in human skin. *Br J Dermatol* 117:57-66.
37. Park, S.-B., Huh, C.-H., Choe, Y.-B., and Youn, J.-I. (2002). Time course

of ultraviolet-induced skin reactions evaluated by two different reflectance spectrophotometers: DermaSepctrophotometer[®] and Minolta spectrophotometer CM-2002[®]. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 18:23-28.

38. Suh, K.-S., Roh, H.-J., Choi, S.-Y., Jeon, Y.-S., Doh, K.-S., Bae, J.-H., and Kim, S.-T. (2007). Long-term evaluation of erythema and pigmentation induced by ultraviolet radiations of different wavelengths. *Skin Res Technol* 13:154-161.
39. Youn, C.S., Kwon, O.S., Hwang, E.J., Jo, S.J., Lee, M.J., Lee, H.S., and Chung, J.H. (2005). The effects of heating and cooling on ultraviolet radiation-induced erythema and pigmentation in human skin. *Photodermatol Photoimmunol Photomed* 21:198-203.
40. Thiele, J.J., Dreher, F., Maibach, H.I., and Packer, L. (2003). Impact of ultraviolet radiation and ozone on the transepidermal water loss as a function of skin temperature in hairless mice. *Skin Pharmacol Appl Skin Physiol* 16:283-290.
41. Shea, C.R., and Parrish, J.A. (1982). Effects of temperature on ultraviolet-induced erythema of human skin. *Arch Dermatol Res* 273:233-239.
42. Maglinger, P.E., Sessler, D.I., and Lenhardt, R. (2005). Cutaneous heat loss with three surgical drapes, one impervious to moisture. *Anesth Analg*

100:738-742.

43. Shvartz, E., Bhattacharya, A., Sperinde, S.J., Brock, P.J., Sciaraffa, D., and van Beaumont, W. (1979). Sweating responses during heat acclimation and moderate conditioning. *J Appl Physiol* 46:675-680.
44. McLellan, K., Petrofsky, J.S., Bains, G., Zimmerman, G., Prowse, M., and Lee, S. (2008). The effects of skin moisture and subcutaneous fat thickness on the ability of the skin to dissipate heat in young and old subjects, with and without diabetes, at three environmental room temperatures. *Medical Engineering and Physics* 31:165-172.
45. Miyai, N., Terada, K., Sakaguchi, S., Minami, Y., Tomura, T., Yamamoto, H., Tomida, K., and Miyashita, Y. (2005). Preliminary study on the assessment of peripheral vascular response to cold provocation in workers exposed to hand-arm vibration using laser Doppler perfusion imager. *Ind Health* 43:548-555.
46. Terada, K., Miyai, N., Maejima, Y., Sakaguchi, S., Tomura, T., Yoshimasu, K., Morioka, I., and Miyashita, K. (2007). Laser Doppler imaging of skin blood flow for assessing peripheral vascular impairment in hand-arm vibration syndrome. *Ind Health* 45:309-317.
47. Eicke, B.M., Milke, K., Schlereth, T., and Birklein, F. (2004). Comparison of continuous wave Doppler ultrasound of the radial artery and laser Doppler flowmetry of the fingertips with sympathetic

stimulation. *J Neurol* 251:958-962.

48. Moor Instruments. (2009). Basic theory and operating principles of laser Doppler blood flow monitoring and Imaging (LDF&LDI), Issue 1. Devon, UK: Moor Instruments, Ltd.
49. Dreher, F., Garbard, B., Schwindt, D.A., and Maibach, H.I. (1998). Topical melatonin in combination with vitamins E and C protects skin from ultraviolet-induced erythema: a human study in vivo. *Brit J Dermatol* 139:332-339.
50. Perugini, P., Vettor, M., Rona, C., Troisi, L., Villanova, L., Genta, I., Conti, B., and Pavanetto, F. (2008). Efficacy of oleuropein against UVB irradiation: preliminary evaluation. *Int J Cosmetic Sci* 30:113-120.
51. Bergersen, T.K., Eriksen, M., and Walløe, L. (1995). Effect of local warming on hand and finger artery blood velocities. *Am J Physiol* 269(2 Pt 2):R325-330.
52. Bergersen, T.K., Eriksen, M., and Walløe, L. (1997). Local constriction of arteriovenous anastomoses in the cooled finger. *Am J Physiol* 273(3 Pt 2):R880-886.
53. Winslow, C.-E.A., Herrington, L.P., and Gage, A.P. (1937). Physiological reactions of the human body to various atmospheric humidities. *Am J Physiol* 120:288-299.

54. Mole, R.H. (1948). The relative humidity of the skin. *J Physiol* 107:399-411.
55. ACS. (2006). Cancer facts & figures 2006. Atlanta, GA: American Cancer Society (ACS).
56. Salas, R., Mayer, J.A., and Hoerster, K.D. (2005). Sun-protective behaviors of California farmworkers. *J Occup Environ Med* 47:1244-1249.
57. Hwang, R.L., Lin, T.P., and Kuo, N.J. (2005). Field experiments on thermal comfort in campus classrooms in Taiwan. *Energ Build* 38:53-62.
58. Lan, L., Lian, Z., Liu, W., and Liu, Y. (2007). Investigation of gender difference in thermal comfort for Chinese people. *Eur J Appl Physiol* 102:471-480.
59. Rich., P.M., Hetrick, W.A., and Saving, S.C. (1995). Modeling topographic influences on solar radiation: a manual for the solar flux model. Report LA-12989-M. Los Alamos, NM: Los Alamos National Laboratory (LANL), US Department of Energy.
60. Diffey, B.L. (2002). Human exposure to solar ultraviolet radiation. *J Cosmet Dermatol* 1:124-130.
61. Turmabull, D.J. and Parisi, A.V. (2010). Latitudinal variations over

Australia of the solar UV-radiation exposures for vitamin D₃ in shade compared to full sun. *Radiat Res* 173:373-379.

62. Trane Inc. (1983). Psychrometric chart (SI units). Pub. No. 1-43.196. La Crosse, WI:Trane, Inc.
63. ISO. (1982). Hot Environments—Estimation of Heat Stress on Working Man Based on the WBGT Index (Wet Bulb Globe Temperature). ISO 7243. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO).
64. 中央氣象局大氣物理科。台中地區紫外光即時監測資料。台北市，台灣：中央氣象局；2010。
65. 尹承達。全球紡織資訊網：衣著常用特性纖維分析表。
<http://www.tnet.org.tw/p4-3-article-detail.aspx?Sid=32&Aid=4554>。台北市，台灣：財團法人紡織產業綜合研究所(Textile Research Institute. All Rights Reserved)；2011。
66. Rosner, B. (2006). *Fundamentals of Biostatistics*. 6th ed. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole, pp. 577-578.

附錄 A 中國醫藥大學公共衛生學院
倫理委員會研究計畫審查同意書





中國醫藥大學公共衛生學院

CHINA MEDICAL UNIVERSITY COLLEGE PUBLIC HEALTH

台中市學士路 91 號

91 Hsueh-Shih Road, Taichung 40402, Taiwan, R.O.C

TEL:(04)22053366 ext:6001

The Institutional Review Board, China Medical University College of Public Health, Taichung, 404 Taiwan

Tel:886-4-22053366 ext:6001 Fax:886-4-2201-9901

Expedited Approval

Date: September 20, 2010

To: Chen-Peng Chen, Assistant Professor, Department of Occupational Safety and Health

From: 

Subject: Evaluation for efficacy of mechanisms protecting against overexposure to solar ultraviolet light and for influences from use of protective mechanisms on health and thermal comfort

The Institutional Review Board met on September 15, 2010, and reviewed the above study protocol. The IRB recommended approval of the protocol for a period until July 31, 2012.

Change in protocol in this project requires its resubmission to the Board. By the end of this period you may be asked to inform the Board on the status of your project. If this has not been completed, you may request renewed approval at that time.

Also, the principal investigator must report to the Chairman of the Institutional Review Board promptly, and in writing, any unanticipated problems involving risks to the study subjects.





中國醫藥大學公共衛生學院

CHINA MEDICAL UNIVERSITY COLLEGE PUBLIC HEALTH

台中市北區學士路 91 號

研究倫理委員會研究計畫同意書

Tel:886-4-22053366 ext:6001 Fax:886-4-2201-9901

主持人：陳振華 助理教授 (職業安全與衛生學系)

計畫名稱：日光紫外線因應防護措施效能及其使用對健康與熱舒適影響評估

編號：

中國醫藥大學公共衛生學院研究倫理委員會已審查通過上述為期二十四個月的研究案。

計畫有效期限到 101 年 7 月 31 日為止。計畫進行期間，應確實遵守研究倫理。該計畫任何部分若欲更改，需向本委員會重新報可。計畫主持人對受試者任何具有危險而且未能預期之問題，需立即向本委員會主任委員提出書面報告。



中國醫藥大學公共衛生學院學術研究人權維護審查小組：

主任委員：

李鴻輝

中華民國 99 年 9 月 20 日

附錄 B 中國醫藥大學公共衛生學院
倫理委員會研究計畫審查申請表



中國醫藥大學研究計畫倫理審查申請表

計畫主持人：

中文：陳振羣

英文：Chen-Peng Chen

執行單位：

中國醫藥大學職業安全與衛生學系

協同研究人員：參與學生廖育賢、曾韋誠、呂羽婷、張詩吟、林王尹女勻

計畫主題：

中文：日光紫外線因應防護措施效能及其使用對健康與熱舒適影響評估

英文：Evaluation for efficacy of mechanisms protecting against overexposure to solar ultraviolet light and for influences from use of protective mechanisms on health and thermal comfort

研究目的：

本研究旨在探討於日常活動中，因遭受熱環境因子(含室內環境微氣候因子及戶外環境之輻射熱因子)及源自自然日光紫外光暴露時，包含皮膚微血流等人體皮膚生理反應之變化趨勢與反應幅度以及其與主觀熱舒適感間之差異。本研究著重於利用以上生理指標評估不同紫外線防護機制(如使用防護衣物或防曬乳液、於戶外活動時尋求遮蔽等)可形成之防護效能，同時評估使用特定防護機制(如防護衣物)對人體熱舒適可能產生之影響，以探討上項防護機制在濕熱地區如我國之適用性。

研究方法：

(1) 研究對象及數目：

20 位本校大學部及碩士班同學(男、女性各 10 位)。

(2) 研究設計及進行步驟：

實驗一(暴露艙實驗)：

於人工氣候環境暴露艙內，在無自然紫外光曝曬情形下，建立實驗參與者不同皮膚生理反應(包含皮膚微血流變化、經皮水分散失度、紅斑生成指數、黑色素沉澱指數、皮膚溼度、以及皮膚溫度)在未使用或使用日光紫外線防護機制(防曬袖套、防曬乳液)狀況下，隨不同環境熱因子之組合(包含環境溫度、環境相對濕度、環境風速、及模擬輻射熱)產生之變化，以：1)評估以上生理指標反應人體在使用防曬機制時對熱環境感受之有效性；及2)比較以上生理指標當使用防曬機制時隨熱環境改變之反應時程關係(time-course relationships)；3)探討主觀熱感受與客觀生理指標間之異同及使用防曬機制造成之影響。

實驗二(日光照射實驗)：

模擬學生於日常戶外活動狀態下，於戶外接受紫外光曝曬後，上述生理指標隨不同環境熱因子之組合(包含環境溫度、環境相對濕度、環境風速、及輻射熱)以及短期(10分鐘)與累積性(10分鐘×16次)日光輻射產生之變化，以了解：1)以上生理指標在使用防曬機制時反應短期與長期日光紫外線暴露生成健康效應之有效性；及2)建立上述指標與自然紫外光曝曬強度之量化或半量化關係及使用防曬機制對上項關係之影響，作為量化評估防護效能之基礎。

(3) 研究期限及進度

2010.08.01-2012.07.31

(4) 追蹤或介入計畫

本研究不會進行追蹤計畫或介入研究計畫。

(5) 評估及統計方法

本研究將熱感覺指標問卷、皮膚微血流測量及其他生理指標評估熱環境因子及戶外紫外線暴露；預計使用的統計方法有重複量數變異數分析(repeated measures ANOVA)、獨立 t 檢定(independent *t* test)、多項式複迴歸分析(multiple regression analysis)。

預期研究效果：

實驗一為於預設環境溫溼度之人工氣候暴露艙量測在使用或未使用防曬機制狀況下各皮膚生理指標與人體熱舒適感隨環境溫濕度改變所產生之變化，預期建立生理指標與熱暴露間之劑量－反應關係(dose-response relationship)、生理指標間之反應－時程關係(time-course relationship)、主客觀指標間之可能差異，以及防曬機制之使用對以上關係之量化影響；實驗二為於戶外定點、定時進行為期八週之實驗；實驗量測人體皮膚在使用防曬機制時接受短期與長期之日光紫外光輻射後上項生理指標之改變，以建立生理指標與物理力間之劑量－反應關係、熱感知與生理指標間之異同、以及採行防曬措施時主觀熱感知與客觀生理指標之變化。以上兩階段之數據將彙整透過統計分析探討各物理力影響不同皮膚生理指標之顯著性及量化幅度，以建立具危害警示功能之預測模式，並有效評估不同防曬機制之有效性及於濕熱地區如我國之適用性。

可能傷害或危險性及處理：

本實驗均非侵入性實驗，所有生理指標之測量均不牽涉生物樣本之採集。實驗規畫方面：於人工氣候環境採用之環境溫濕度等均為台灣地區典型之環境溫濕度。戶外測量方面，每次曝曬時間為上午 10 時整，為時僅 10 分鐘(世界衛生組織量測最低致紅劑量之標準曝曬時間)，故以上實驗不會對參與人員構成傷害。

執行本計畫是否會損害受訪者的權益：

實驗開始前會先與受測者講解實驗過程，並讓受測者詳讀過同意書並簽名，確認受試者了解實驗內容後才開始實驗。同時受試者若意向改變，可隨時停止參與。對於個人資料本研究團隊絕對保密。本計劃之對象若包含本校學生，本校學生之參與純屬自願，無損學生成績等權益。

所需藥品或儀器設備之名稱和數量：

1. CORTEX DERMA LAB SYSTEM
2. DSM II COLORMETER
3. MoorLab laser Doppler skin blood flow monitor
4. 綜合溫度熱指數(Wet-Bulb Globe Temperature, WBGT)測量計

所需費用及其來源：

本研究計畫所需經費由行政院國家科學委員會整合型研究計畫「由綠建築邁向生態城市－以健康舒適及節能減熱觀點營造適應氣候之都市環境」下之子計畫二「日光紫外線因應防護措施效能及其使用對健康與熱舒適影響評估」(NSC99-2221-E-039-015-MY2)。

本計畫執行中若有牽涉受訪者個人隱私等相關權益，主持人需善盡保密之義務。

主持人簽章：

日期：

執行單位主管意見：

簽章：

日期：

*本會不受理具醫療效應之人體試驗或研究。

The logo of National Sun Yat-sen Medical University is a circular emblem. It features a central caduceus (a staff with two snakes and wings) superimposed on a background of a sunburst. The Chinese characters "國立醫藥大學" are arranged around the top inner edge of the circle, and "NATIONAL SUN YAT-SEN MEDICAL UNIVERSITY" is written around the bottom inner edge. There are also small floral motifs on the sides.

附錄C 實驗受試者基本資料調查(受試者基本資料問卷、受試者指引說明、受試者同意書、每週戶外活動紀錄表)

附錄 C-1 受試者基本資料問卷

中國醫藥大學 職業安全與衛生學系

※個人基本資料※

您好，感謝您填寫本問卷。本問卷目的在瞭解室內濕熱環境變化對皮膚維持生理恆定功能的影響，以評估皮膚生理反應做為環境舒適性指標的可行性。本問卷僅供學術研究探討，不另作他用，敬請惠予支持與協助。

中國醫藥大學職業安全與衛生學系 皮膚防護研究室 敬上
聯絡人：陳振羣老師 電話(研究室)：(04) 22053366 #6207

填表日期：____年____月____日

一、 基 本 資 料	<p>1. 姓名：_____</p> <p>2. 性別： <input type="radio"/>男 <input type="radio"/>女</p> <p>3. 生日：_____年_____月_____日</p> <p>4. 聯絡電話：_____</p> <p>5. 身高：_____公分、體重：_____公斤、BMI：_____ [BMI = 體重(公斤)÷身高²(公尺)]</p>
------------------------	---

(在過去半年內是否有以下情形發生？若有則請依發生頻率勾選)								
症狀種類		從未 (0%)	偶爾 (1~25%)	普通 (26~50%)	經常 (51~75%)	一直 (76%~)	症狀何時 開始？(年/月)	症狀是否具 持續性？
二、個人皮膚生理狀況	自覺狀況	皮膚乾澀	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
		皮膚紅腫	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
		皮膚刺激 (癢、痛)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
非自覺狀況 (經醫師診斷)		氣喘	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
		支氣管炎	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
		過敏性鼻炎	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
		異位性皮膚炎	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
		皮膚過敏	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

三、戶外活動狀況

以下問題所指的“夏季期間”為5月至8月；“白日”為上午7點至晚間7點

1. 夏季期間白日您大約一天外出活動多久？

- 1小時以下 1小時至2小時 2小時至4小時 4小時以上

2. 在以上的外出活動中可能直接受陽光照射(未使用防護措施)的時間多久？

- 1小時以下 1小時至2小時 2小時至4小時 4小時以上

3. 您平常外出時的活動地點：

- 絕大多數在室內 絕大多數在室外
 室內外兩者皆有，但室外時間較長
 室內外兩者皆有，但室內時間較長
 室內外兩者皆有，且兩者時間差不多

4. 您在平日外出時會使用防護措施嗎？

會 (回答「會」者請自以下選項中勾選防護措施；可複選，若複選時請就您的選項依曝曬頻率高低編號，頻率最高者為1，以此類推) 不會

防護衣物(遮陽帽、太陽眼鏡、外套、手套等)

陽傘

防曬乳或防曬霜：常用品牌_____；防曬係數(SPF)_____；UVA PA_____

使用頻率：每日早上出門前擦拭一次；每日定期擦拭：次數_____；每

次大約時間_____；出門時擦拭及流汗後補充；其他_____

其他_____

5. 您在平日外出時容易受到陽光照射的皮膚包括哪些部位？(可複選，若複選時請就您的選項依曝曬頻率高低編號，頻率最高者為1，以此類推)

- 顏面 頸部 上臂 下臂 (不含手掌與手背) 手掌與手背 小腿 大腿

四、夏季衣著量

以下問題所指的“夏季期間”為 5 月至 8 月；“白日”為上午 7 點至晚間 7 點

1. 夏季期間白日您外出活動時最常穿著之衣物包括(可複選，若複選時請就您的選項依衣著頻率高低編號，頻率最高者為 1，以此類推)：

種類	穿著頻率高低順位	約佔所有時間百分比
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，皮鞋/休閒鞋，無/短襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，皮鞋/休閒鞋，無/短襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，皮鞋/休閒鞋，無/短襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，皮鞋/休閒鞋，及膝襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，皮鞋/休閒鞋，及膝襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，皮鞋/休閒鞋，及膝襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，皮鞋/休閒鞋，長褲襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，皮鞋/休閒鞋，長褲襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，皮鞋/休閒鞋，長褲襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，球鞋，無/短襪		

短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，球鞋，無/短襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，球鞋，無/短襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，球鞋，及膝襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，球鞋，及膝襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，球鞋，及膝襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，球鞋，長褲襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，球鞋，長褲襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，球鞋，長褲襪		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，拖鞋		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，拖鞋		
短褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，拖鞋		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，皮鞋/休閒鞋，無/短襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，皮鞋/休閒鞋，無/短襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，皮鞋/休閒鞋，無/短襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，皮鞋/休閒鞋，及膝襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，皮鞋/休閒鞋，及膝襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，皮鞋/休閒鞋，及膝襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，皮鞋/休閒鞋，長褲襪		

及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，皮鞋/休閒鞋，長襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，皮鞋/休閒鞋，長襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，球鞋，無/短襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，球鞋，無/短襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，球鞋，無/短襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，球鞋，及膝襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，球鞋，及膝襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，球鞋，及膝襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，球鞋，長襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，球鞋，長襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，球鞋，長襪		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，拖鞋		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，拖鞋		
及膝褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，拖鞋		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，皮鞋/休閒鞋，無/短襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，皮鞋/休閒鞋，無/短襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，皮鞋/休閒鞋，無/短襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，皮鞋/休閒鞋，及膝襪		

長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，皮鞋/休閒鞋，及膝襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，皮鞋/休閒鞋，及膝襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，皮鞋/休閒鞋，長褲襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，皮鞋/休閒鞋，長褲襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，皮鞋/休閒鞋，長褲襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，球鞋，無/短襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，球鞋，無/短襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，球鞋，無/短襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，球鞋，及膝襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，球鞋，及膝襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，球鞋，及膝襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，球鞋，長褲襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，球鞋，長褲襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，球鞋，長褲襪		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，拖鞋		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，背心，拖鞋		
長褲/裙，短袖襯衫/ T-shirt，薄外套，拖鞋		

附錄 C-2 受試者指引說明

受試者指引說明

各位受試者您好：

歡迎參與「應用非侵入性皮膚微血流測量評估熱環境暴露」研究。本研究分為兩階段進行，第一階段為暴露艙實驗，第二階段為戶外日光實驗。此研究目的在於建立各生理指標(包含皮膚微血流變化(SCBF)、經皮水分散失度(TEWL)、紅斑生成指數(Erythema index)、色素沉澱指數(Melanin index)、皮膚溼度、皮膚溫度)在有無自然陽光曝曬、穿著長袖衣物及配戴手套及受測人員正常活動情形下，隨環境溫度及相對濕度產生之變化，以了解：1)以上生理指標於皮膚表面以日光遮蔽物(袖套)覆蓋時反應短期與累積性日光紫外線暴露生成健康效應之有效性；2)建立上述指標與自然紫外光曝曬強度之量化或半量化劑量-反應關係；及3)建立上述指標因應自然紫外光曝曬產生變化間之時程-反應關係。

本研究僅供學術研究探討，不另作他用，敬請惠予支持與協助。以下為各實驗階段之指引說明，請各位受試者務必遵守，如有疑問，請立即提出詢問，謝謝。

中國醫藥大學職業安全與衛生學系 皮膚防護研究室 敬上

研究主持人：陳振華 聯絡電話：研究室 0422053366#6207

研究聯絡人：廖育賢 聯絡電話：研究室 0422053366#6207

第一階段實驗(暴露艙實驗)：

1. 請各位受試者測時上身服裝為短袖衣物；受試者可選擇穿著短褲或長褲，但在實驗期間穿著須一致。
2. 參與人員於測量期間不可施用乳液、化妝、及藥用等任何產品。
3. 實驗場所為中國醫藥大學立夫教學大樓 16 樓職安系環境暴露艙，請各受試者於實驗前 10 分鐘到達；測量日期為 10 月份起連續十二周。
4. 量測將依照下列溫濕度之組合進行 15 次；溫度：22、25、28、31、與 34 °C；溼度：45、60、與 75 %。預計各組合之量測需一個工作天完成。此外於環境溫度為 28 °C 及相對溼度 60 %時，依據不同風速(無、低、中與高)進行 3 次量測。預計各組合之

量測需一個工作天完成。

5. 受測人員於測量前先進入暴露艙維持靜止狀態 30 分鐘，以適應暴露艙內之熱環境，並確定皮膚處於乾燥狀態。
6. 適應期結束後，分別於受測人員前臂外測距腕關節約 10 cm 處與上臂內側距肘關節約 15 cm 處依序測量 SBFC、TEWL(及皮膚溫度)、皮膚溼度、Erythema index、及 Mmelanin index 值。
7. 熱舒適問卷調查將於每次進入暴露艙時與測量前各進行一次；問卷填寫完畢，請繳回至工作人員。
8. 若在實驗過程中，受測人員有任何身體不適，請立即向工作人員反應。

第二階段實驗(戶外日光照射實驗)：

9. 請各位受試者測時上身服裝為短袖衣物；受試者可選擇穿著短褲或長褲，但在實驗期間穿著須一致。
10. 參與人員於測量期間不可施用乳液、化妝、及藥用等任何產品。
11. 實驗場所為中國醫藥大學立夫教學大樓中庭草皮區附近可受陽光照射處及立夫教學大樓中庭咖啡座休息區，請各受試者於實驗前 10 分鐘到達；測量日期為 7 月 5 日(一)至 8 月 26 日(四)起連續八周，每周進行 2 次實驗。
12. 受測人員於測量前先於日光曝曬處維持靜止狀態 10 分鐘、陰涼處維持靜止狀態 20 分鐘，並確定皮膚處於乾燥狀態。
13. 適應期結束後，分別於受測人員前臂外測距腕關節約 10 cm 處與上臂內側距肘關節約 15 cm 處依序測量皮膚溼度、SCBF、TEWL(及皮膚溫度)、Erythema index 及 Mmelanin index 值。
14. 熱舒適問卷調查將於每次實驗中測量生理指標前進行填寫；問卷填寫完畢，請繳回至研究人員。
15. 若在實驗過程中，受測人員有任何身體不適，請立即向工作人員反應

附錄 C-3 受試者同意書



受測者同意書

姓名：_____

受測者編號：_____

1. 本人同意參加日光紫外線及濕熱環境之皮膚暴露危害與防曬乳液效能評估之研究計畫，將據實填寫個人基本資料。
2. 本人於受測前六個月內無接觸型刺激性及過敏性皮膚炎。
3. 本人同意參與本研究同時確認在實驗開始前一個月內並未使用手部防曬乳液及保養品。
4. 本人已詳細閱讀研究「受試者指引說明」並且了解研究流程及步驟，願意配合遵守各相關規定。
5. 本人願意全程參與戶外日光實驗，並完成全部實驗(共十六次；為期八週)，再領取受測費用。
6. 本人願意於戶外日光實驗結束後，全程參與暴露艙實驗，完成全部實驗(共十八次；為期六週)，再領取受測費用。
7. 本人了解本實驗所蒐集到的相關個人資料，將被妥善完整保存，而本人姓名不會出現在任何報告中。

同意人簽名：_____

實驗人員簽名：_____

日期：_____年_____月_____日

附錄 C-4 每週戶外活動紀錄表

每週戶外活動紀錄表-實驗組(固定使用防曬袖套組)

填表說明：請於下表詳實記錄您本周每日進行戶外活動時前臂外側受測區域直接遭受陽光照射之時間長度。時間長度之代號為：A. 小於 10 分鐘；B. 約 10 至 20 分鐘；C. 約 20 至 30 分鐘；D. 約 30 至 40 分鐘；E. 約 40 至 50 分鐘；F. 約 50 至 60 分鐘。若有特殊陽光暴露情形，請於「備註事項」欄說明。

受試者姓名：_____

本週週一為 99 年____月____日

	週一	週二	週三	週四	週五	週六	週日
7 am ~ 8 am							
8 am ~ 9 am							
9 am ~ 10 am							
10 am ~ 11 am							
11 am ~ 12 pm							
12 pm ~ 1 pm							
1 pm ~ 2 pm							
2 pm ~ 3 pm							
3 pm ~ 4 pm							
4 pm ~ 5 pm							
5 pm ~ 6 pm							
備註事項							

每週戶外活動紀錄表-控制組(未使用防曬袖套組)

填表說明：請於下表詳實記錄您本周每日進行戶外活動時前臂外側受測區域直接遭受陽光照射之時間長度。時間長度之代號為：A. 小於 10 分鐘；B. 約 10 至 20 分鐘；C. 約 20 至 30 分鐘；D. 約 30 至 40 分鐘；E. 約 40 至 50 分鐘；F. 約 50 至 60 分鐘。若有特殊陽光暴露情形，請於「備註事項」欄說明。

受試者姓名：_____

本週週一為 99 年____月____日

	週一	週二	週三	週四	週五	週六	週日
7 am ~ 8 am							
8 am ~ 9 am							
9 am ~ 10 am							
10 am ~ 11 am							
11 am ~ 12 pm							
12 pm ~ 1 pm							
1 pm ~ 2 pm							
2 pm ~ 3 pm							
3 pm ~ 4 pm							
4 pm ~ 5 pm							
5 pm ~ 6 pm							
備註事項							

附錄 D 環境熱舒適問卷



日期：_____ 時間：_____

濕熱環境舒適性問卷

您好。感謝您填寫本問卷。本問卷目的在瞭解室內濕熱環境變化對皮膚維持生理恆定功能的影響，以評估皮膚生理反應做為環境舒適性指標的可行性。本問卷僅供學術研究探討，不另作他用，敬請惠予支持與協助。

中國醫藥大學職業安全與衛生學系 皮膚防護研究室 敬上
聯絡人：陳振華老師 聯絡電話：研究室 0422053366#6207

受訪者基本資料

1.姓名：_____組別：_____年紀：_____身高：_____cm 體重：_____Kg

以下的問題目的為了解您對目前室內狀況的感覺：

2-1 請根據您目前整個熱環境的感覺，直接圈選合適的數值代表

Cold	Cool	Slightly Cool	Neutral	Slightly Warm	Warm	Hot
-3	-2	-1	0	1	2	3
冷	涼	微涼	剛好	微暖	暖	熱

2-2 【 】 您覺得目前整體的熱環境：

1.可接受 2 不接受： 過冷； 過熱

2-3 【 】 您覺得目前整體的熱環境：

1.舒適 2.不舒適

請根據您目前對整個環境的溫度感覺回答：

3-1 【 】 您覺得目前環境的溫度：

1.可接受 2 不接受： 過冷； 過熱

3-2 【 】 您覺得目前環境的溫度：

1.舒適 2.不舒適

請根據您目前對整個環境的溼度感覺回答：

4-1 【 】 您覺得目前環境的溼度：

1.可接受 2 不接受： 過濕； 過乾

4-2 【 】 您覺得目前環境的溼度：

1.舒適 2.不舒適

The logo of China Medical University is a circular emblem. It features a central caduceus (a staff with two snakes entwined and wings at the top). The Chinese characters "中國醫藥大學" are arranged around the top inner edge of the circle, and "CHINA MEDICAL UNIVERSITY" is written around the bottom inner edge. The entire logo is rendered in a light green color.

附錄 E 台灣中部地區 99 年夏季(7 至 10 月)每日紫外線指數即時測報資料(UVI)

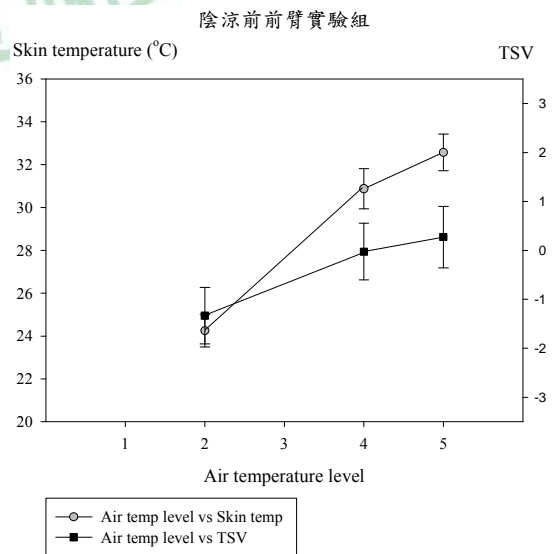
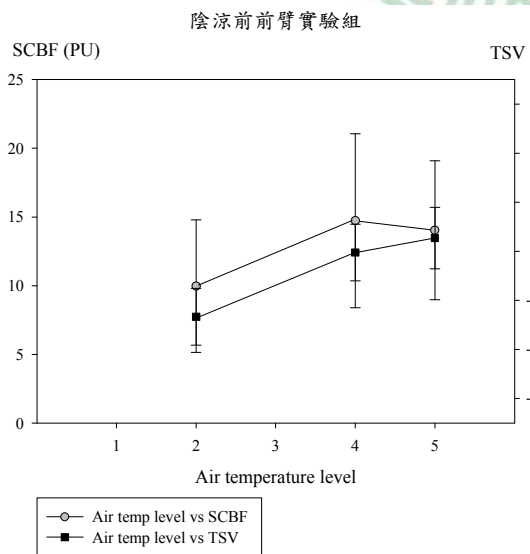
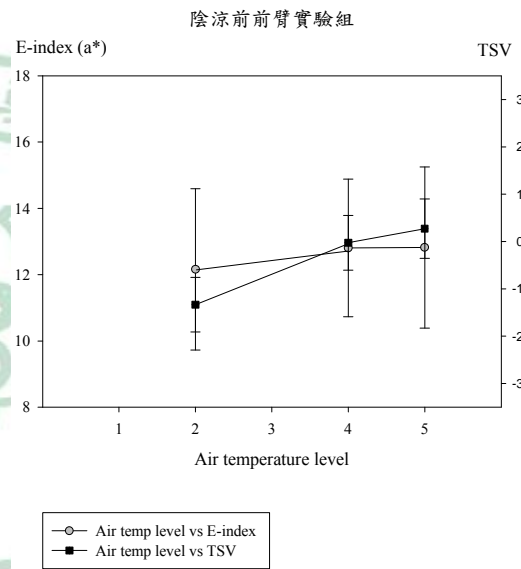
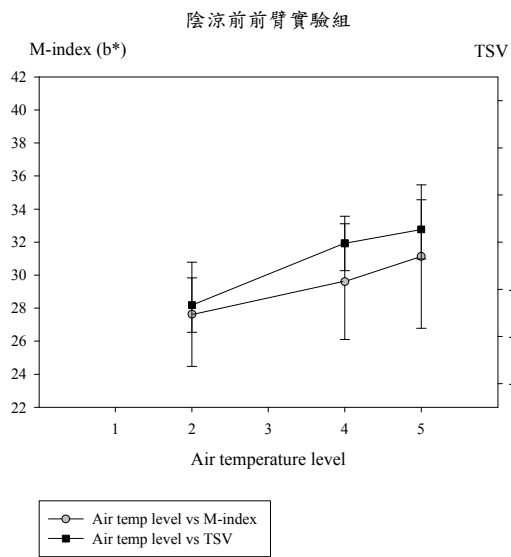
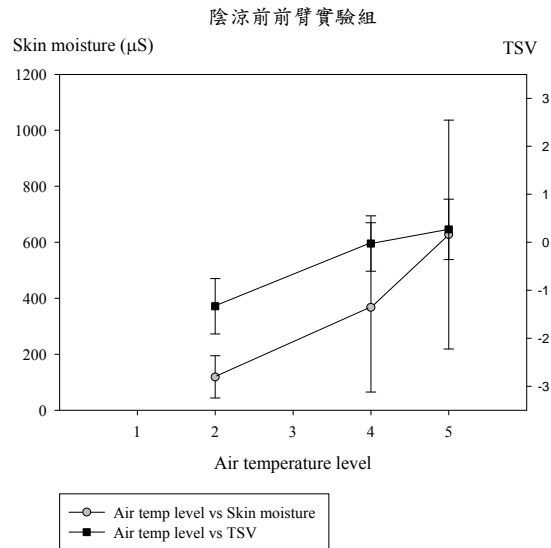
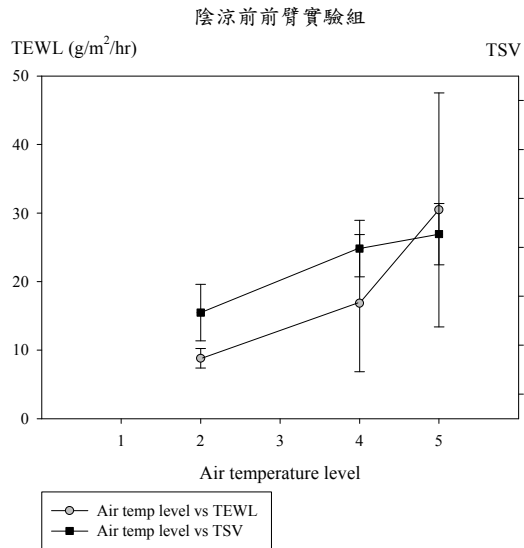
附錄 F 戶外日光實驗環境物理因子與主客觀
指標間之關係

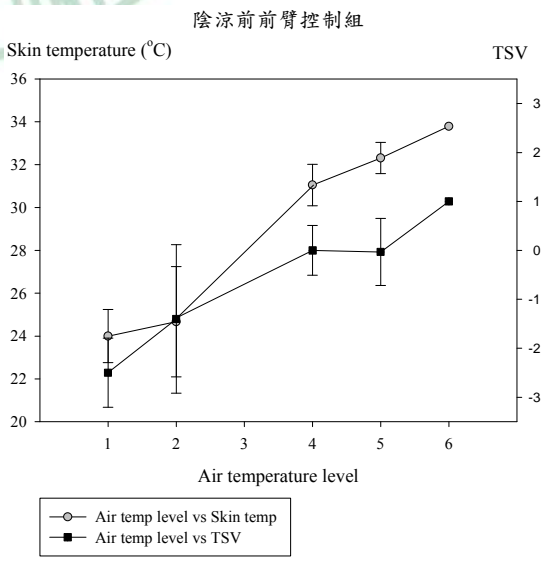
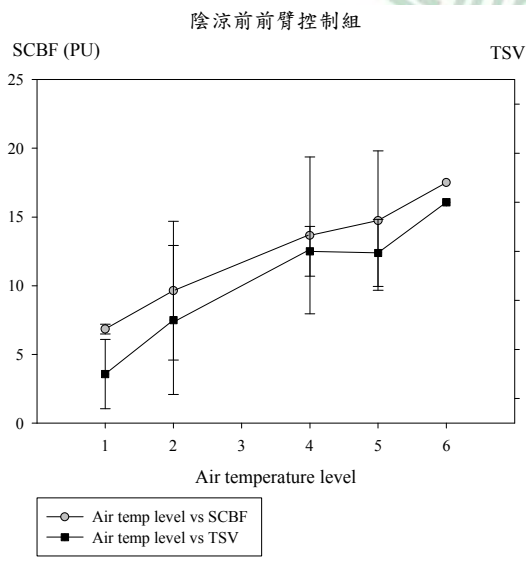
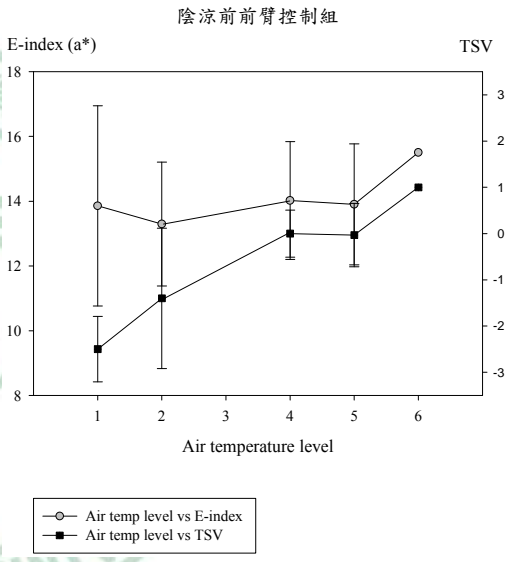
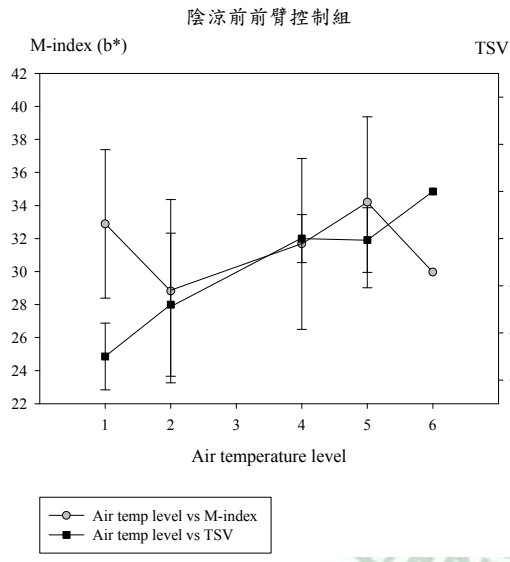
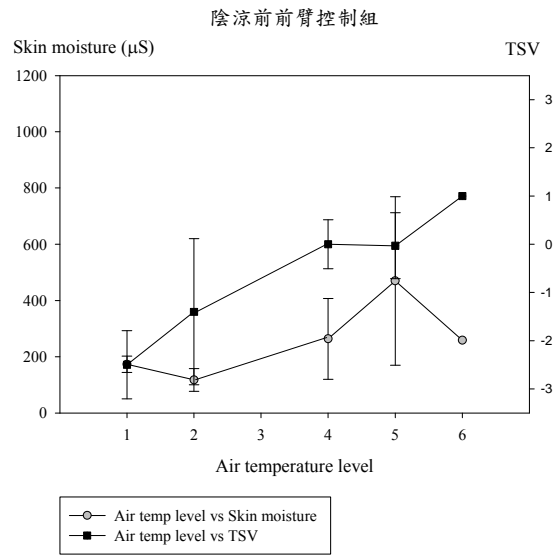
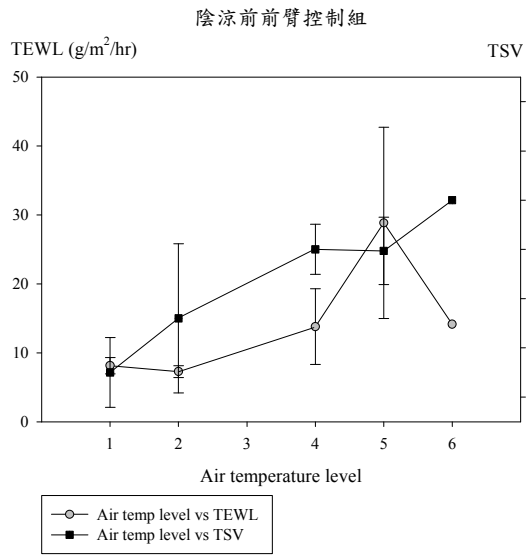


各環境物理因子分級標準

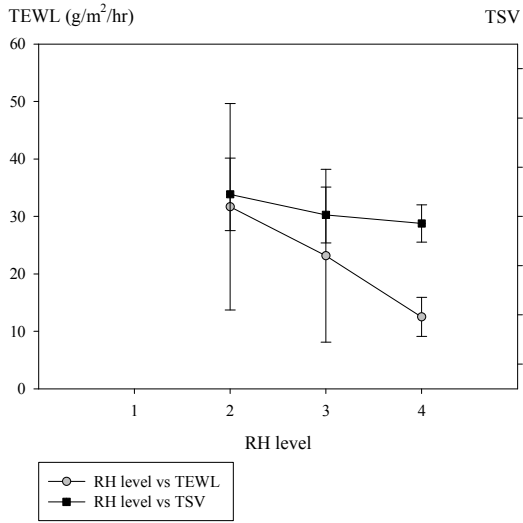
Air temperature level	Relative humidity level	Wind speed level
Level 1: < 22°C	Level 1: < 45%	Level 1: 0 m/s - 0.5 m/s
Level 2: 22°C - 25°C	Level 2: 45% - 60%	Level 2: 0.5 m/s - 1 m/s
Level 3: 25°C - 28°C	Level 3: 60% - 75%	Level 3: 1 m/s - 1.5 m/s
Level 4: 28°C - 31°C	Level 4: > 75%	Level 4: 1.5 m/s - 2 m/s
Level 5: 31°C - 34°C		Level 5: 2 m/s - 2.5 m/s
Level 6: > 34°C		Level 6: > 2.5 m/s

UVI level	GB level	WBGT level
Level 1: 0 - 3	Level 1: < 26.5°C	Level 1: < 21°C
Level 2: 3 - 6	Level 2: 26.5°C - 28°C	Level 2: 21°C - 25°C
Level 3: 6 - 8	Level 3: 28°C - 29°C	Level 3: 25°C - 29°C
Level 4: 8 - 11	Level 4: 29°C - 31°C	Level 4: 29°C - 34°C
Level 5: > 11	Level 5: > 31°C	Level 5: 34°C - 38°C
		Level 6: > 38°C

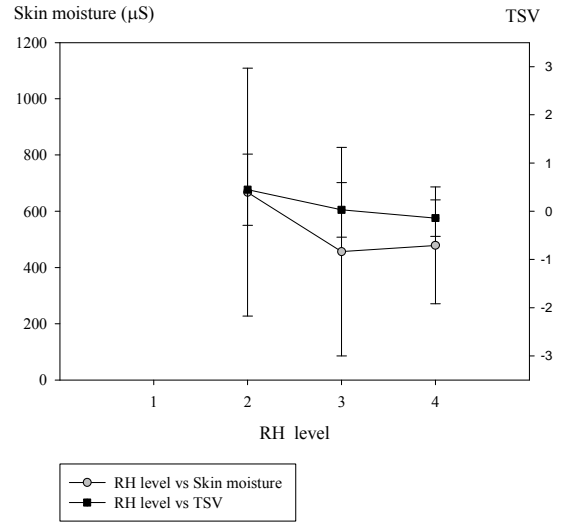




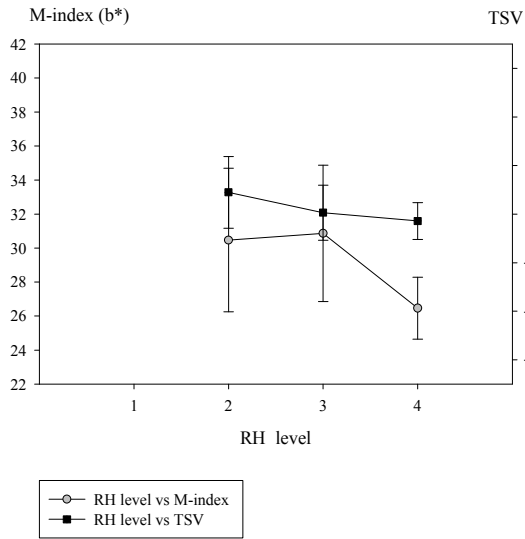
陰涼前前臂實驗組



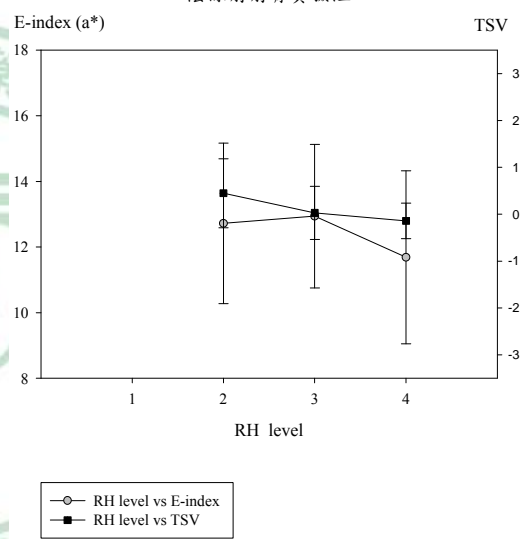
陰涼前前臂實驗組



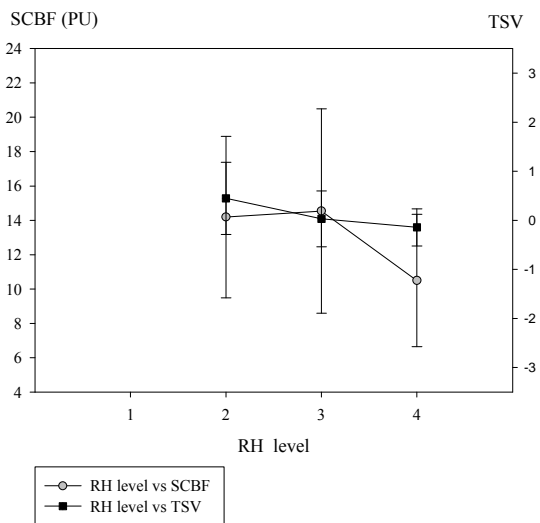
陰涼前前臂實驗組



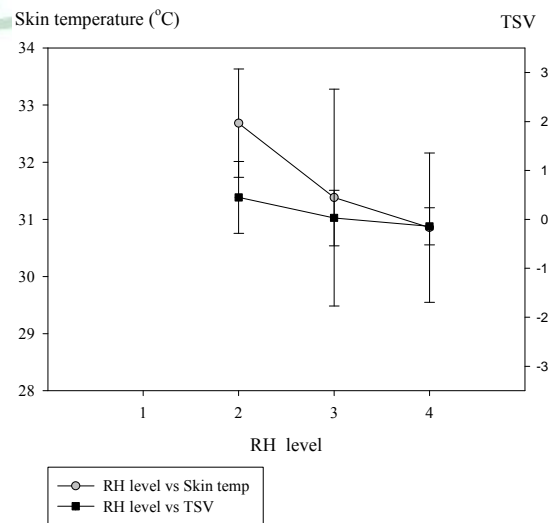
陰涼前前臂實驗組

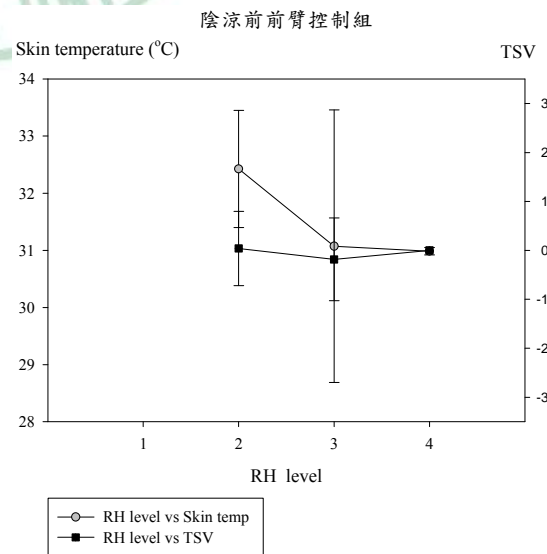
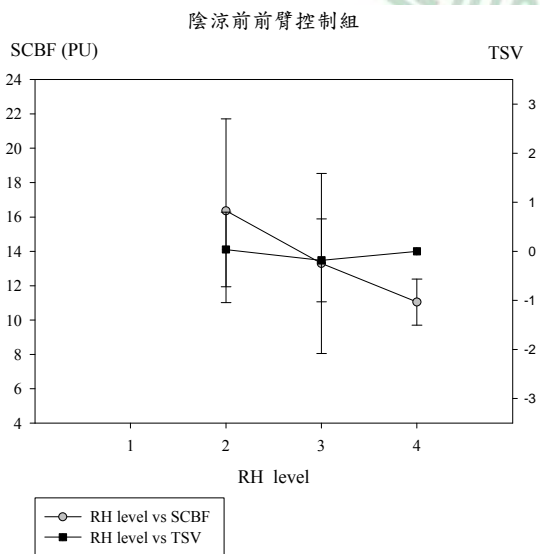
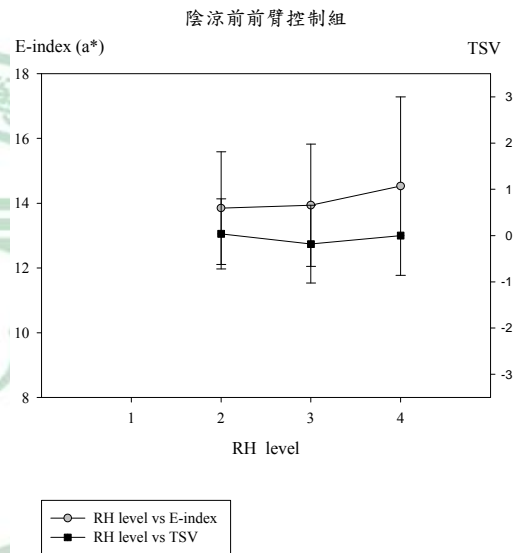
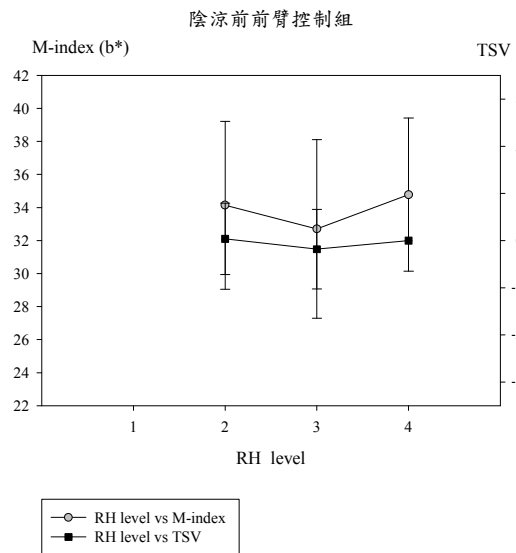
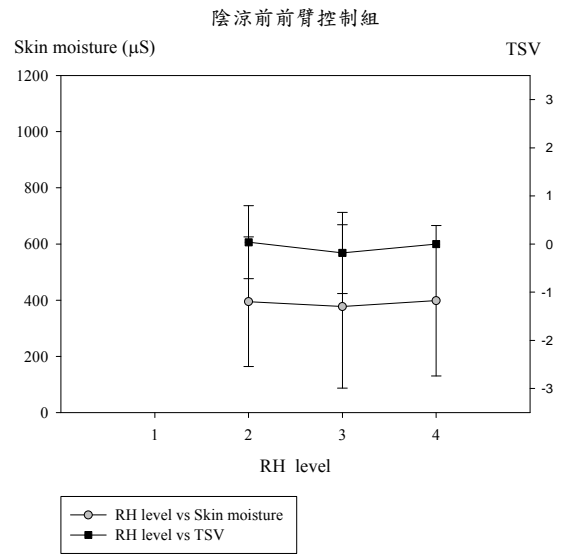
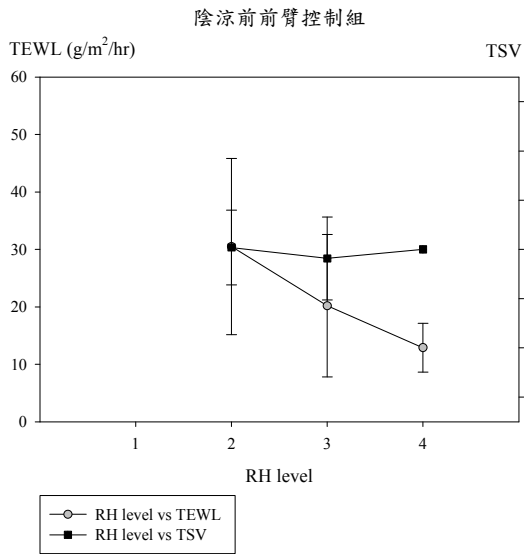


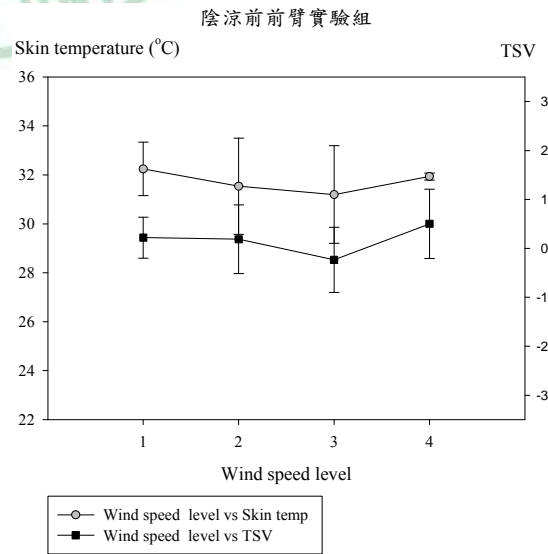
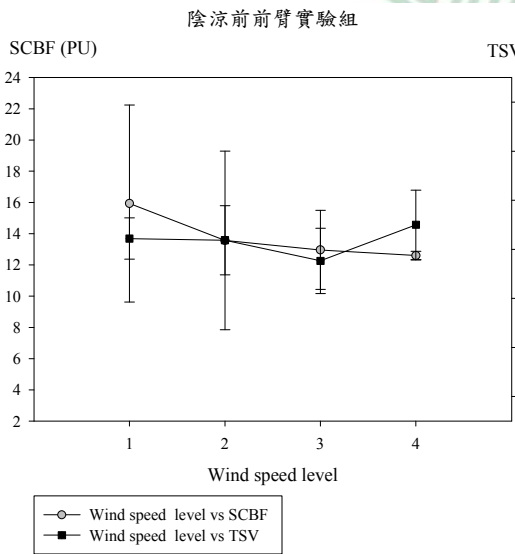
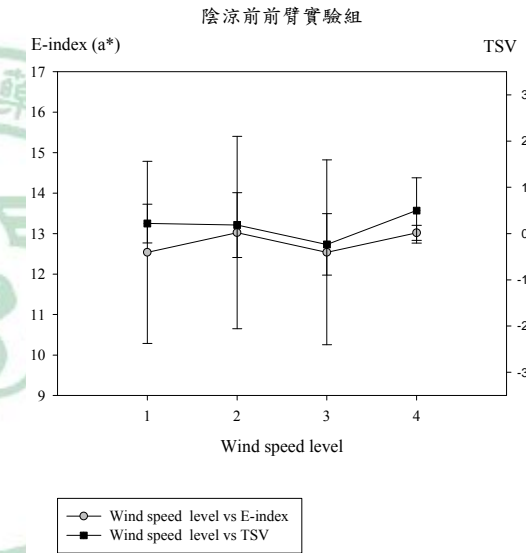
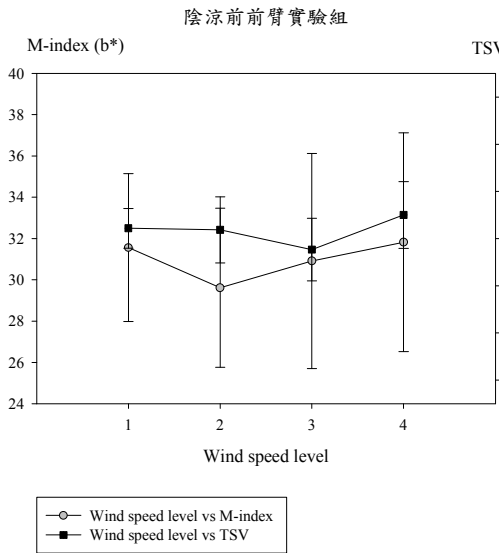
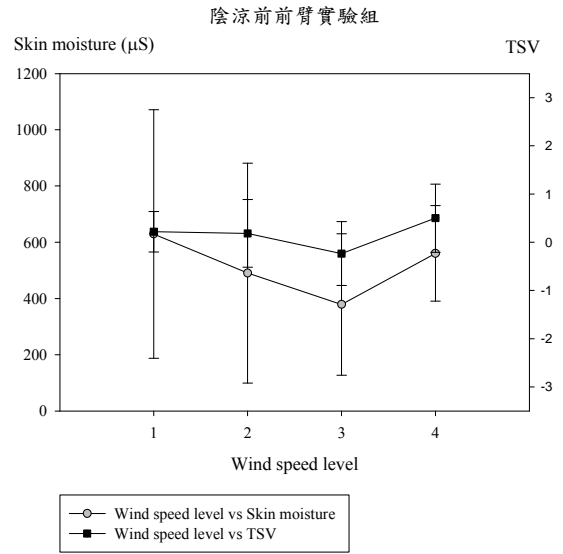
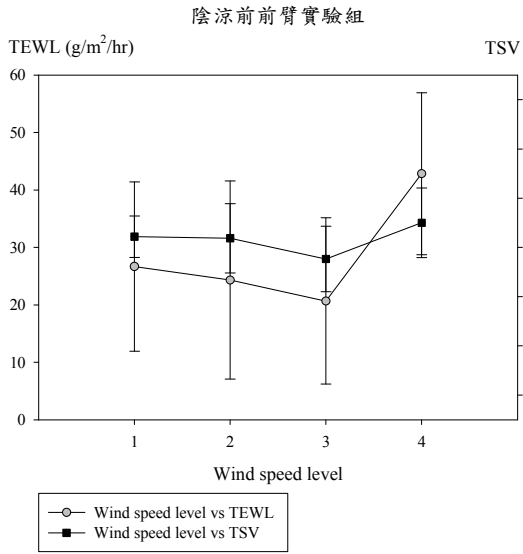
陰涼前前臂實驗組

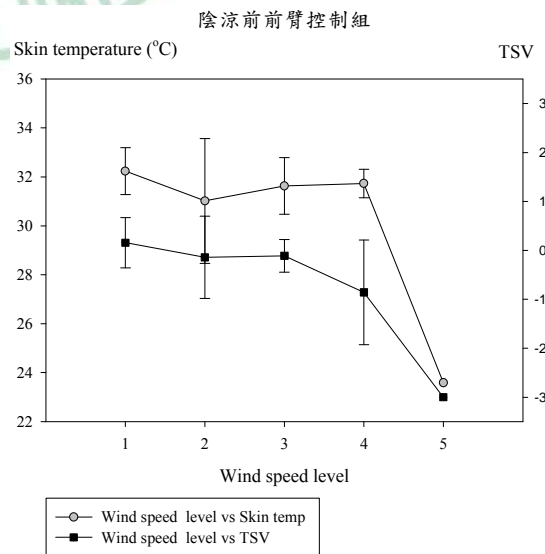
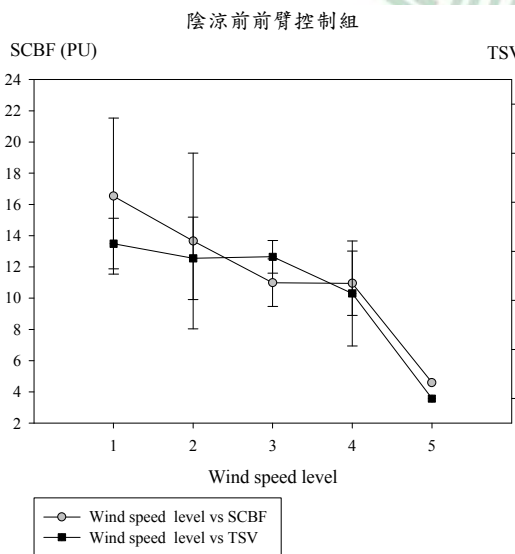
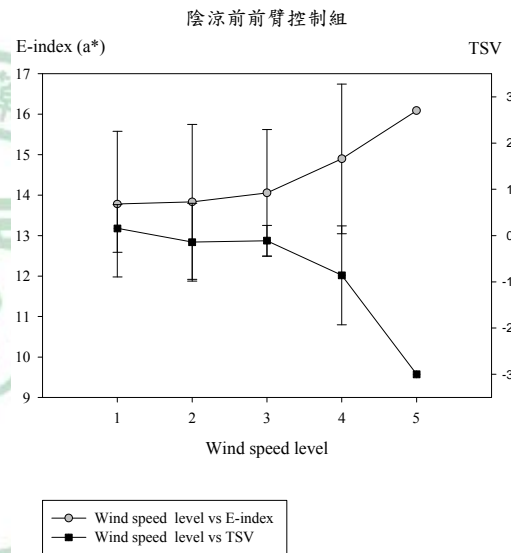
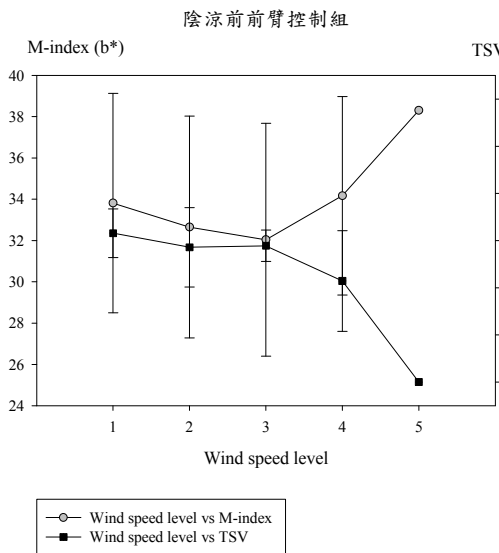
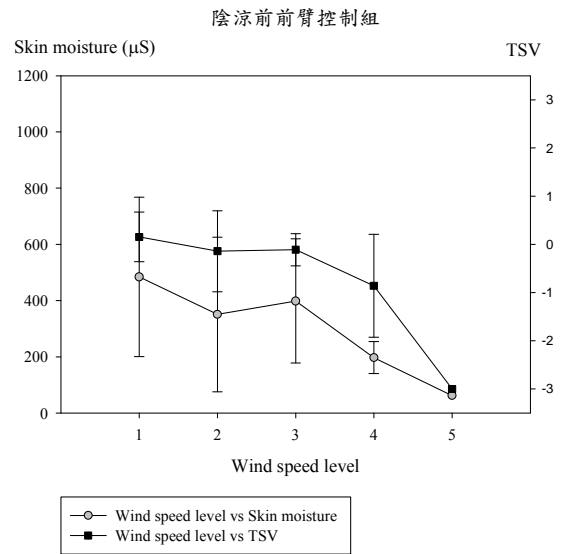
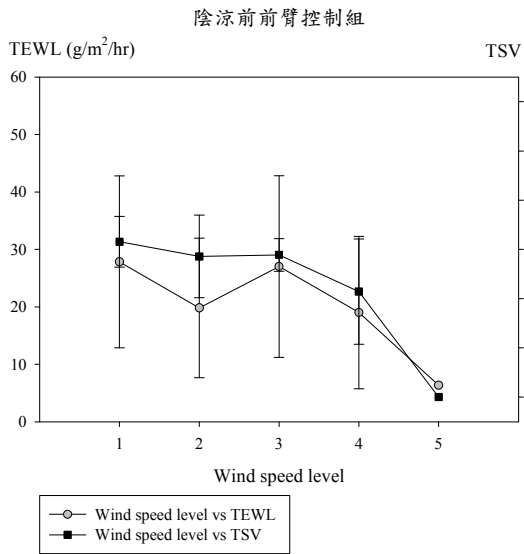


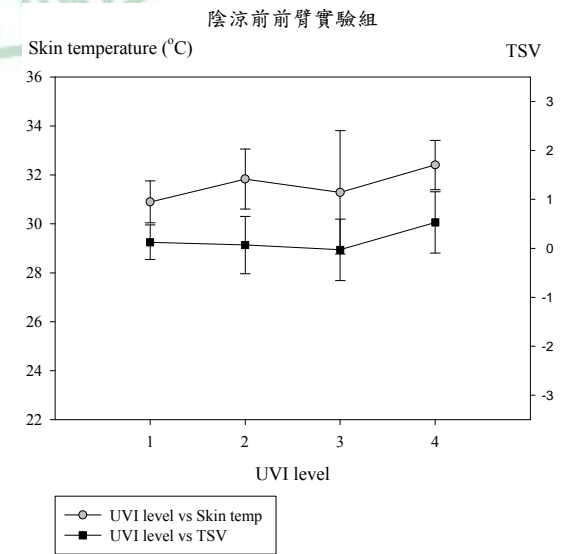
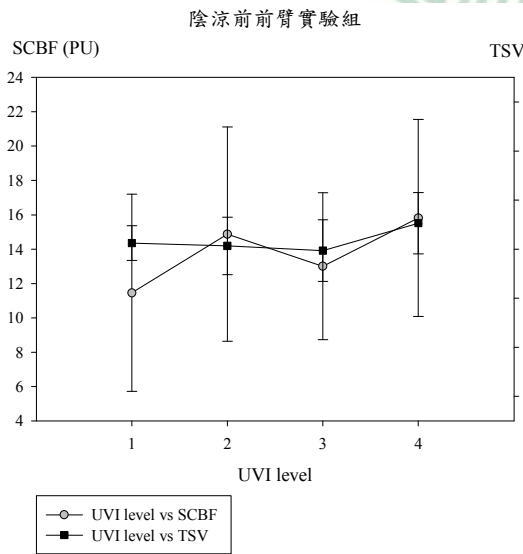
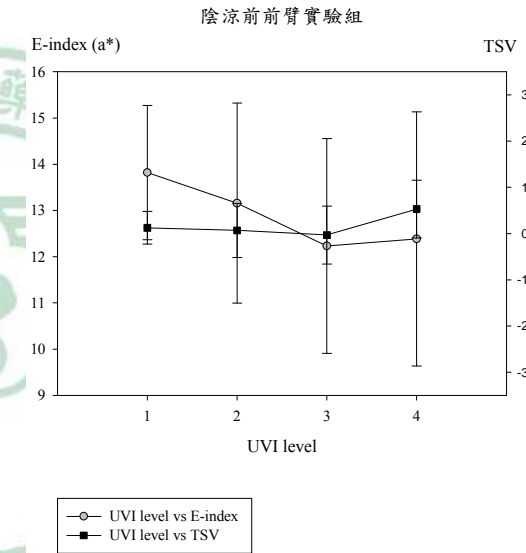
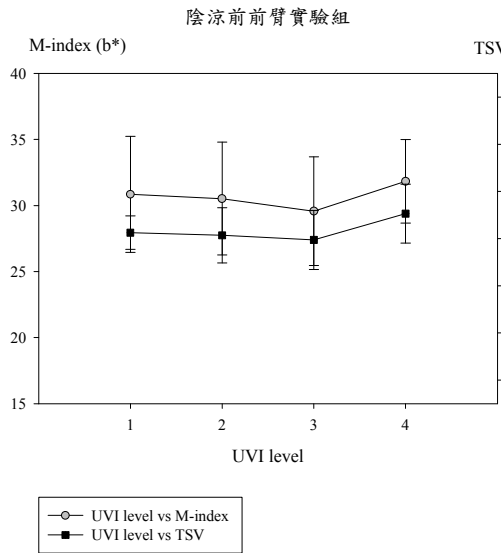
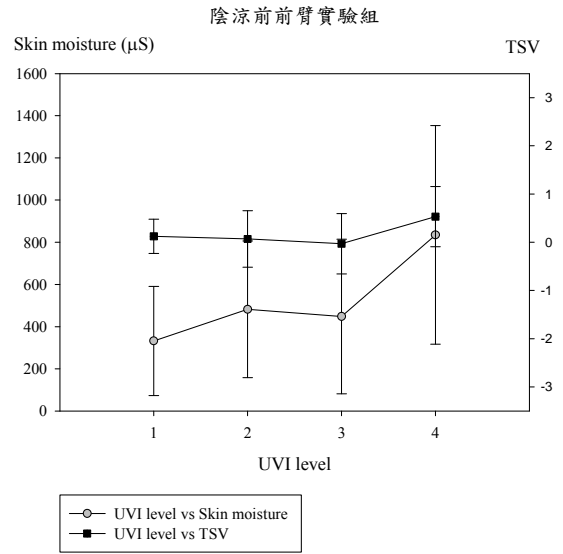
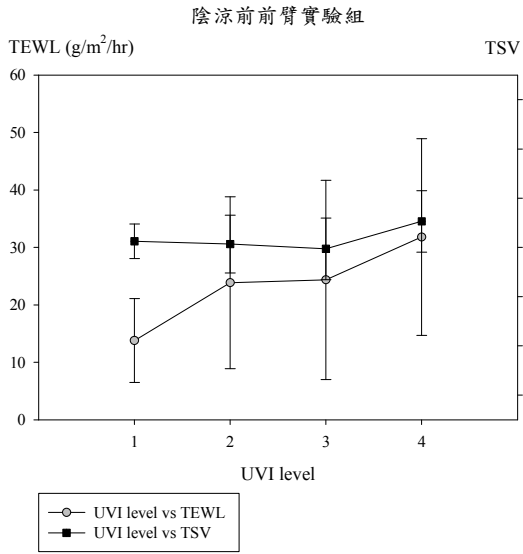
陰涼前前臂實驗組



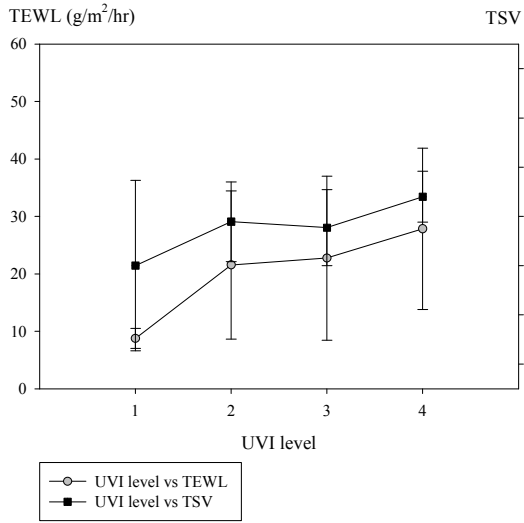




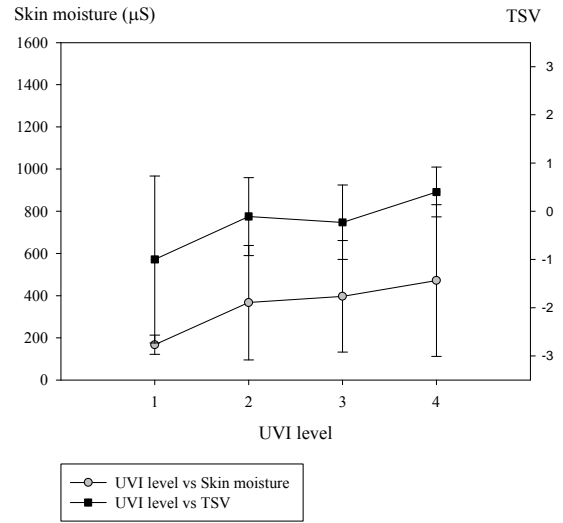




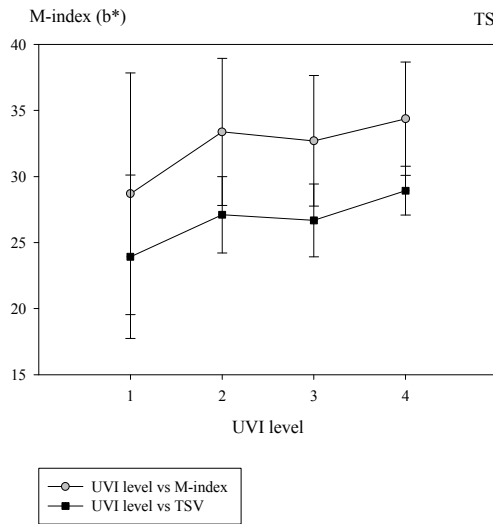
陰涼前前臂控制組



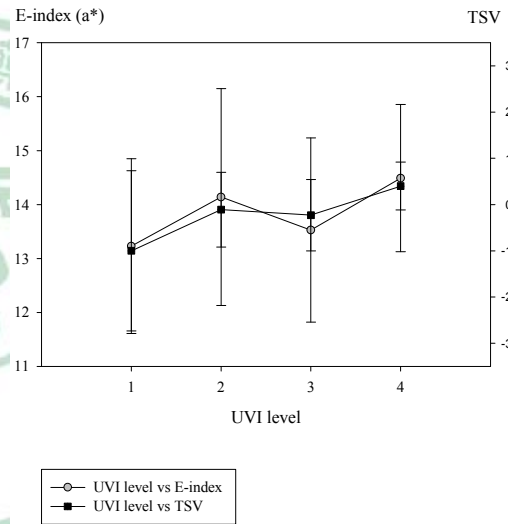
陰涼前前臂控制組



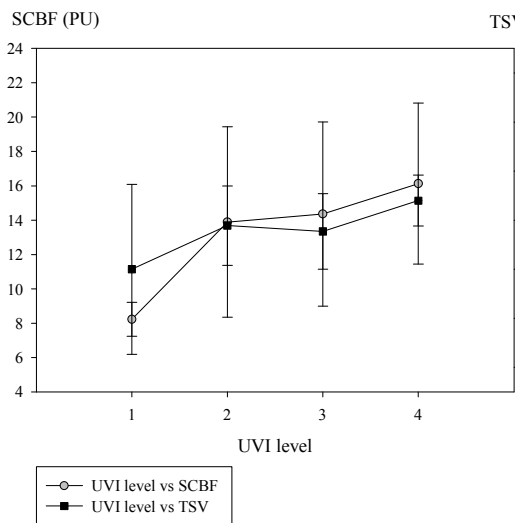
陰涼前前臂控制組



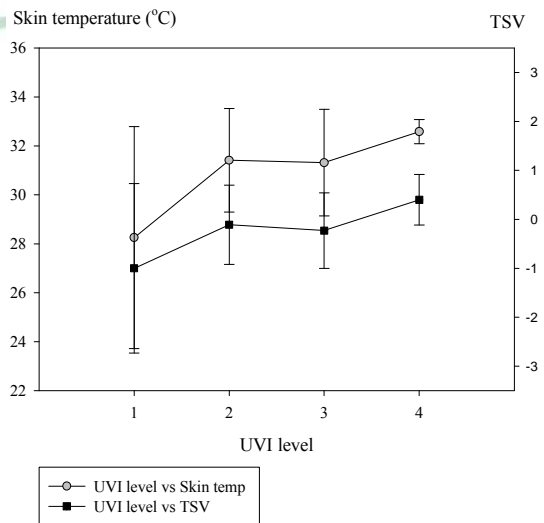
陰涼前前臂控制組



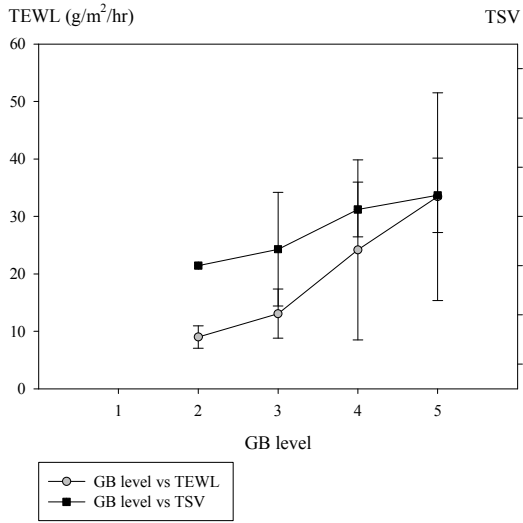
陰涼前前臂控制組



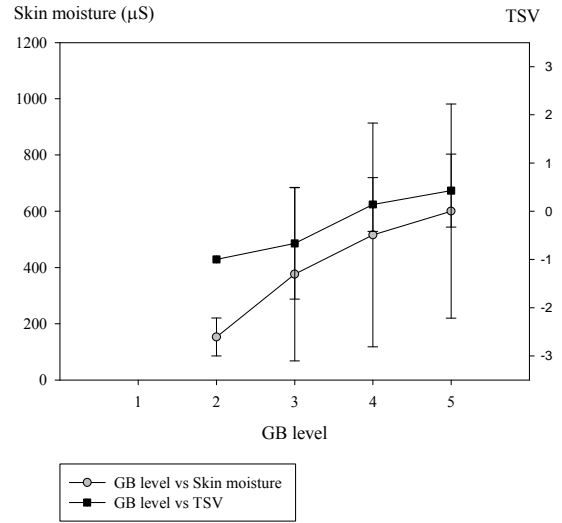
陰涼前前臂控制組



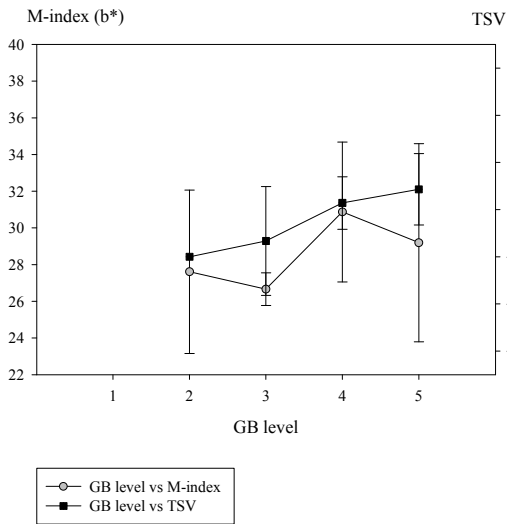
陰涼前前臂實驗組



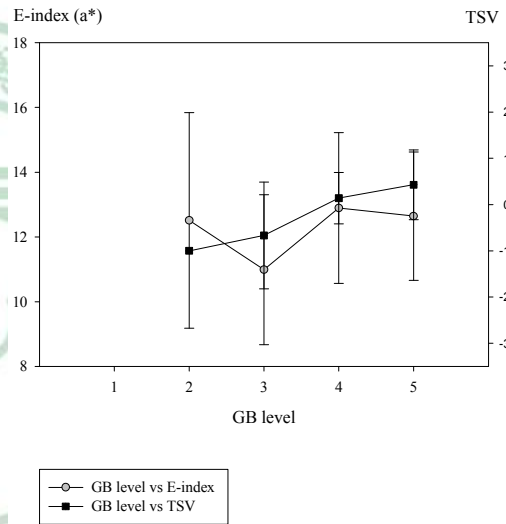
陰涼前前臂實驗組



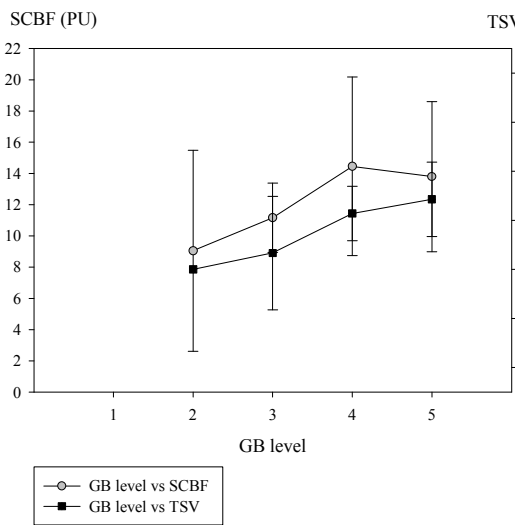
陰涼前前臂實驗組



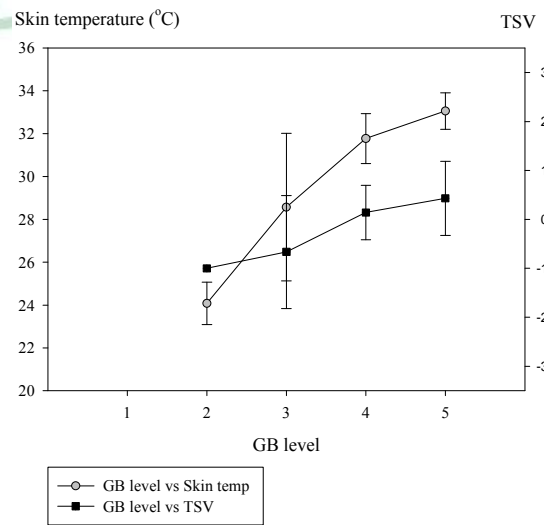
陰涼前前臂實驗組

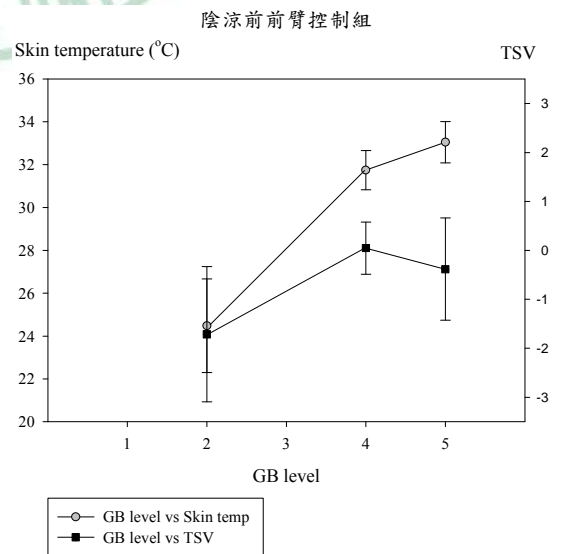
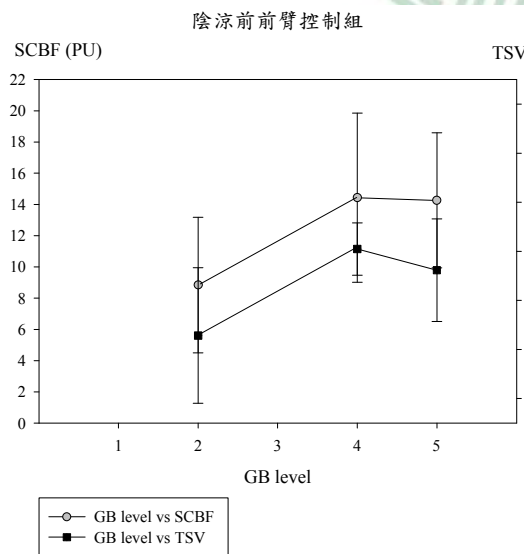
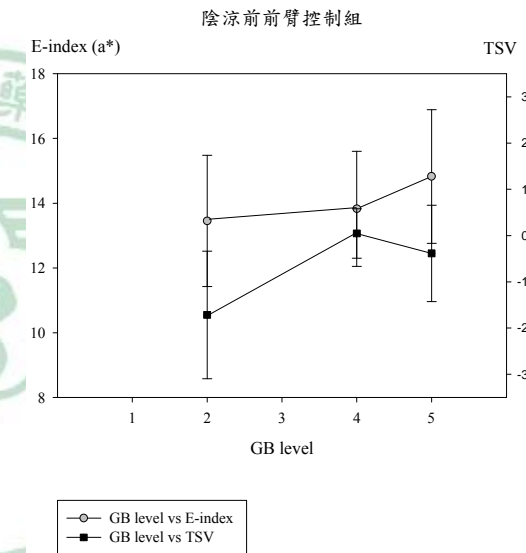
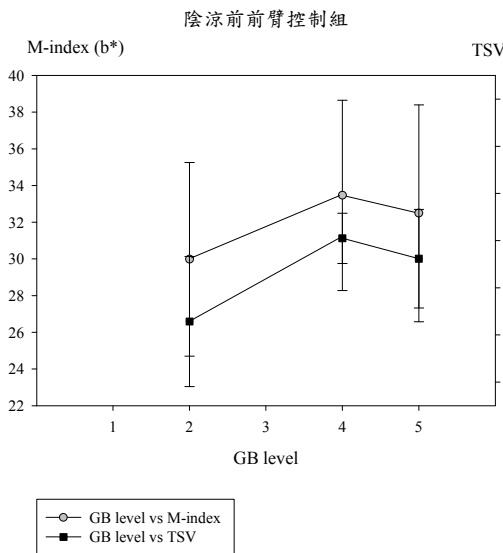
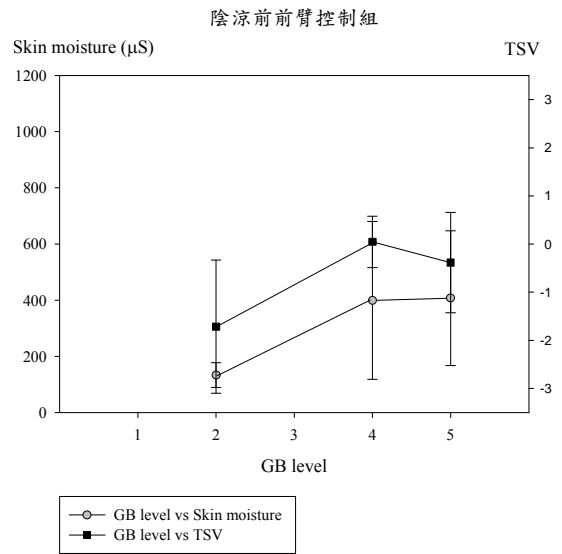
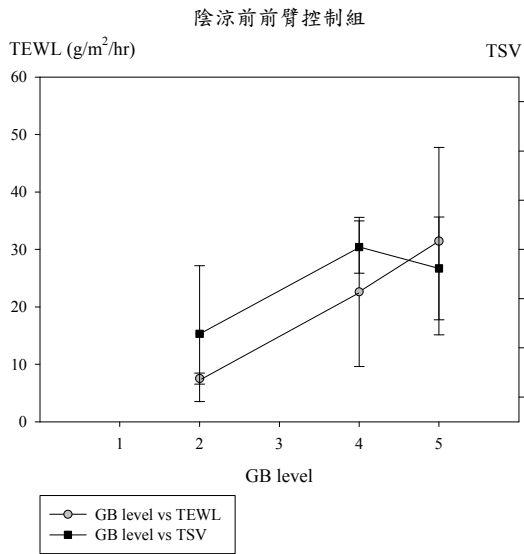


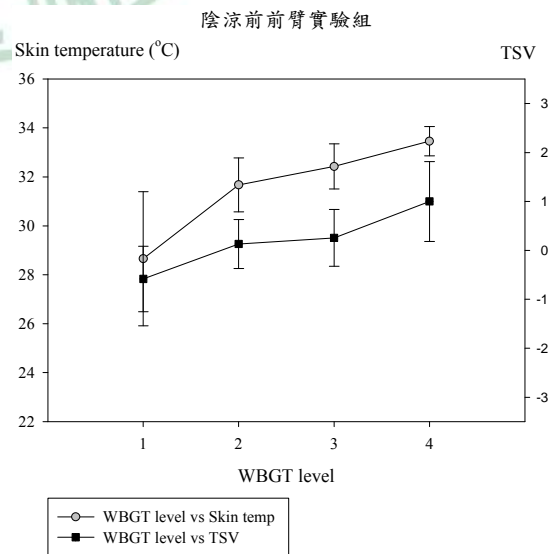
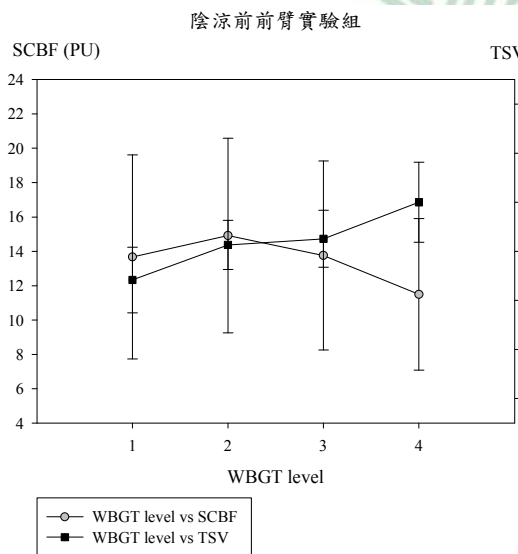
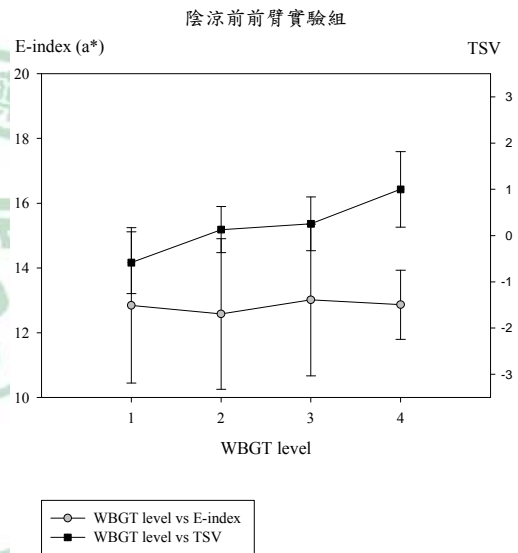
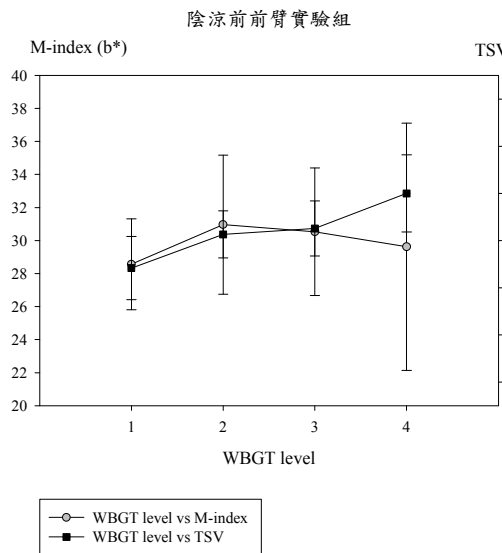
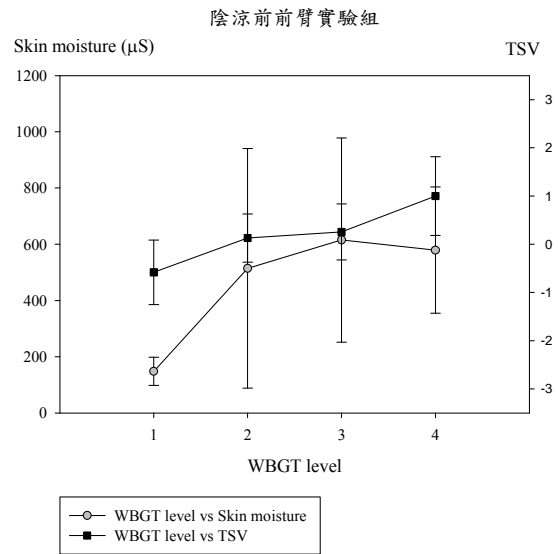
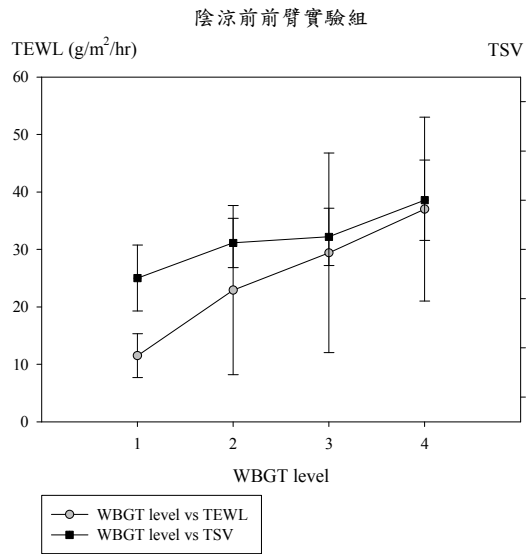
陰涼前前臂實驗組

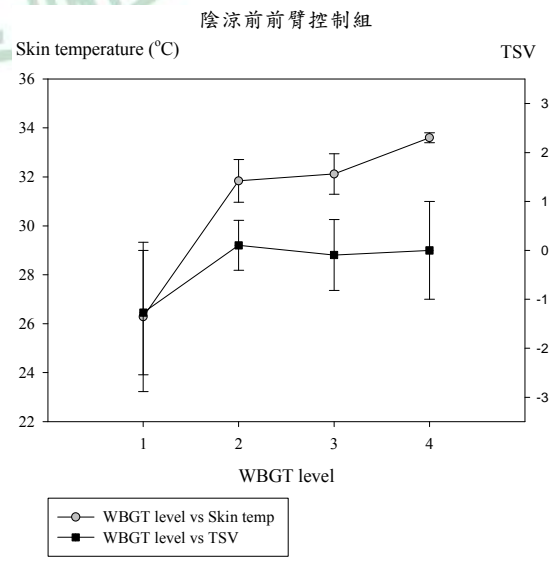
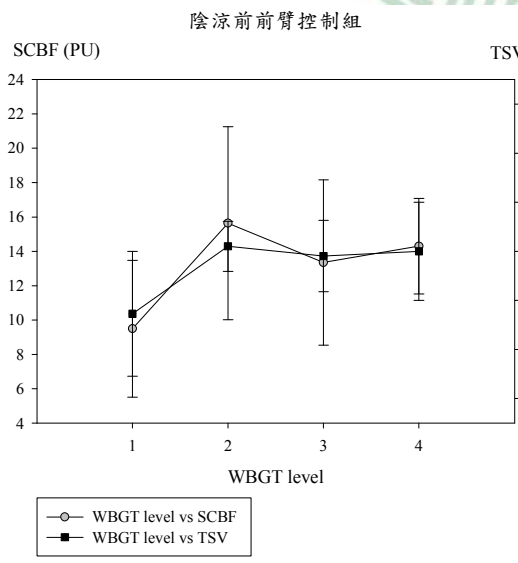
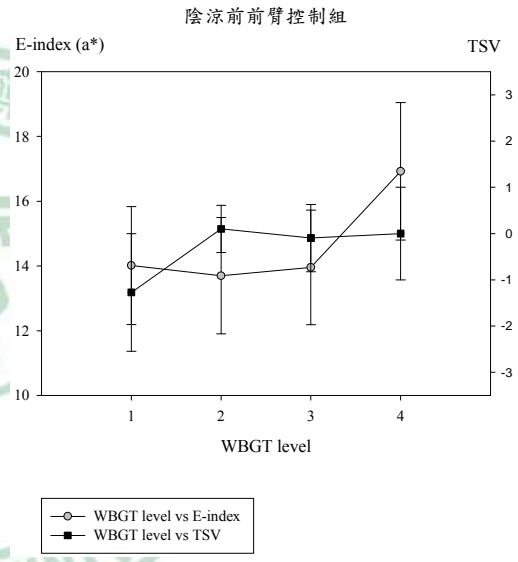
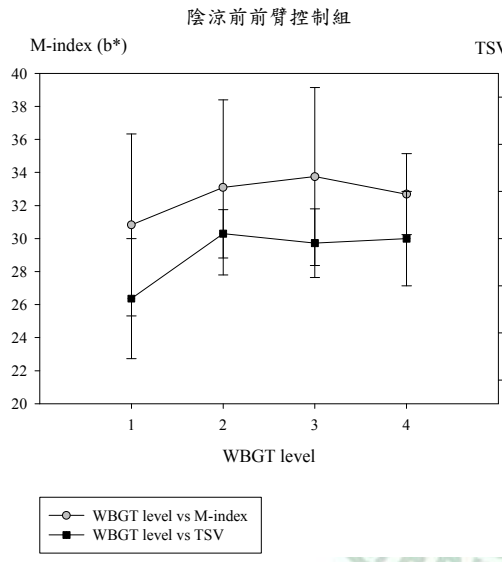
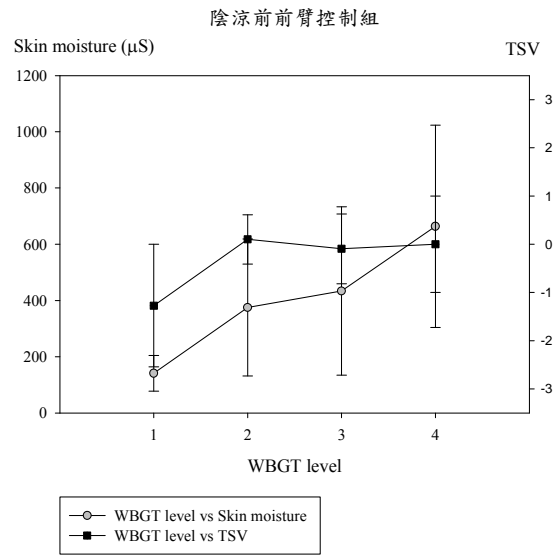
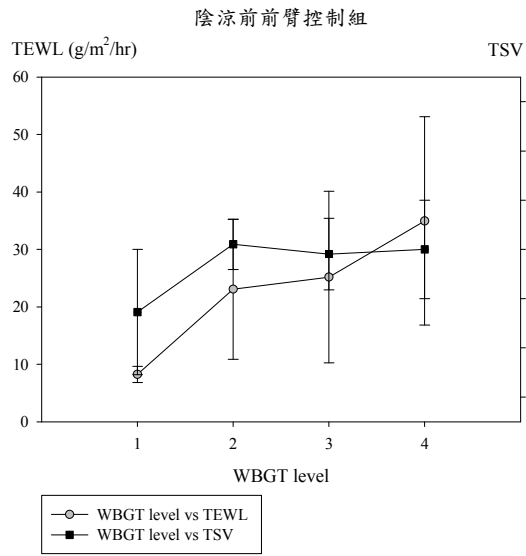


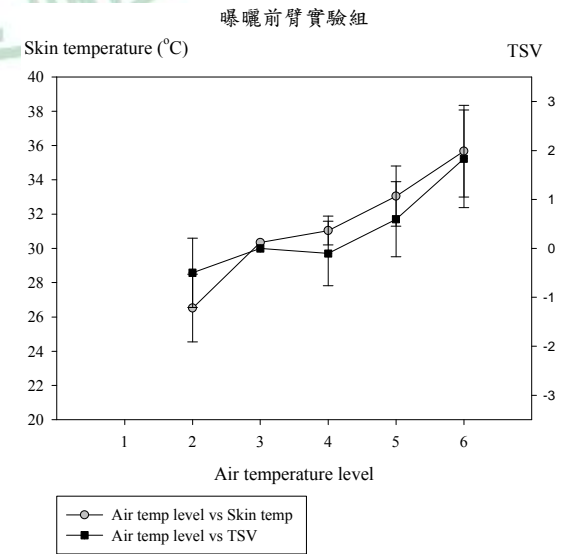
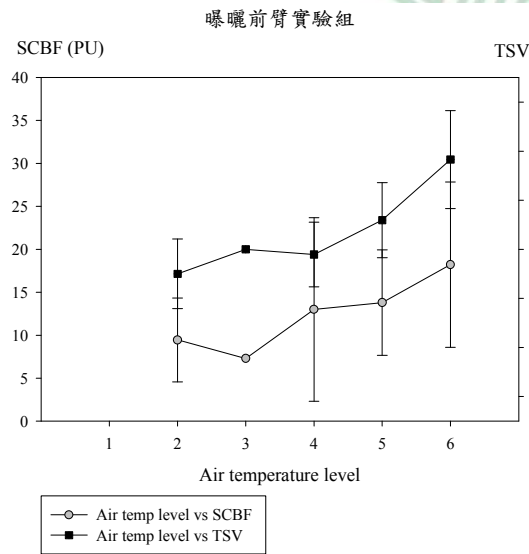
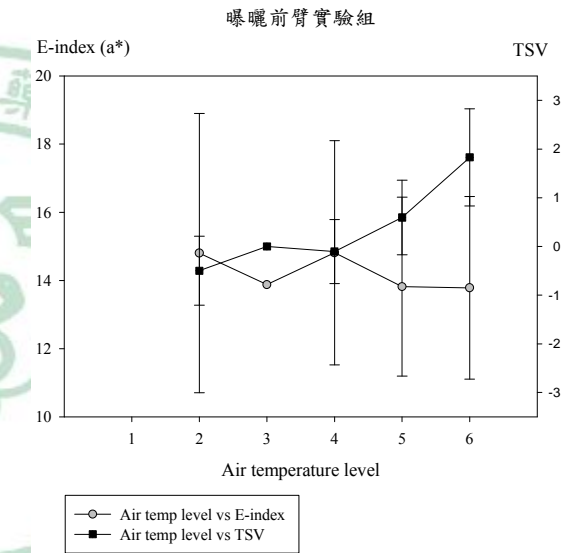
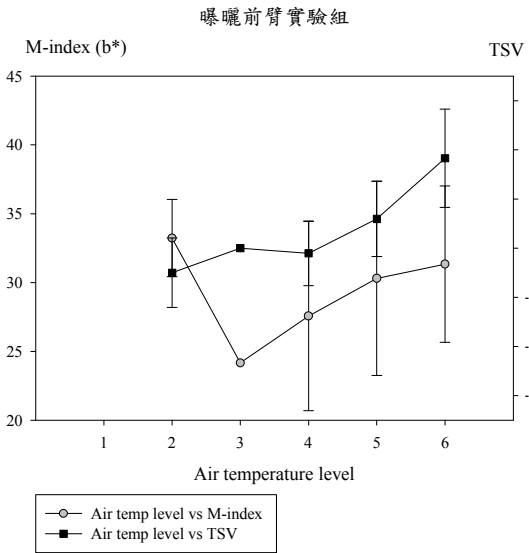
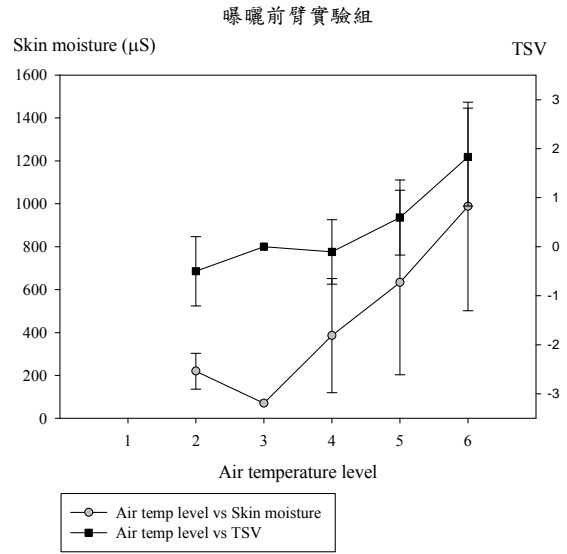
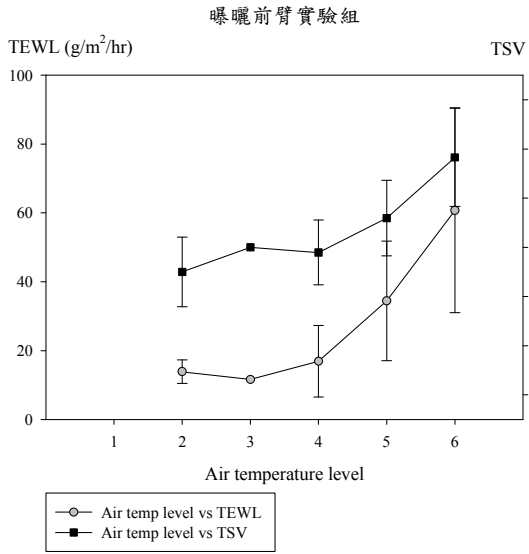
陰涼前前臂實驗組

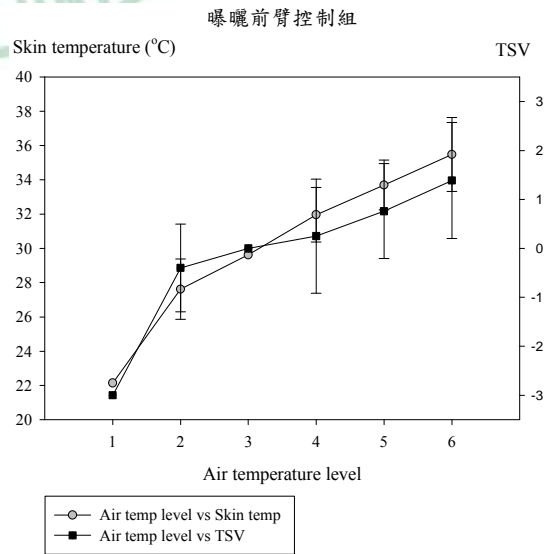
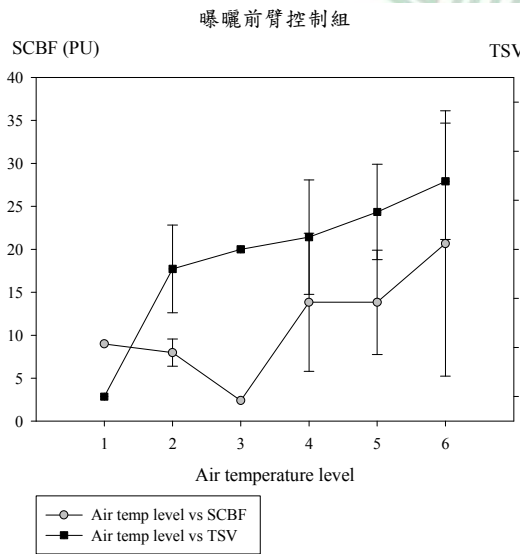
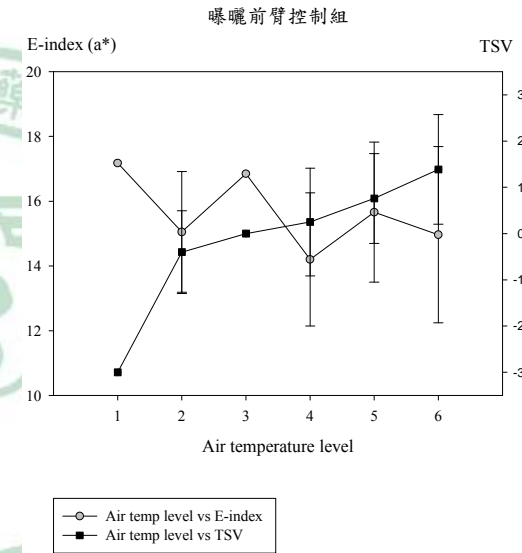
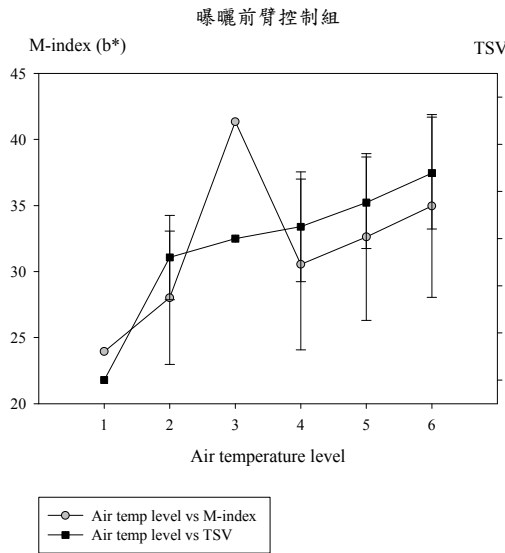
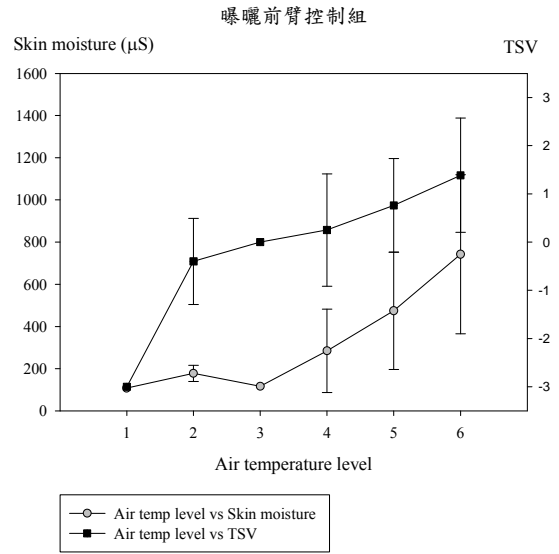
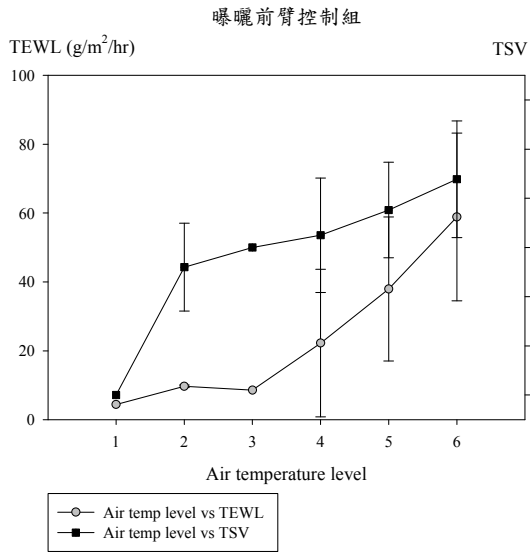


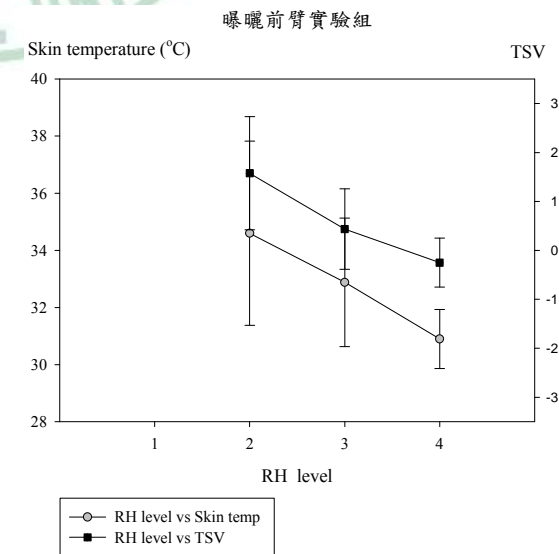
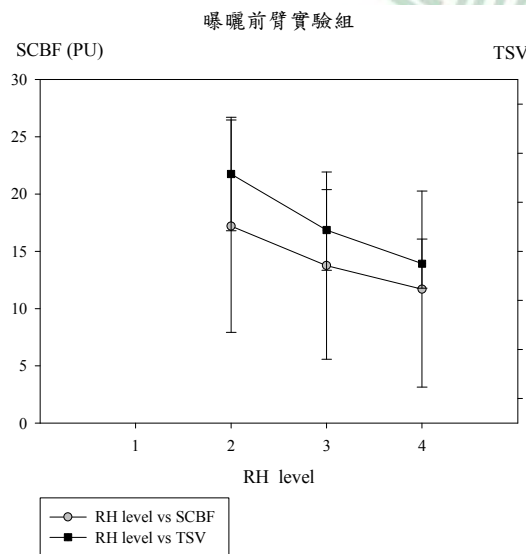
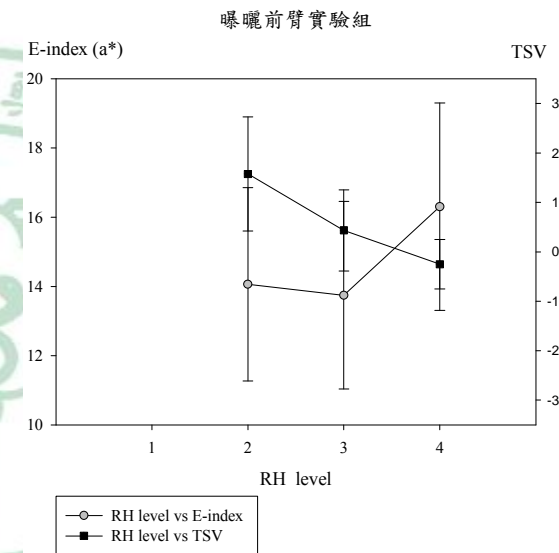
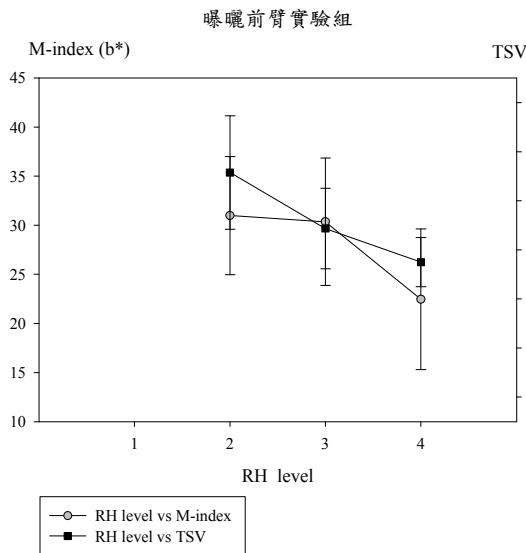
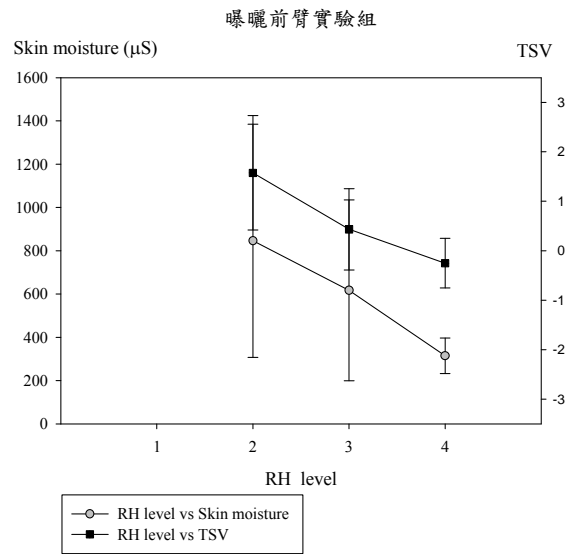
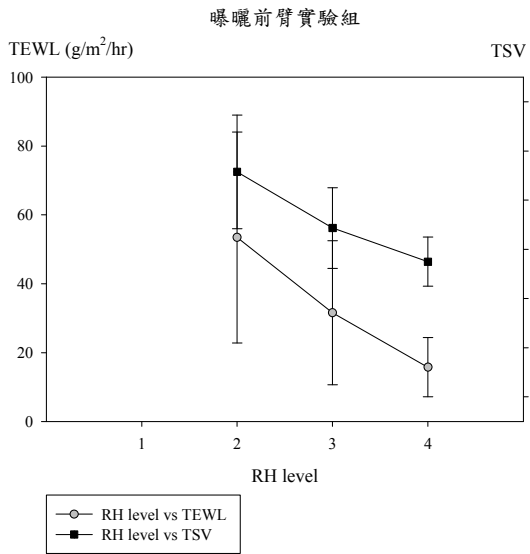


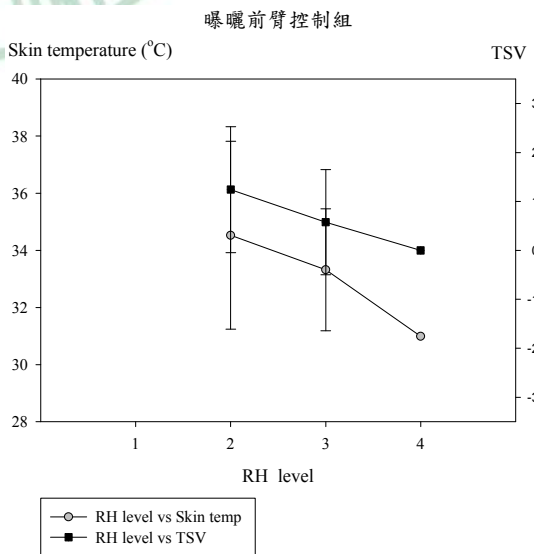
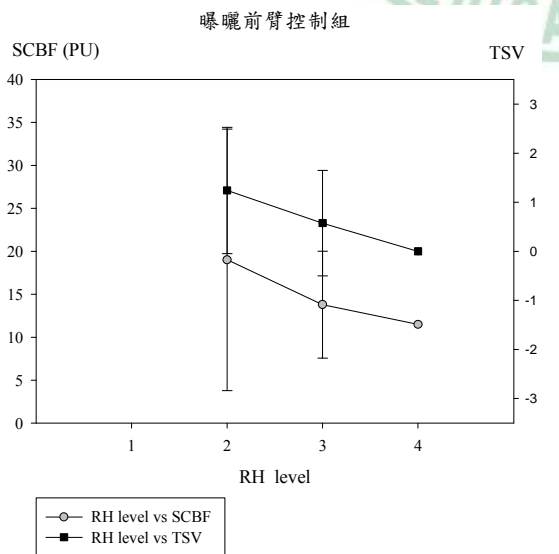
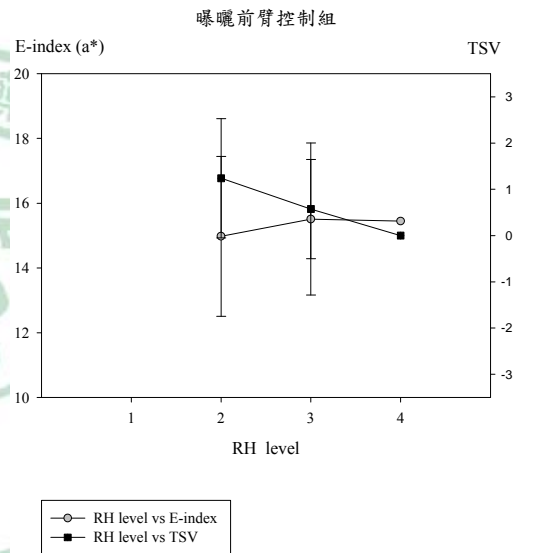
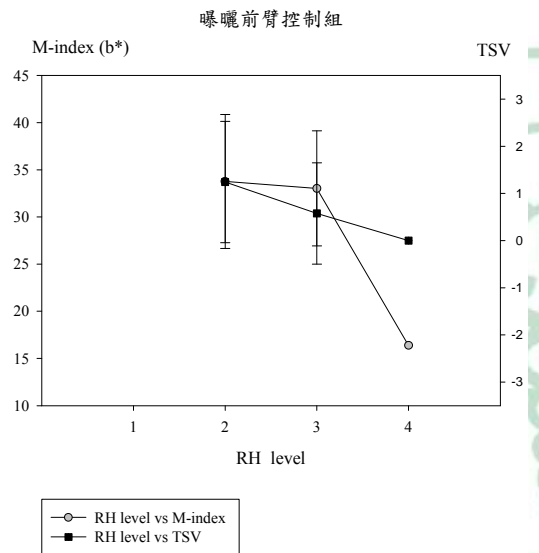
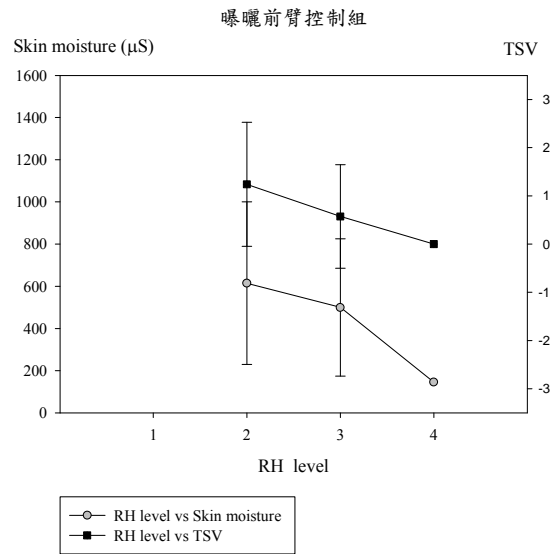
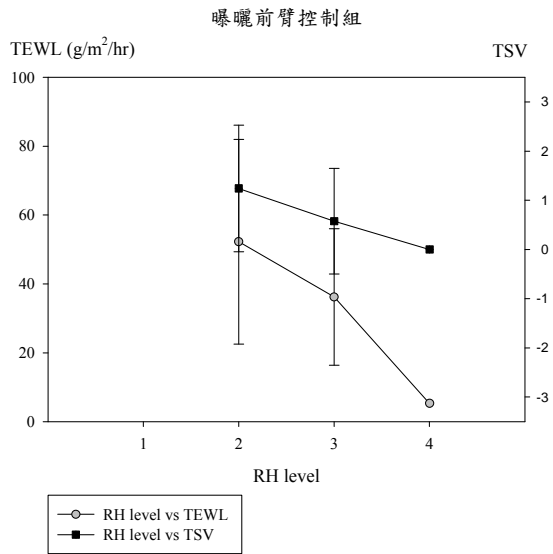


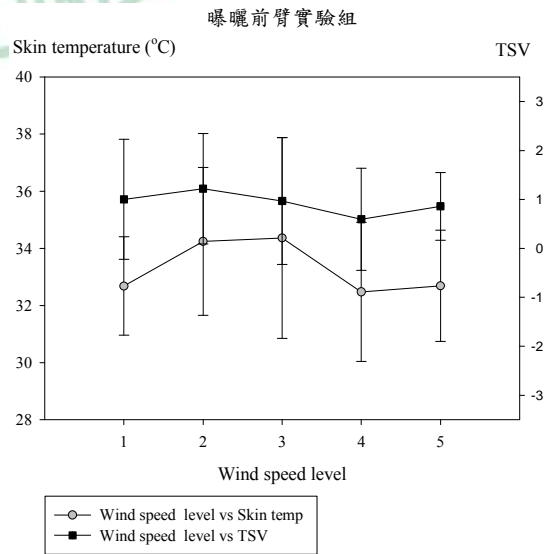
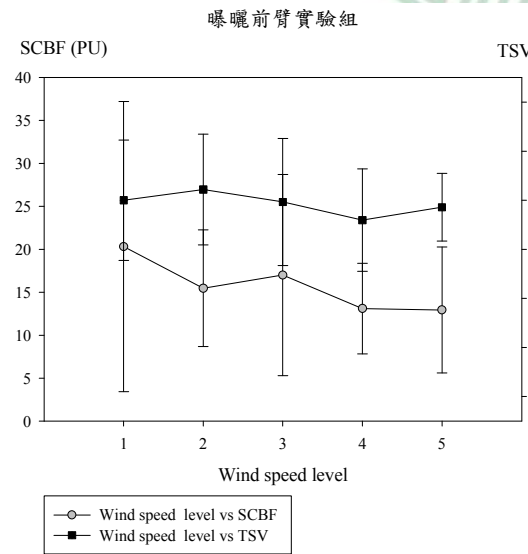
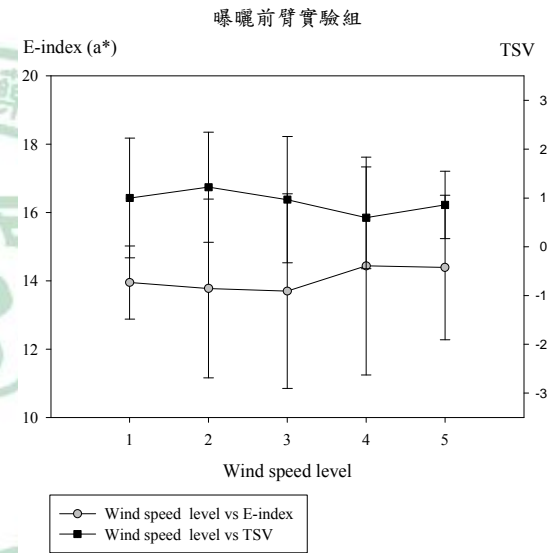
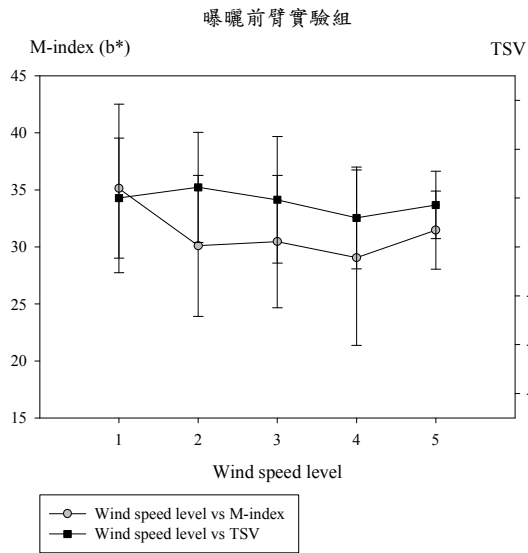
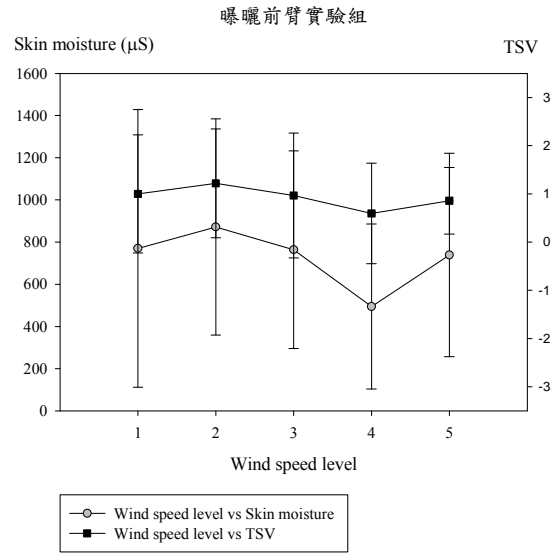
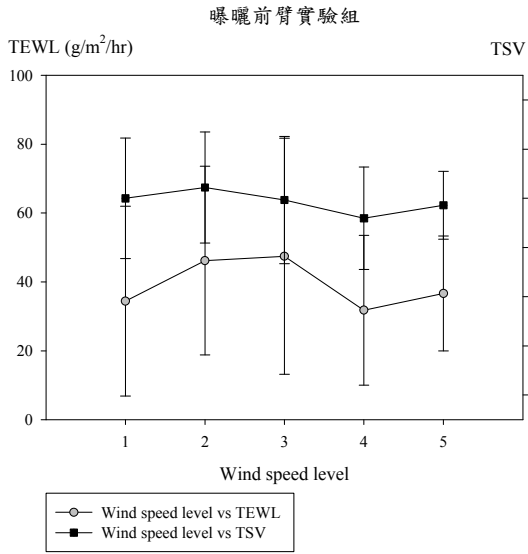


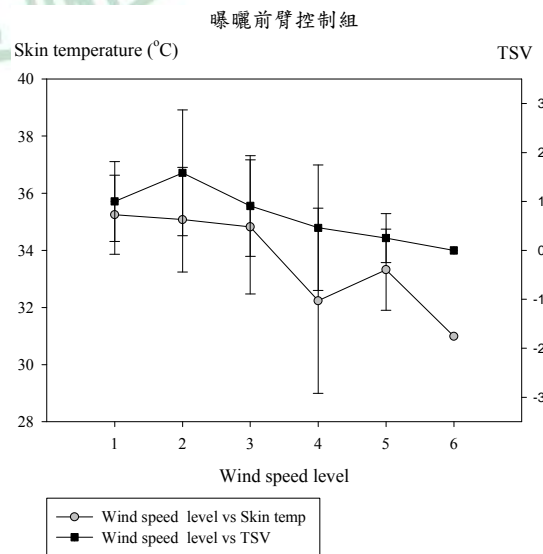
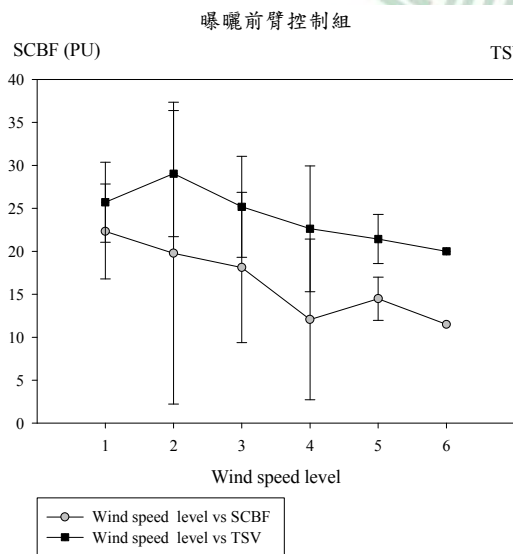
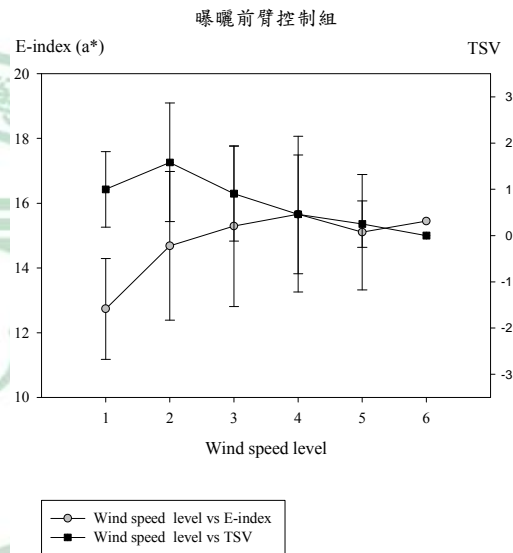
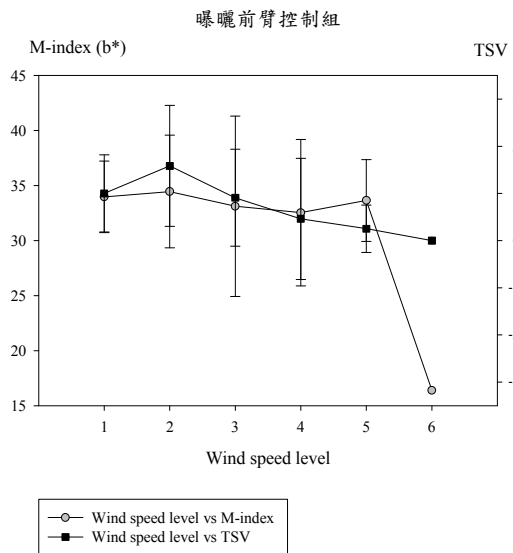
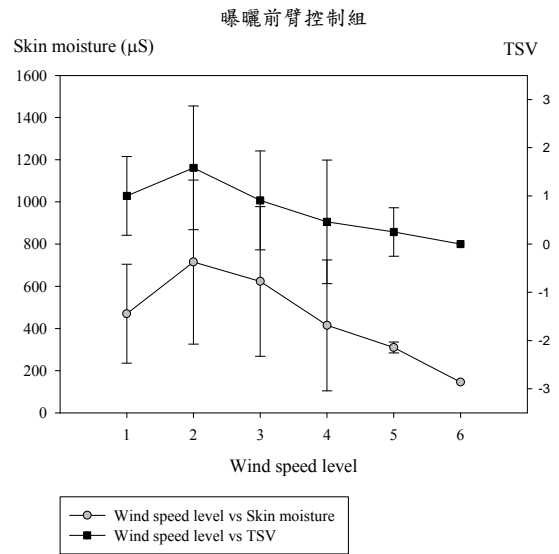
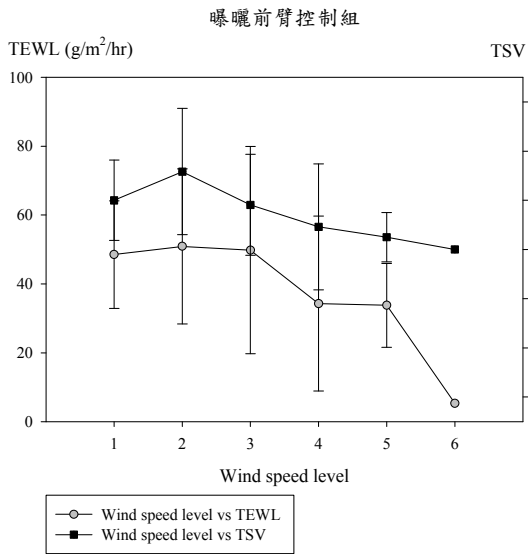


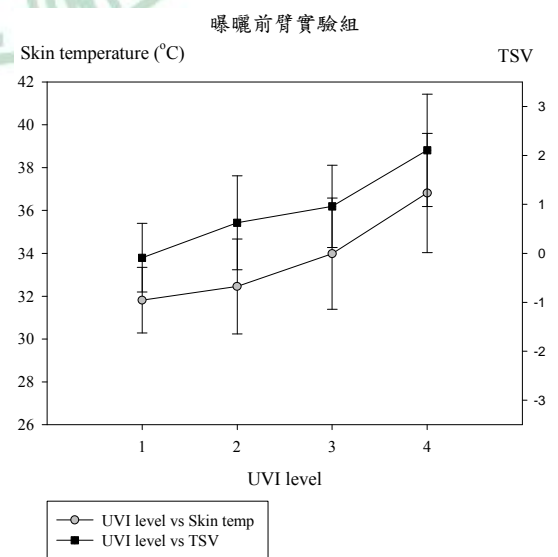
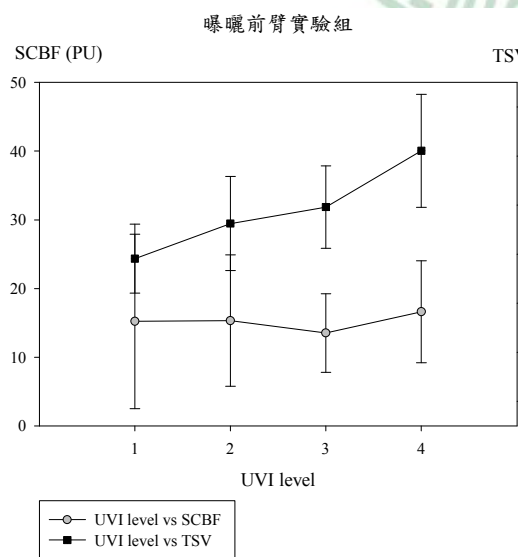
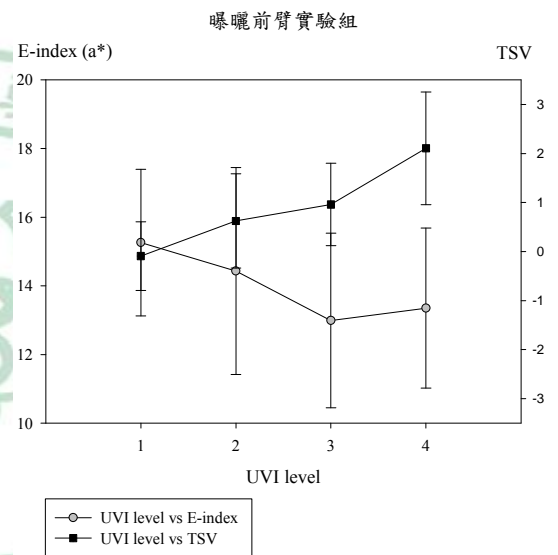
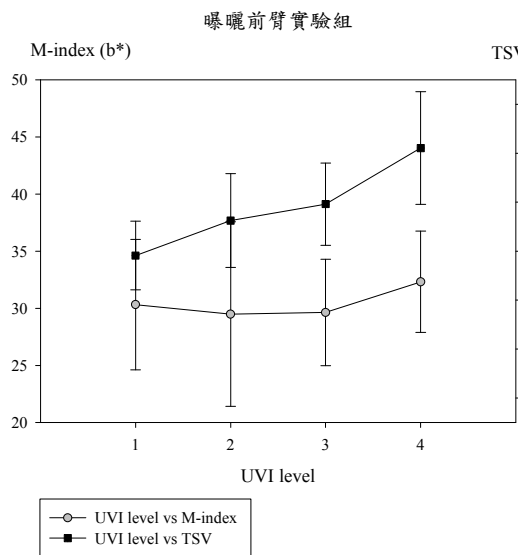
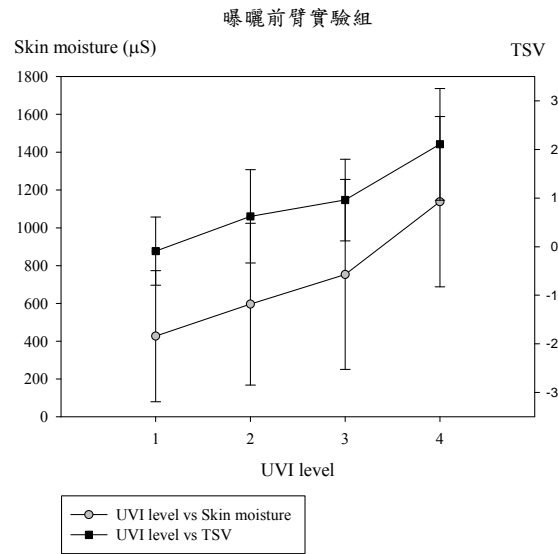
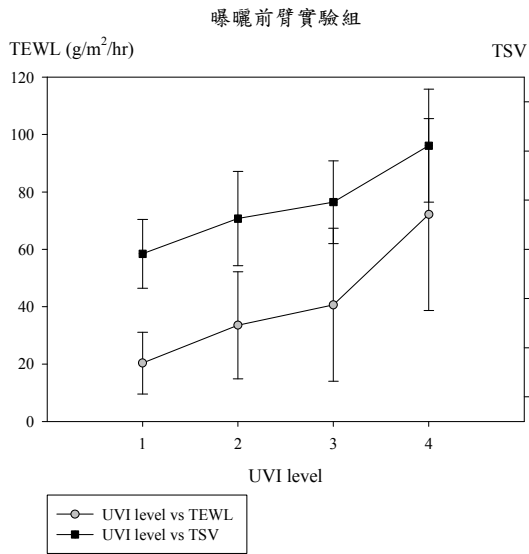


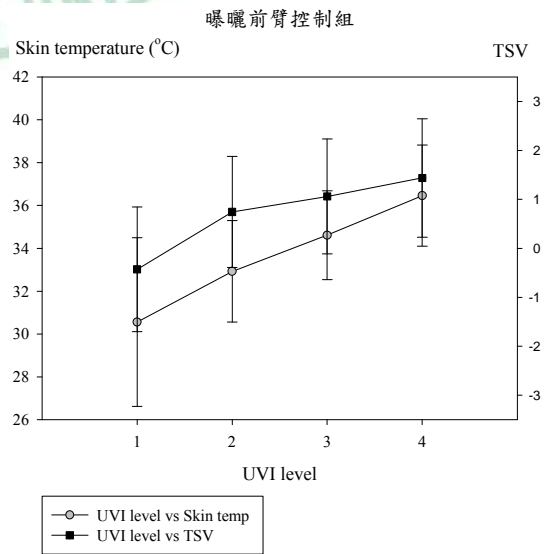
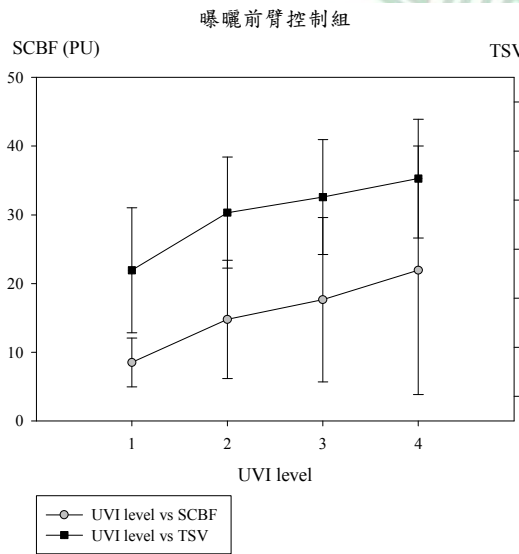
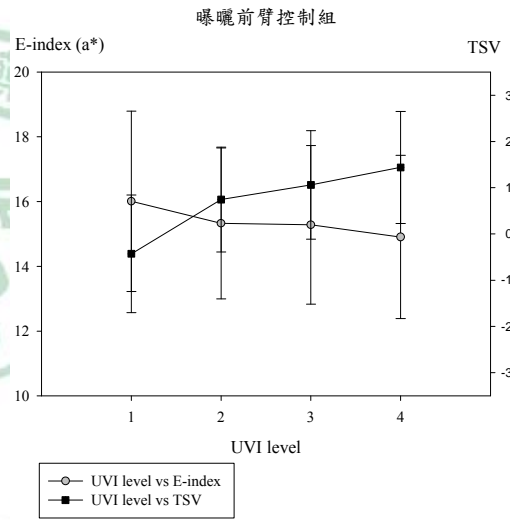
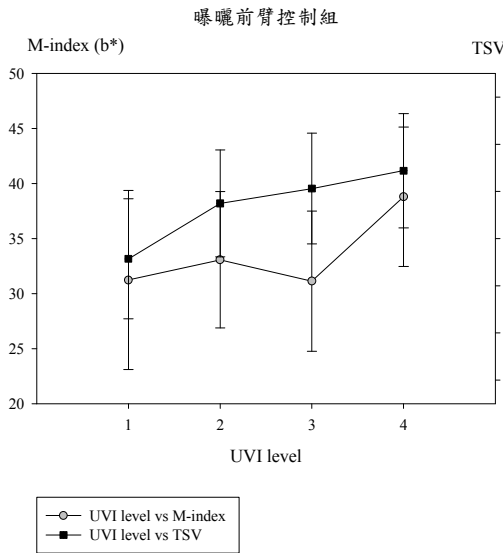
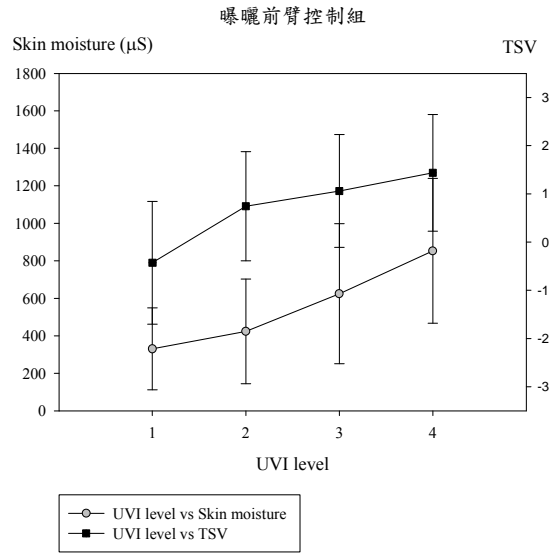
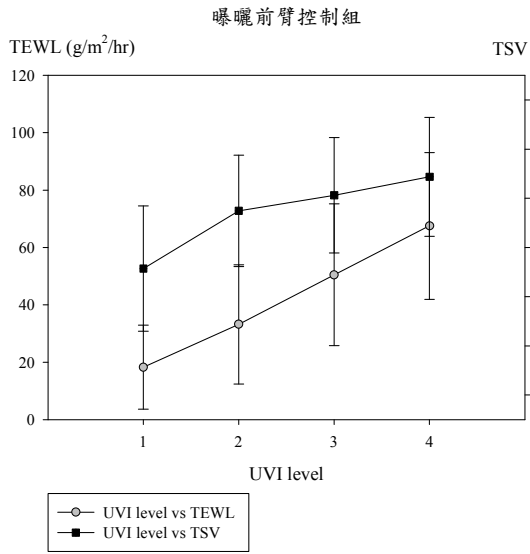




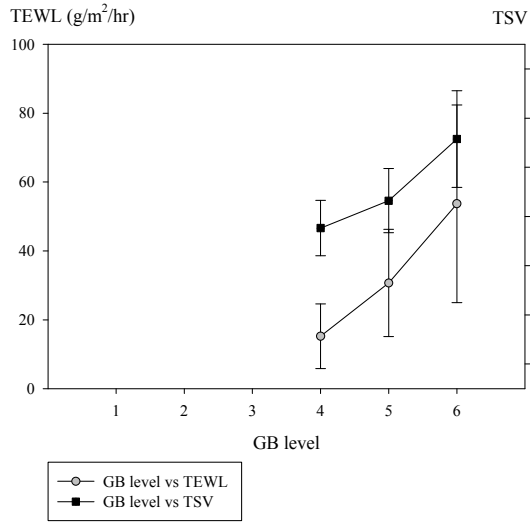




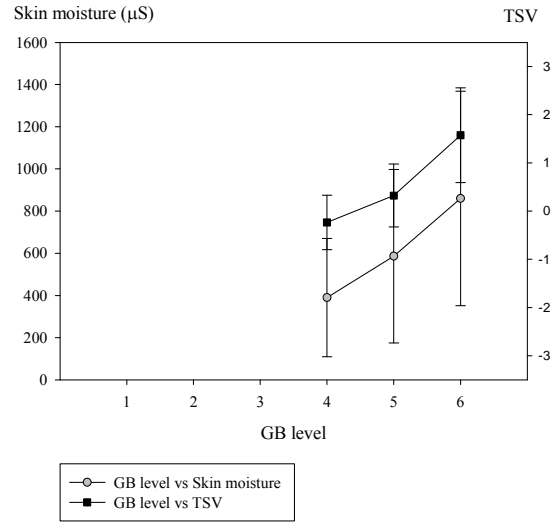




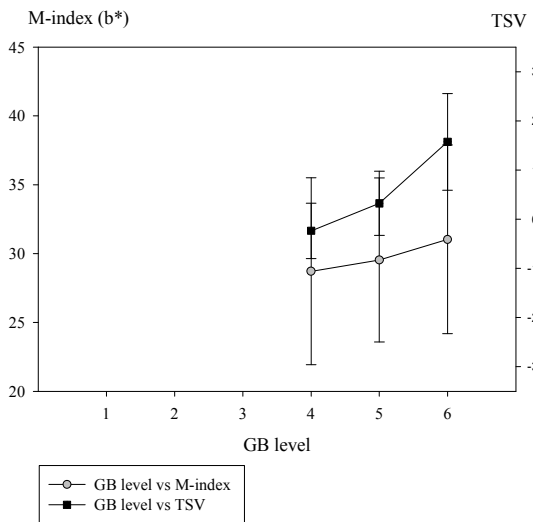
曝曬前臂實驗組



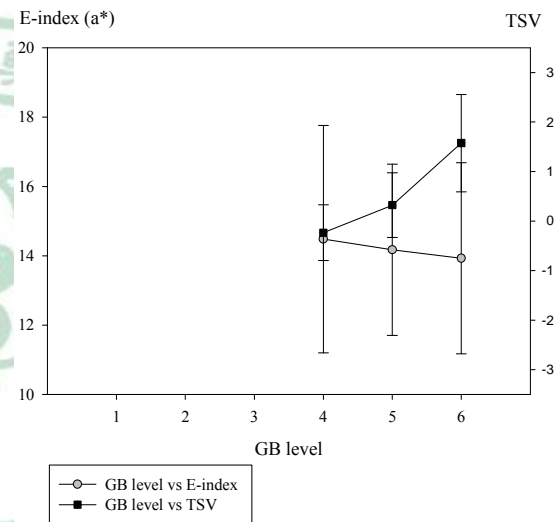
曝曬前臂實驗組



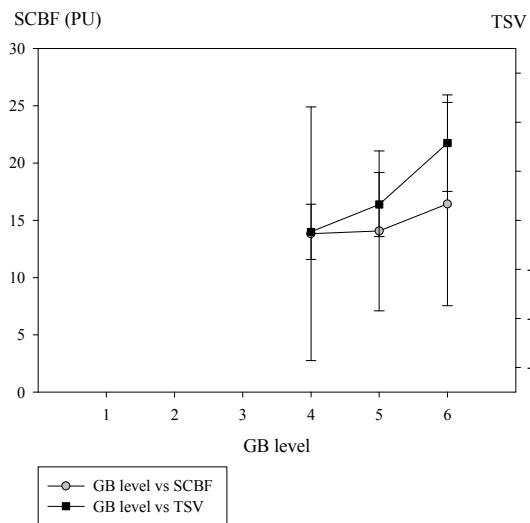
曝曬前臂實驗組



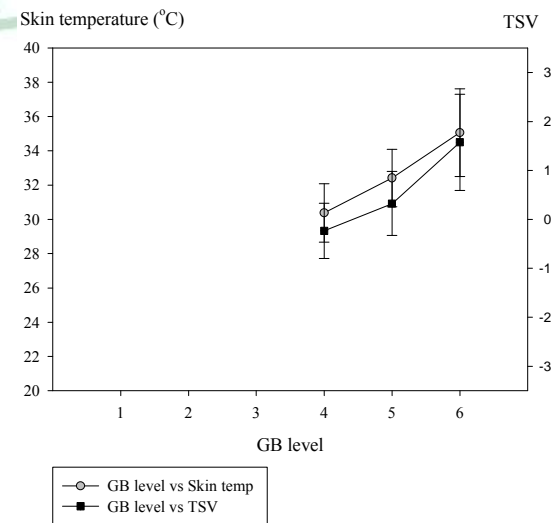
曝曬前臂實驗組

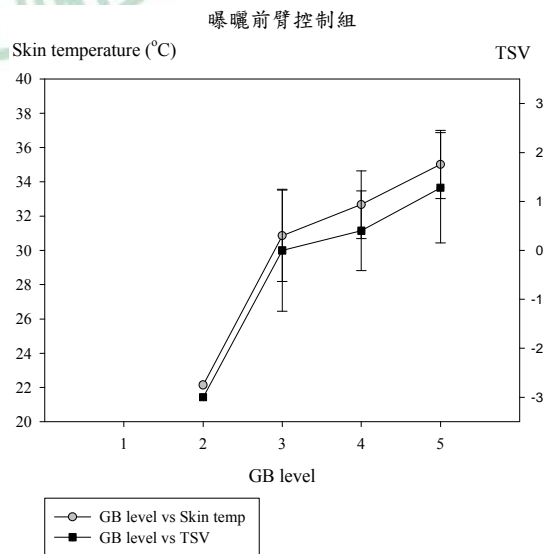
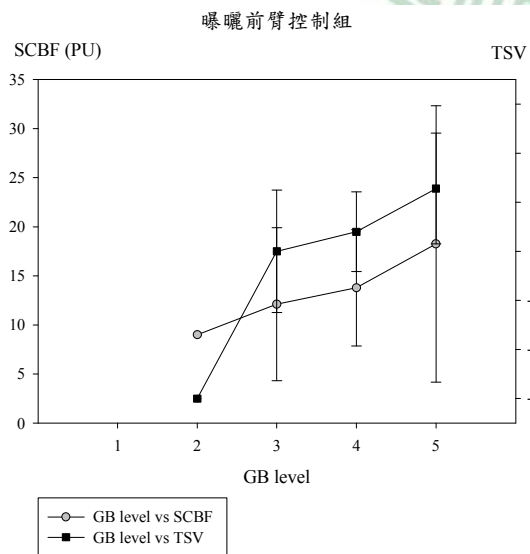
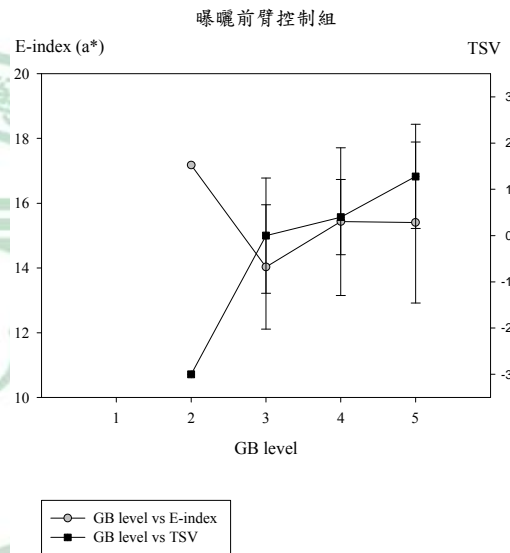
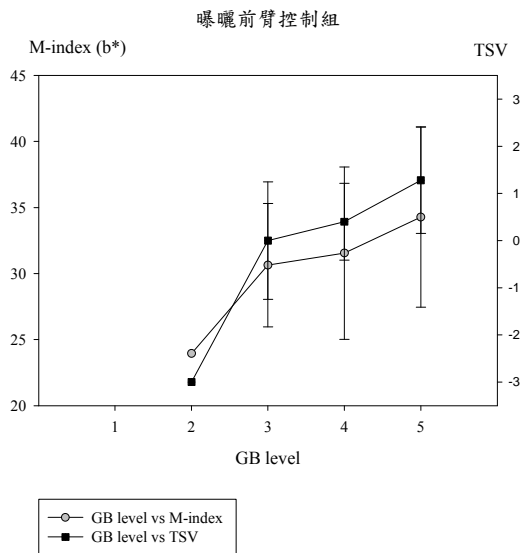
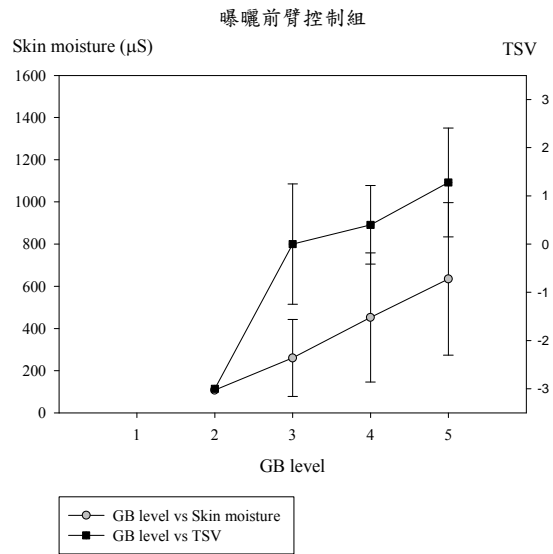
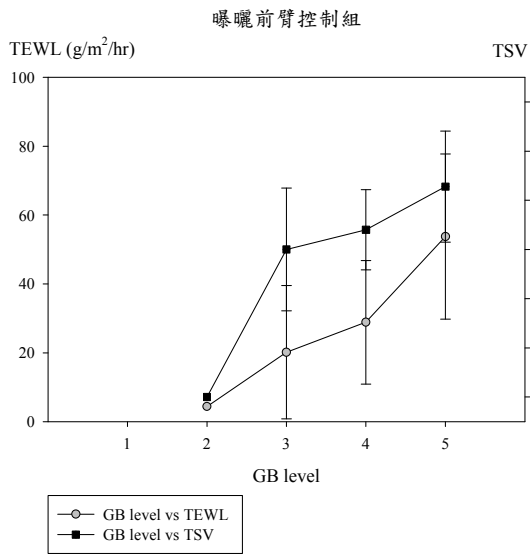


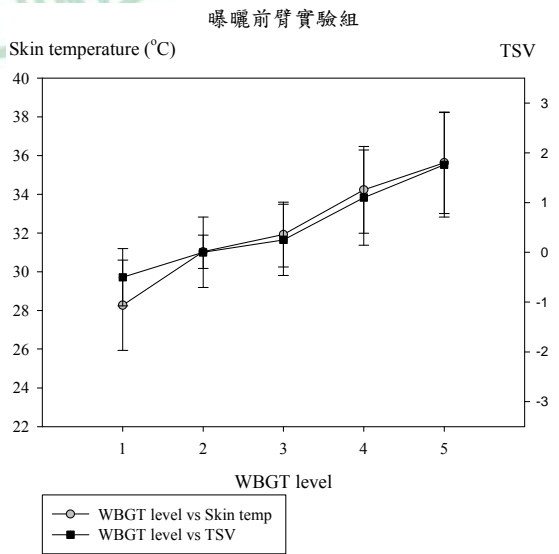
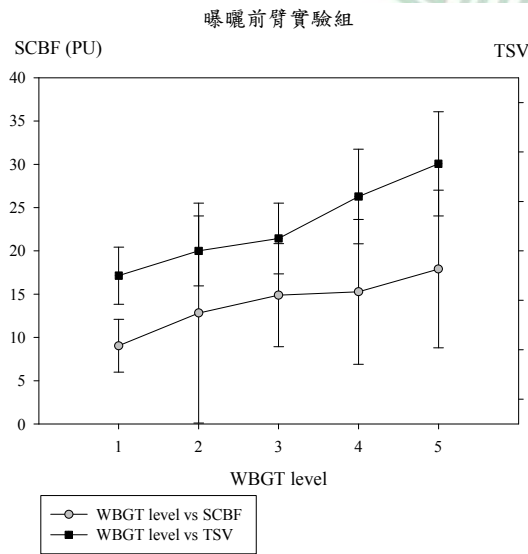
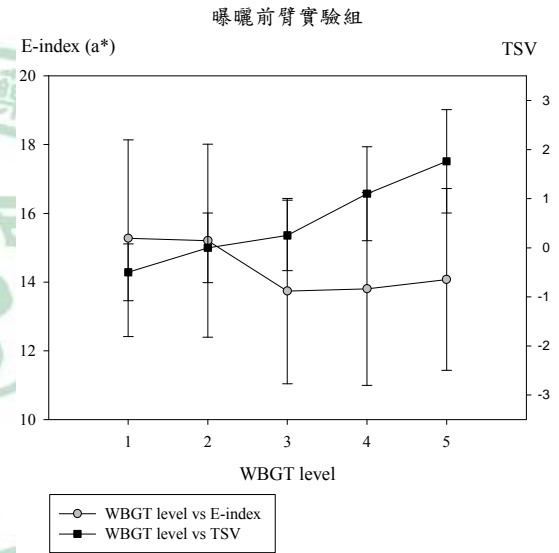
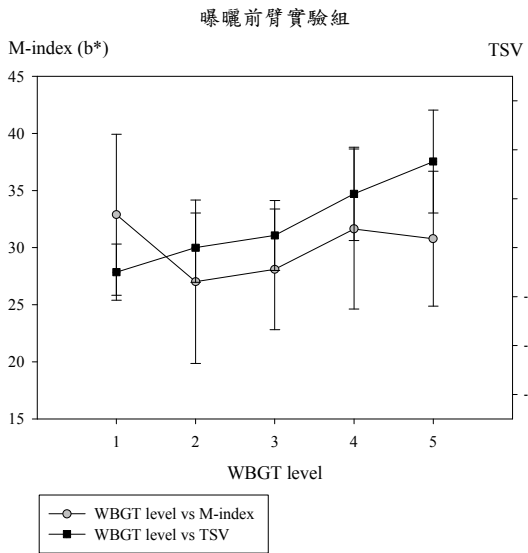
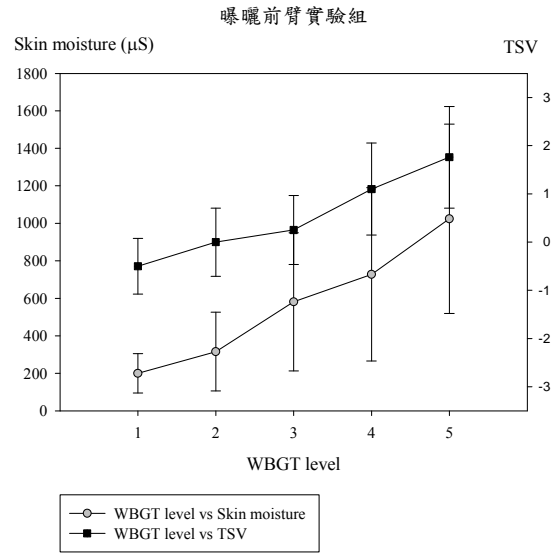
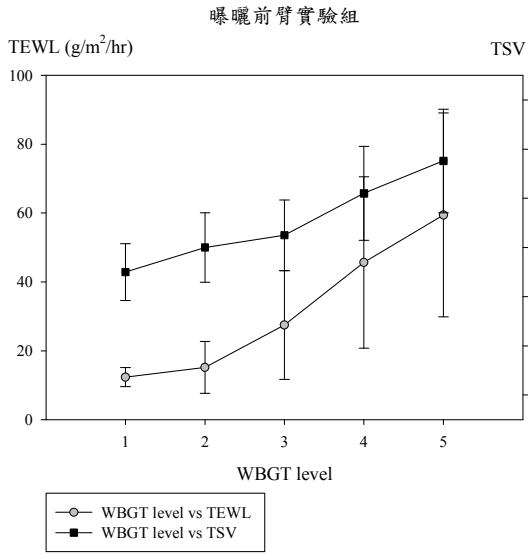
曝曬前臂實驗組

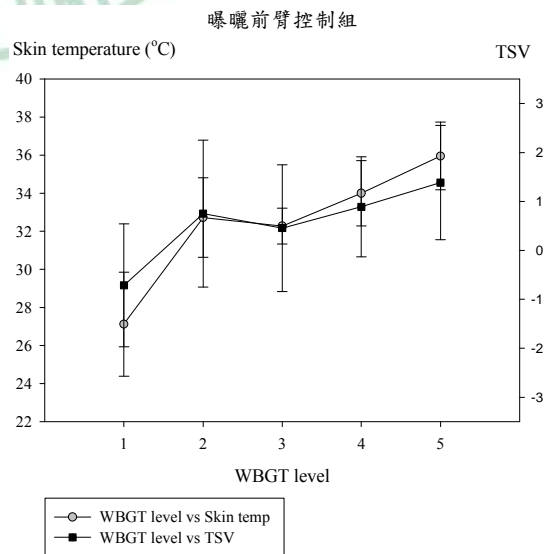
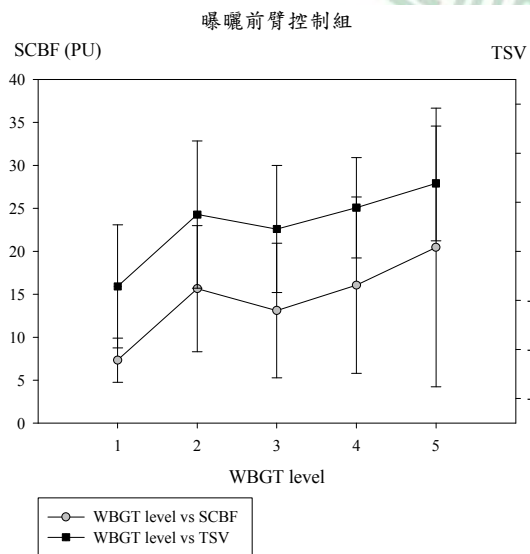
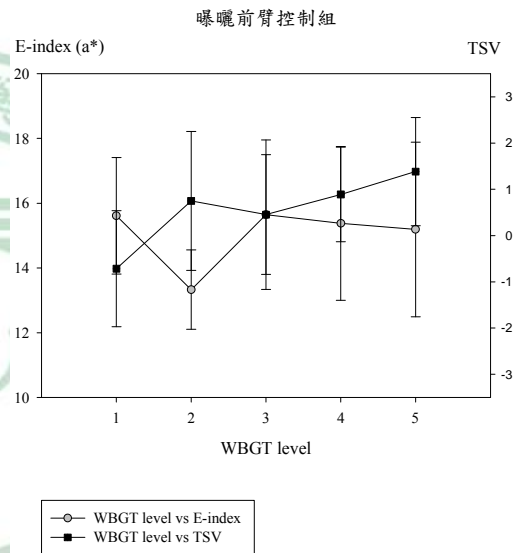
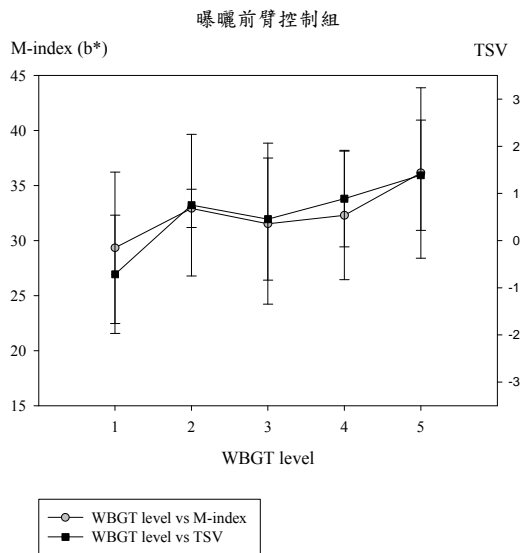
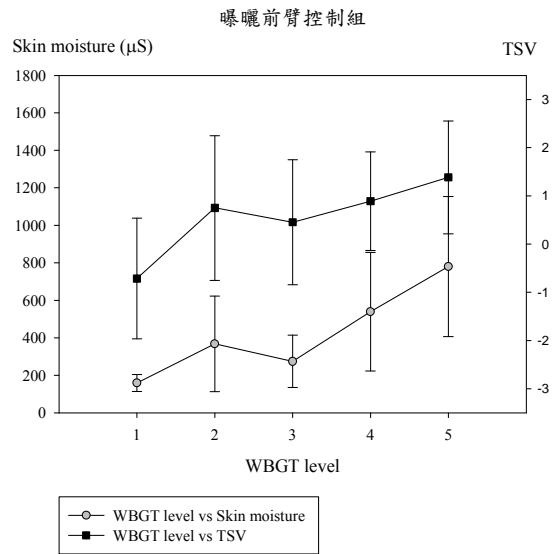
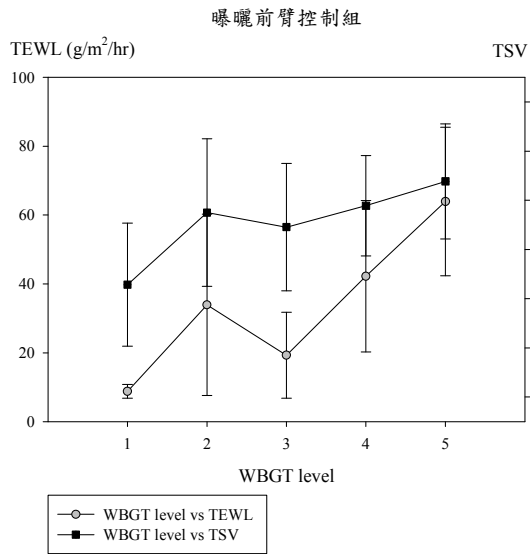


曝曬前臂實驗組

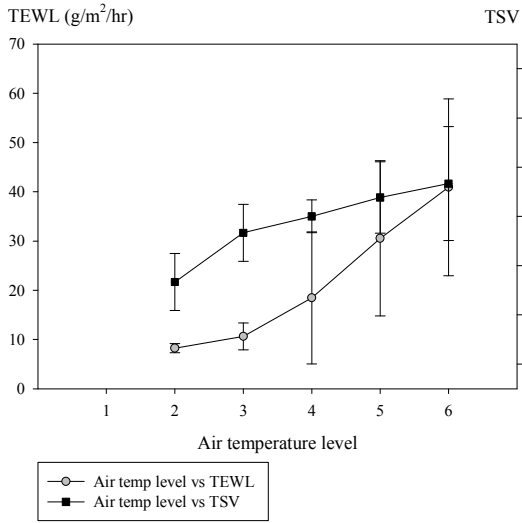




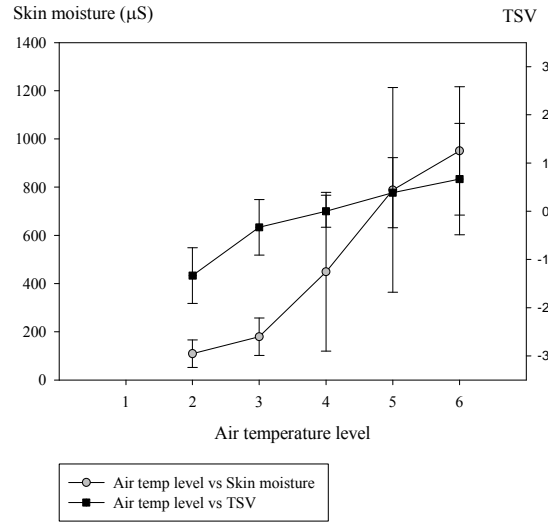




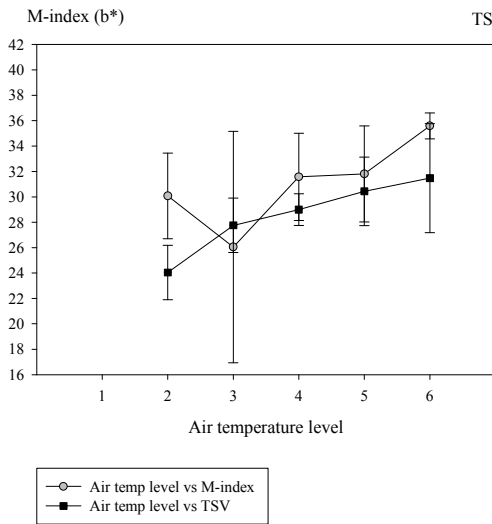
陰涼後前臂實驗組



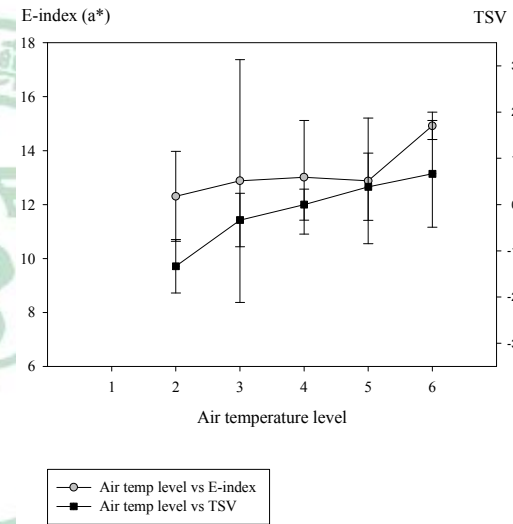
陰涼後前臂實驗組



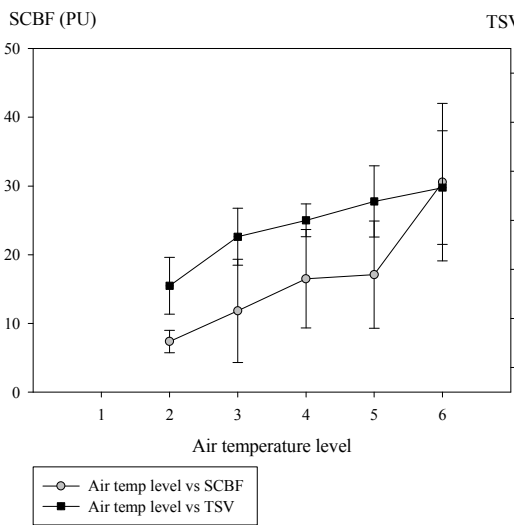
陰涼後前臂實驗組



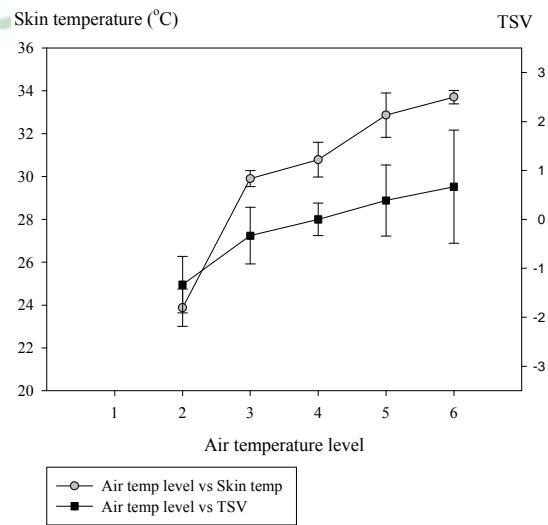
陰涼後前臂實驗組

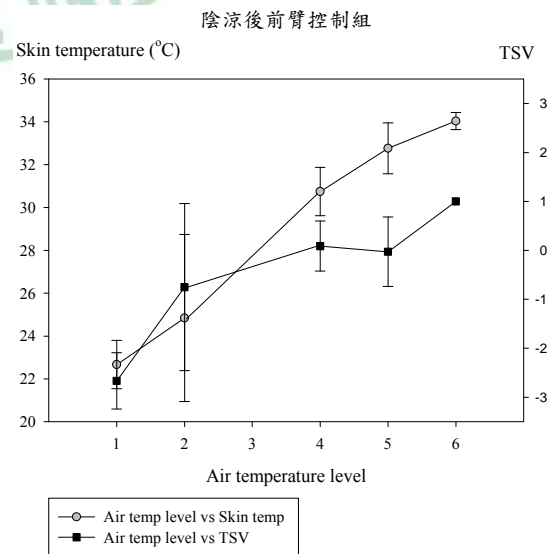
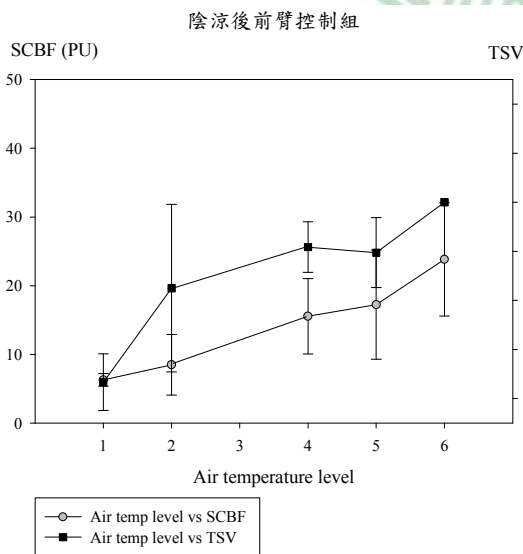
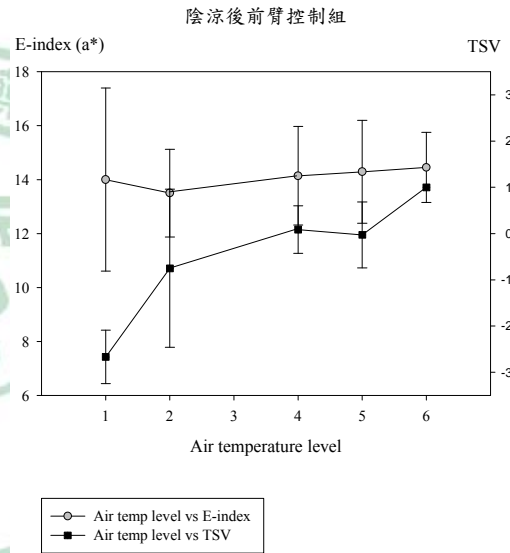
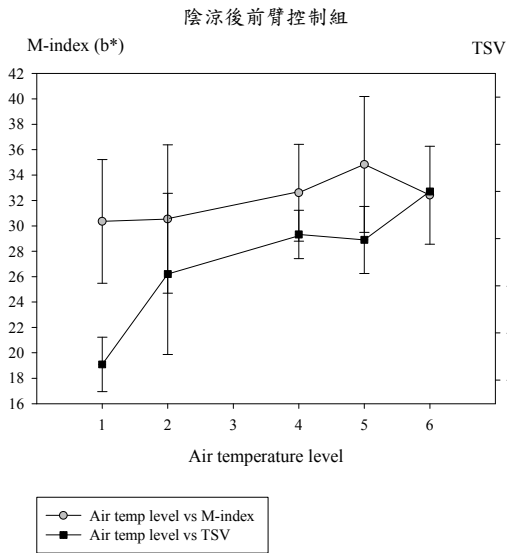
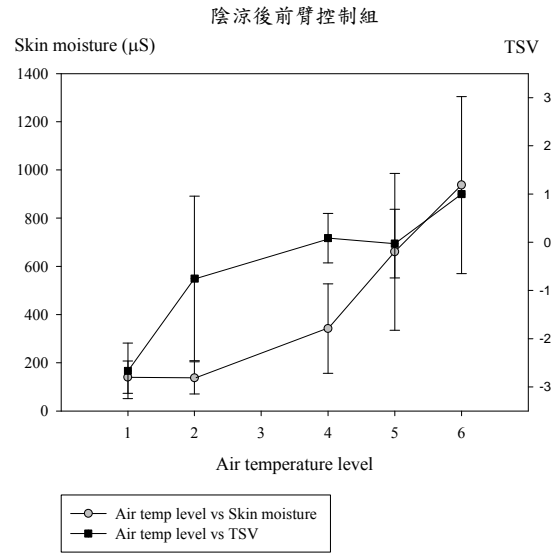
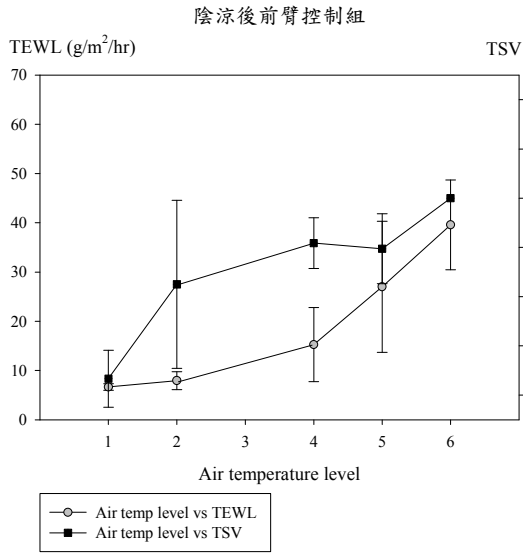


陰涼後前臂實驗組

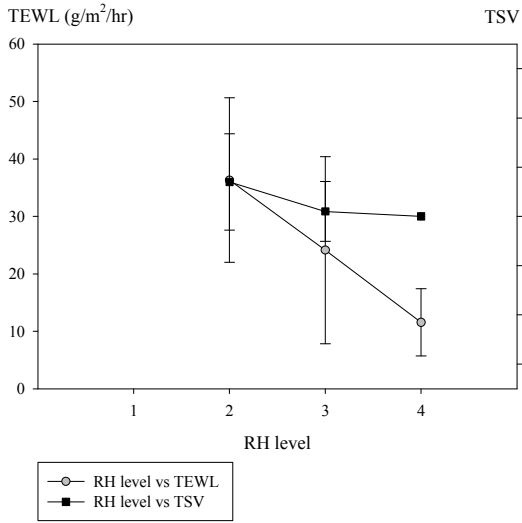


陰涼後前臂實驗組

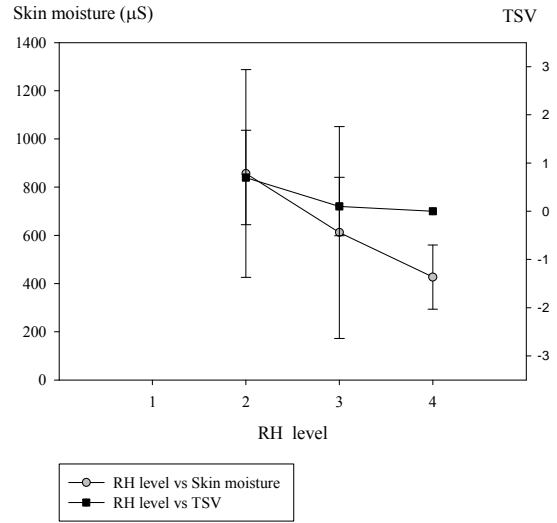




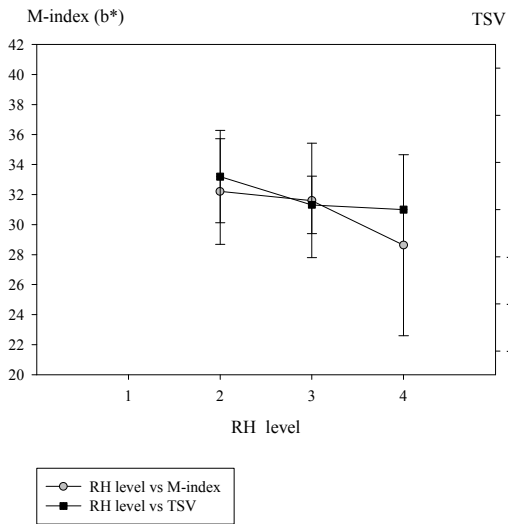
陰涼後前臂實驗組



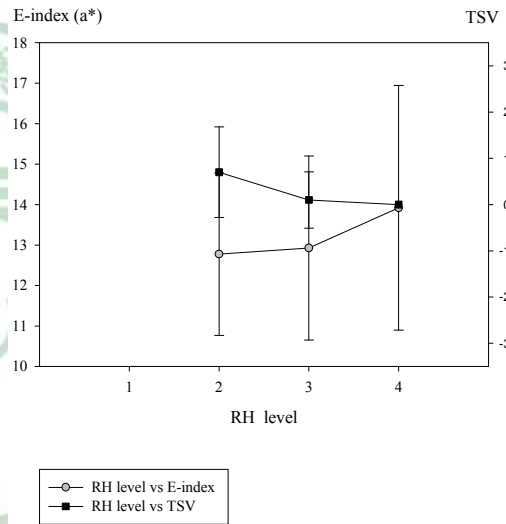
陰涼後前臂實驗組



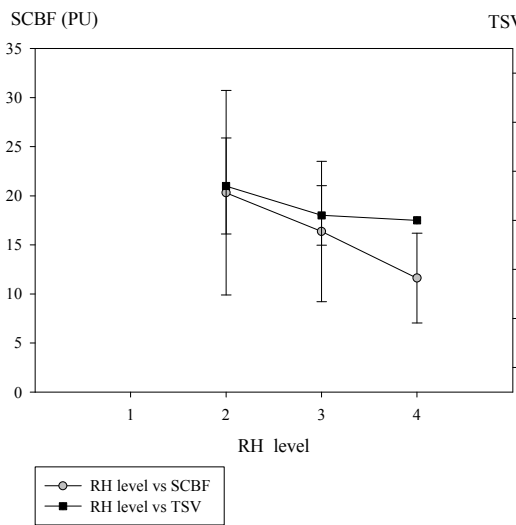
陰涼後前臂實驗組



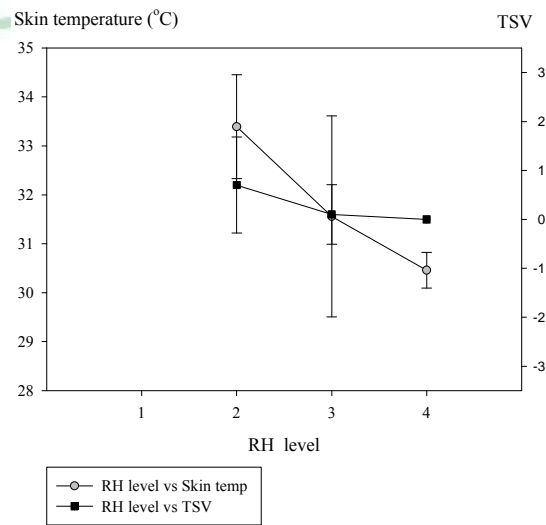
陰涼後前臂實驗組

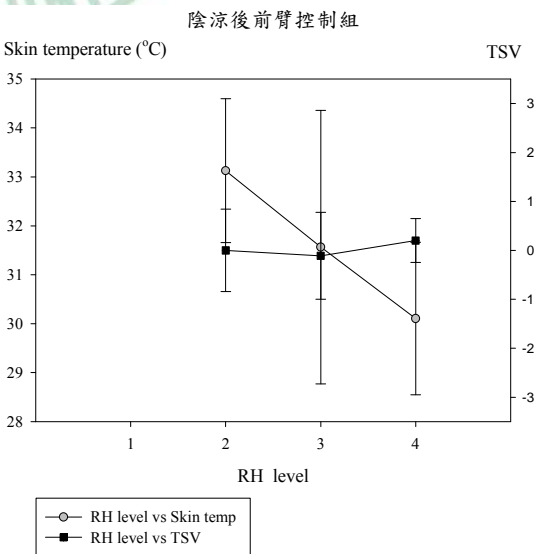
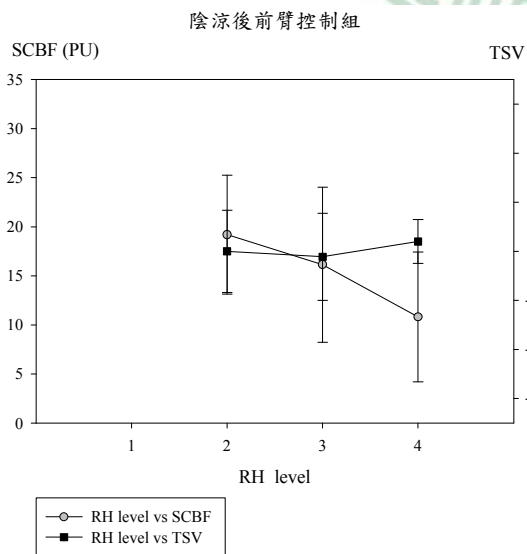
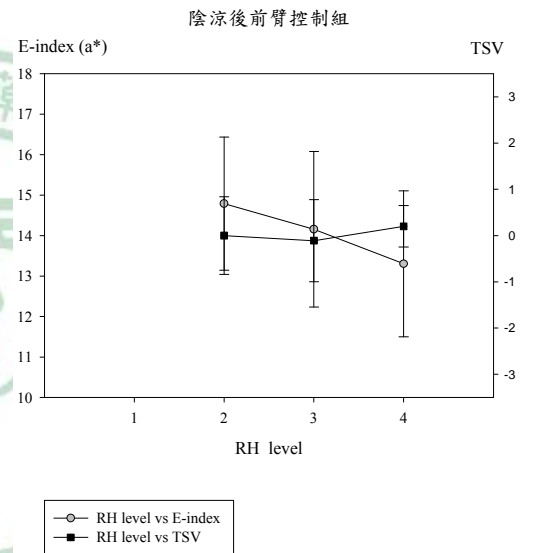
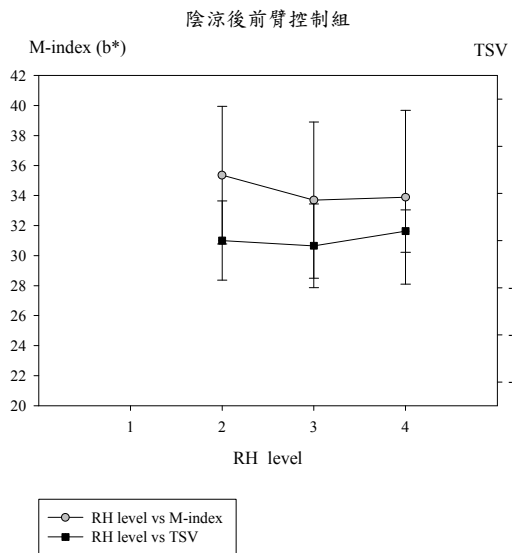
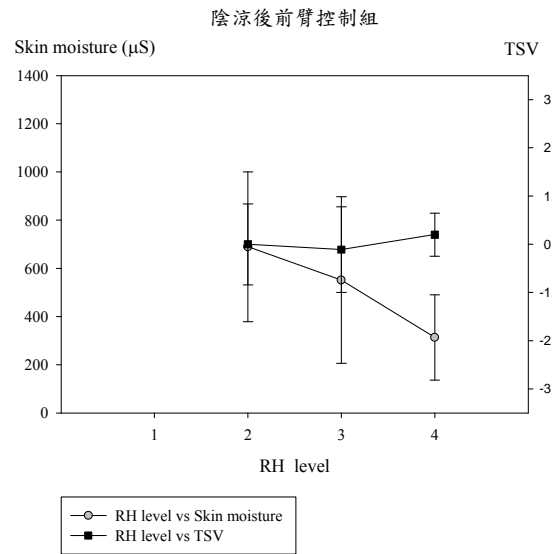
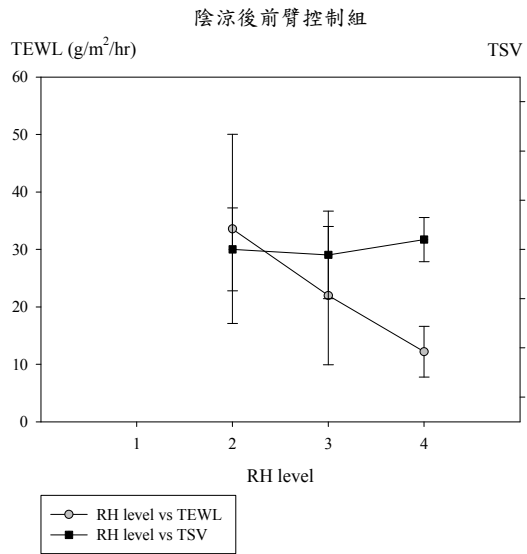


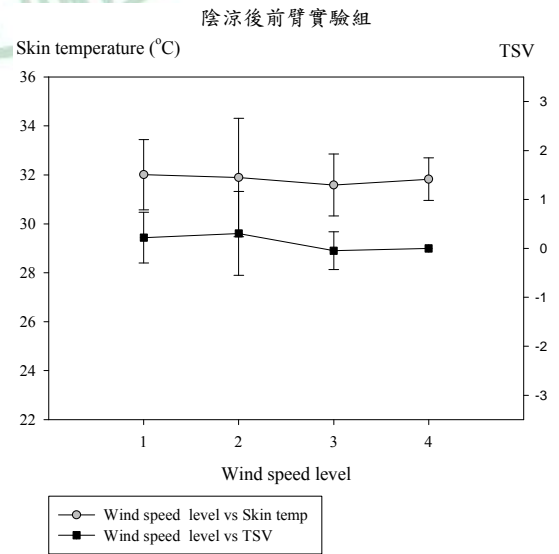
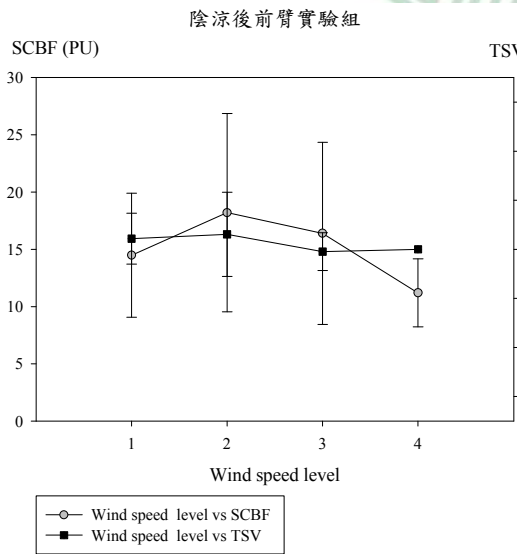
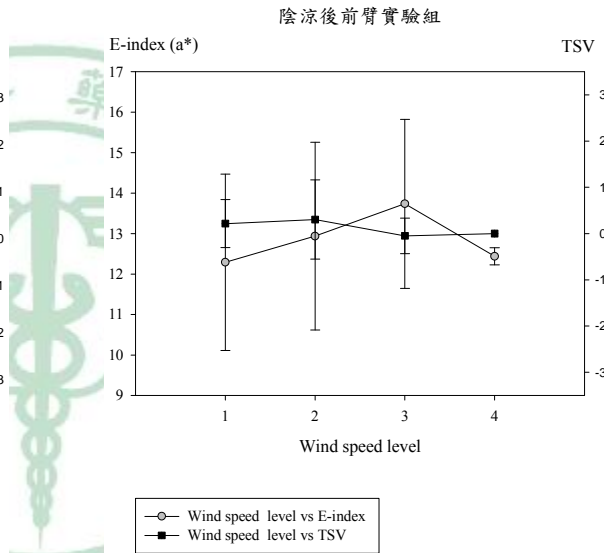
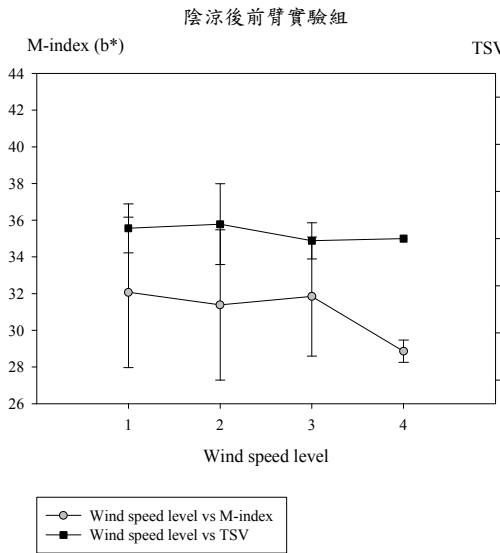
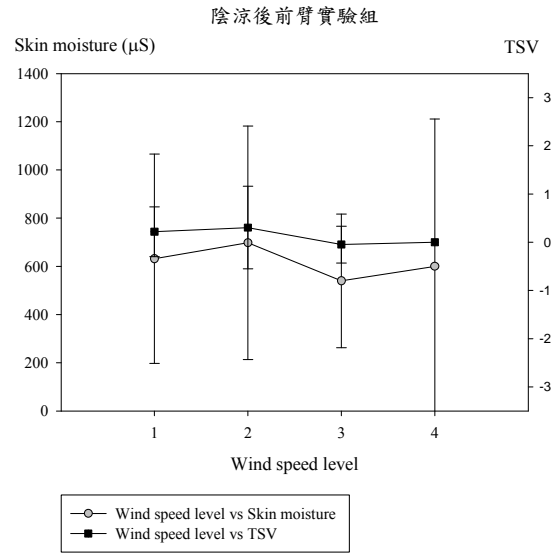
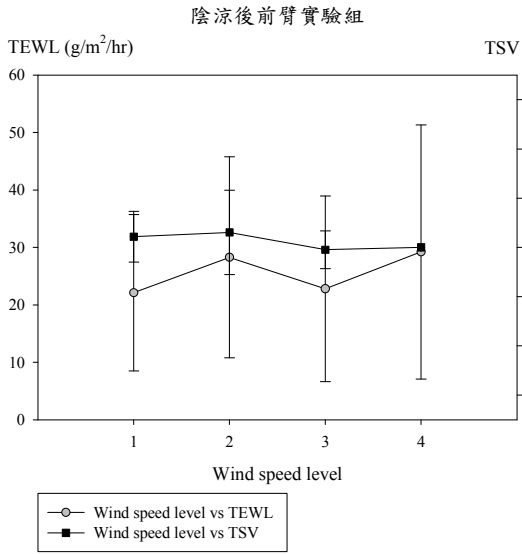
陰涼後前臂實驗組

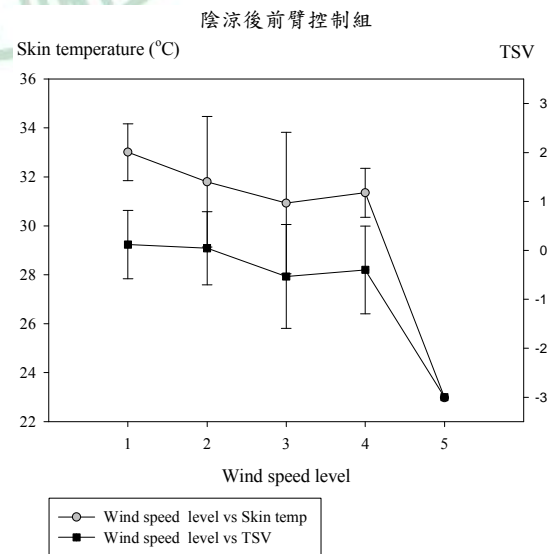
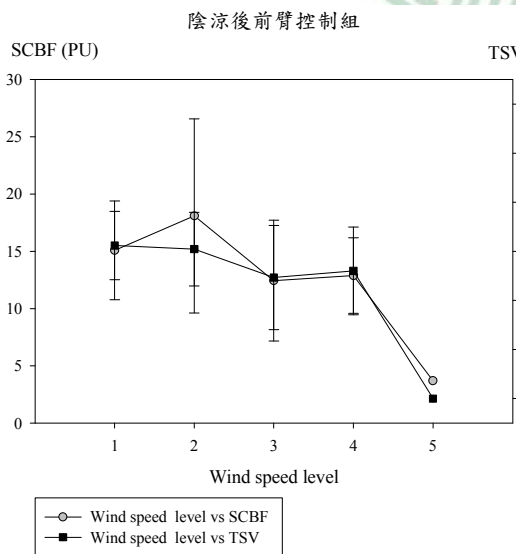
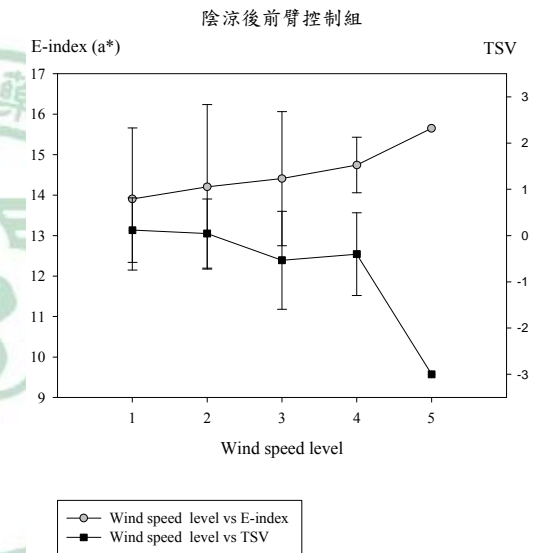
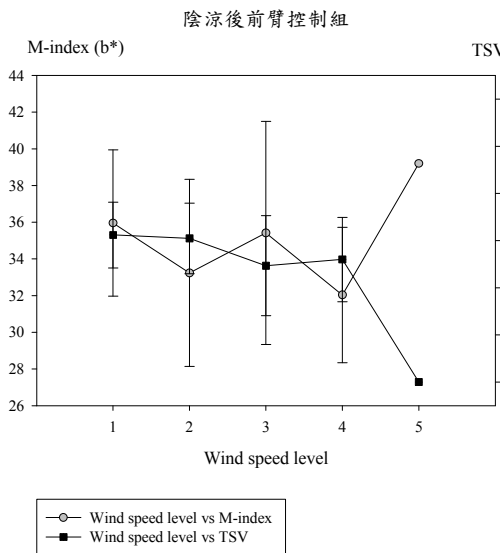
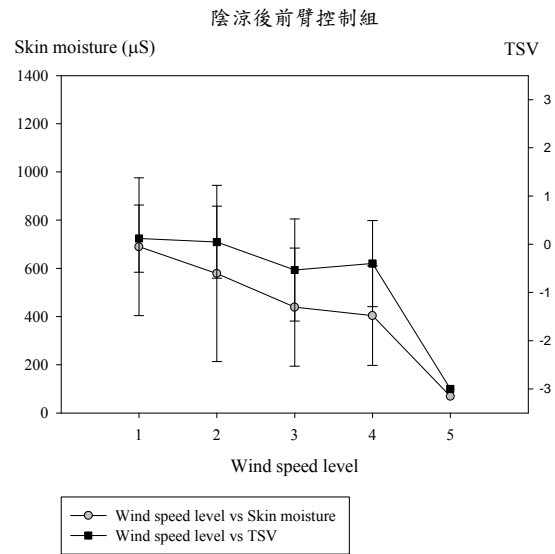
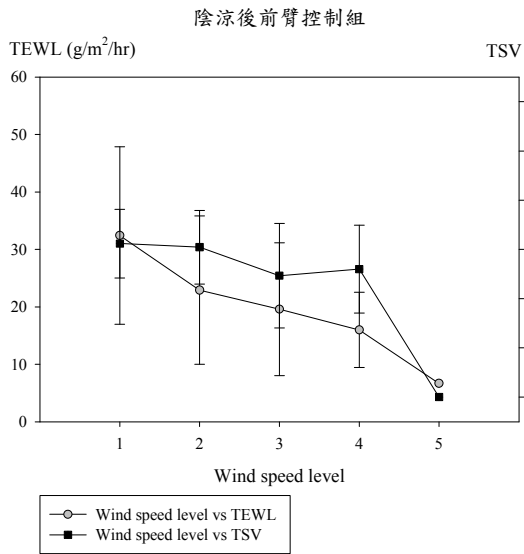


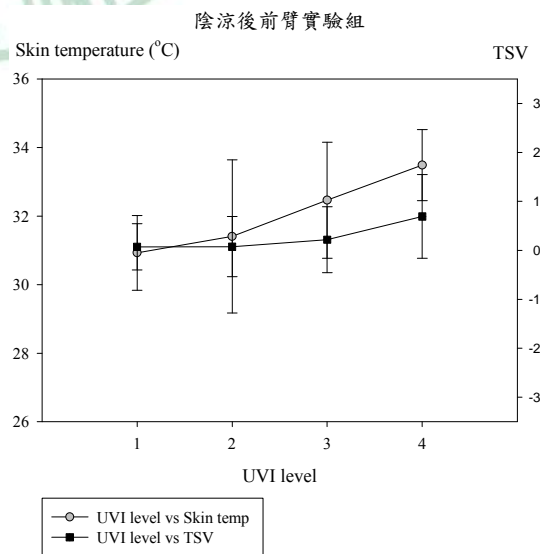
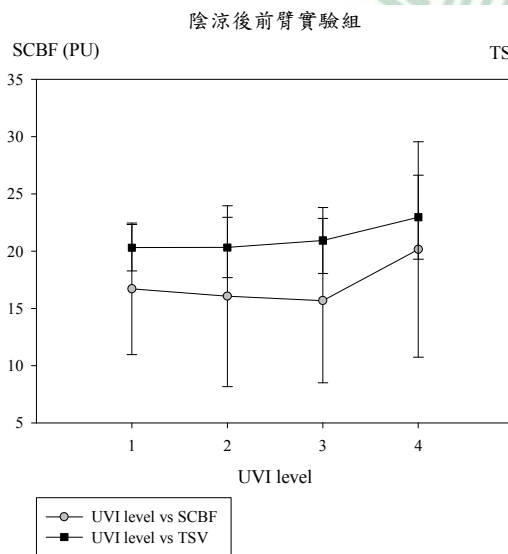
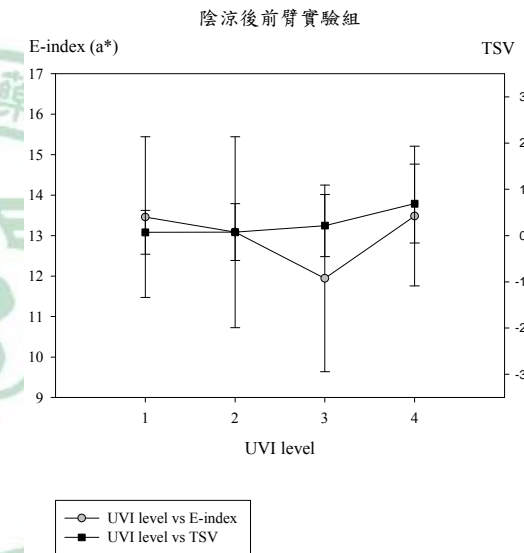
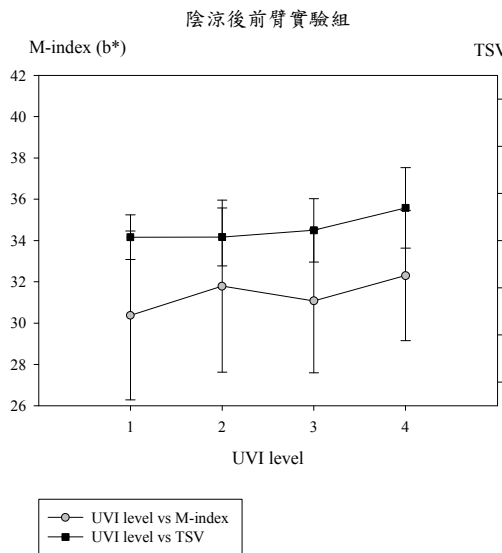
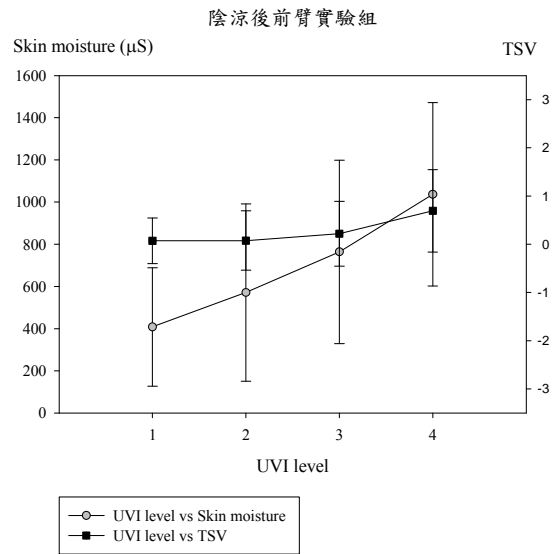
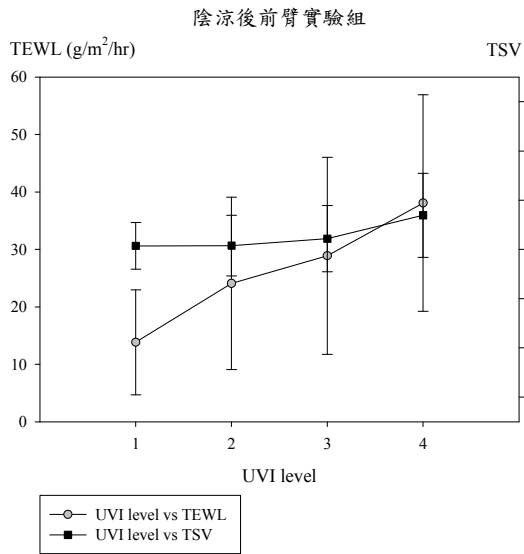
陰涼後前臂實驗組



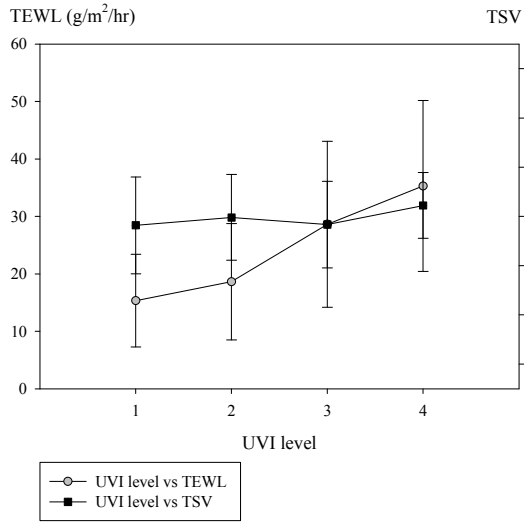




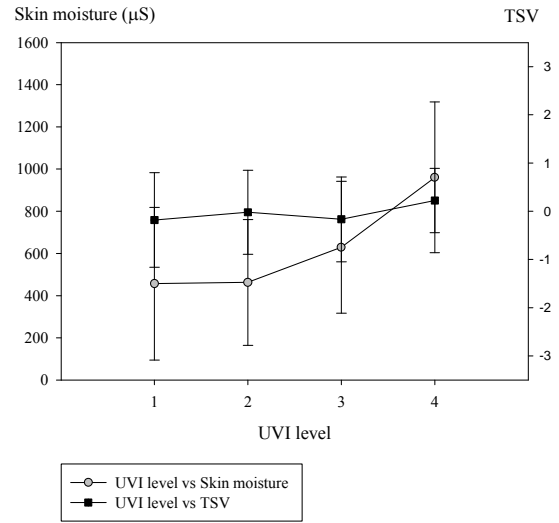




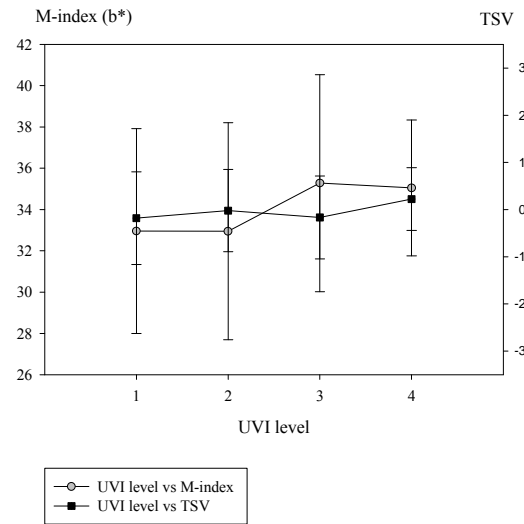
陰涼後前臂控制組



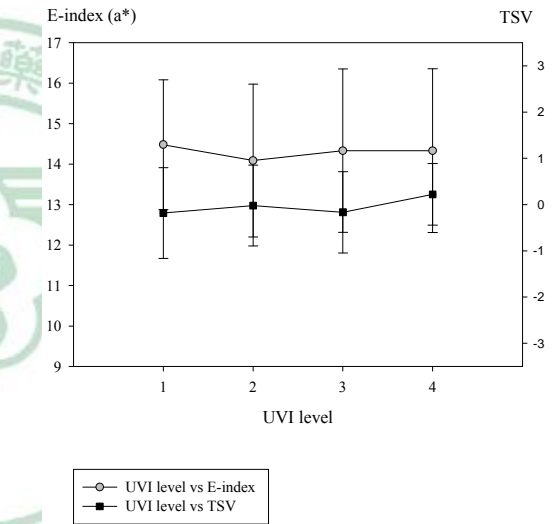
陰涼後前臂控制組



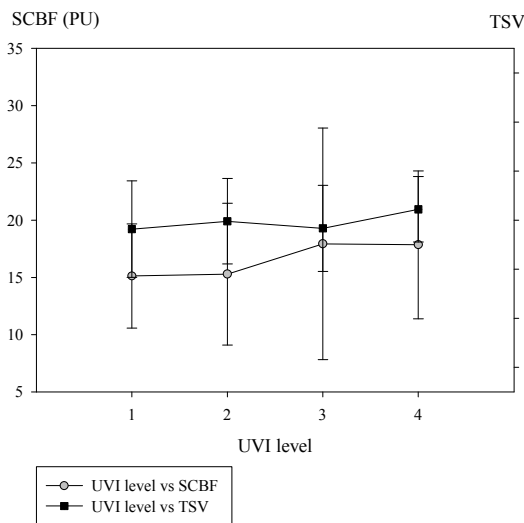
陰涼後前臂控制組



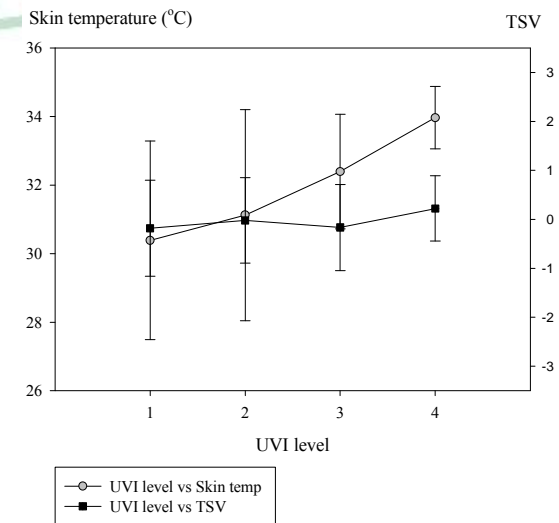
陰涼後前臂控制組



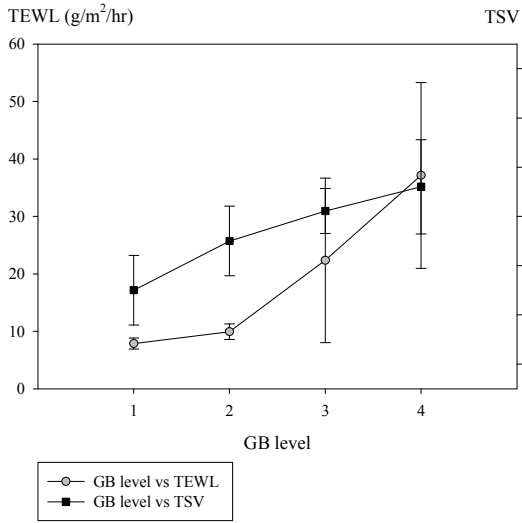
陰涼後前臂控制組



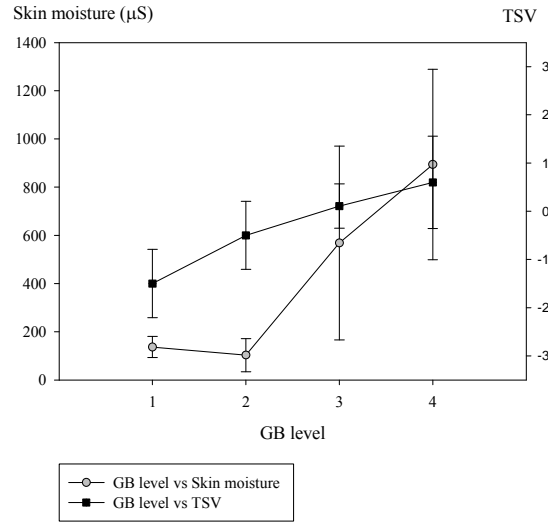
陰涼後前臂控制組



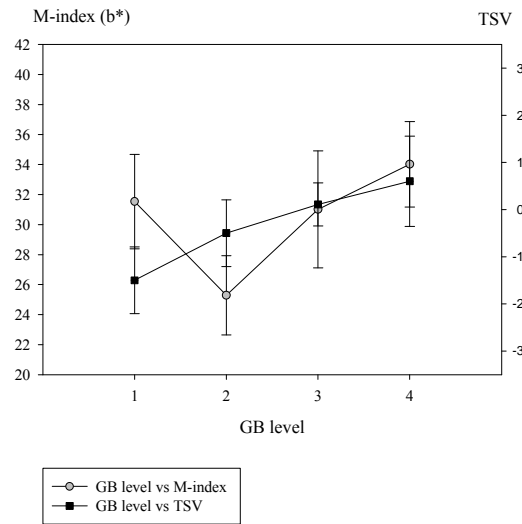
陰涼後前臂實驗組



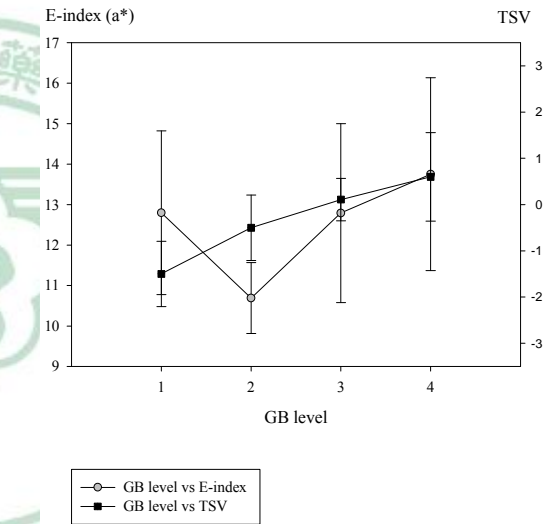
陰涼後前臂實驗組



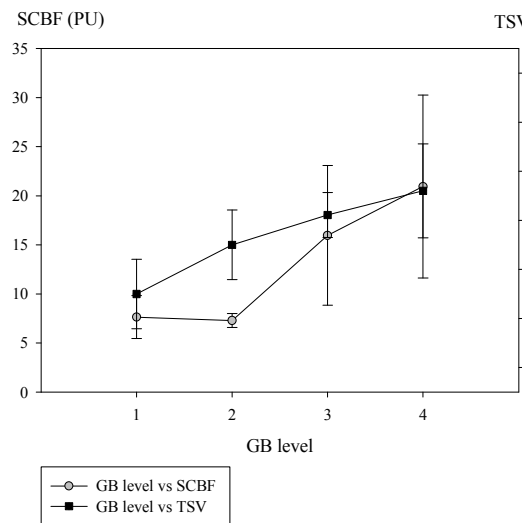
陰涼後前臂實驗組



陰涼後前臂實驗組



陰涼後前臂實驗組



陰涼後前臂實驗組

