

機能性スポーツウェアの研究 2

— 暑熱下での湿度変化が衣服内環境に及ぼす影響 —

A study of functional sportswear II

— The change of humidity on environment within clothing
by functional sportswear under heat environment —

成宮宏俊 伊藤きよ子 岡本 敦

Hirotoishi NARUMIYA Kiyoko ITO Atsushi OKAMOTO

東海学園大学 スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科

Department of Sport and Health Science, School of Sport and Health Science,

Tokai Gakuen University

キーワード：機能性スポーツウェア、暑熱環境、湿度、衣服内環境

Key words : functional sportswear, heat environment, humidity, environment within clothing

要約

本研究は、暑熱環境下で汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアを着用し運動を行った場合に、衣服外環境の湿度の違いが衣服内環境に及ぼす影響について検討することを目的とした。実験では、健康な男子 15 名を対象に心拍数が概ね毎分 150 拍になる運動強度の自転車エルゴメーター運動を 50 分間行わせた。実験環境は、環境温度 $30 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $70 \pm 2.6\%$ と、環境温度 $30 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 2.4\%$ の 2 条件とした。試料は、素材が綿 100% のシャツと、素材がナイロン 76%、ポリウレタン 24% の汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアの 2 種類とした。実験の結果、一般的なスポーツウェア同様、汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアにおいても、衣服内環境は衣服外環境の湿度の違いに影響を受け、衣服内温度および皮膚表面温度は高湿度環境において高かった。また、汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアを着用した場合、綿製シャツを着用した場合と比べ、高湿度環境および低湿度環境とも衣服内温度および皮膚表面温度が低く抑えられていた。さらに、汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアの衣服内温度および皮膚表面温度の上昇を抑制する効果は、湿度の違いによらず発現したが、高湿度環境では小さく、低湿度環境においては大きかった。

Abstract

The aim of this study was to clarify the effects of changes in environmental humidity on environments within clothing during exercise while wearing functional sportswear during hot weather. Measurements were performed on 15 healthy males exercising on bicycle ergometers at target heart rates of approximately 150 beats per minute for 50 minutes. Environmental conditions comprised an ambient temperature of 30°C with relative humidities of either 70% or 50%. Subjects wore shirts made of 100% raw cotton or functional sportswear made of mixed fabric (76% nylon, 24% polyurethane) designed to suppress marked increases in body temperature. As a result, the environment within the clothing was found to be influenced by the difference in humidity even with functional sportswear that promotes transpiration of sweat, as well as general sportswear. Moreover, the temperature within the clothing and the temperature on the skin surface were higher in the environment with high humidity than in the environment with low humidity. In addition, when the functional sportswear that suppresses increases in humidity within the clothing and the skin surface temperatures were worn, the temperature within the clothing and the temperature on the skin surface could be controlled to a lower level in both the environment with high humidity and in the environment with low humidity, as compared with when cotton shirts were worn. Furthermore, the effect from suppression of the functional sportswear temperature within the clothing and the temperature on the skin surface was observed without dependence on difference in humidity, but it was smaller in the environment with high humidity and larger in the environment with low humidity.

1. 緒言

機能性スポーツウェアは、特殊な素材や新たな製造方法を用い製造されたスポーツウェアであり、従来のスポーツウェアと比べより多くの機能を持つ製品である。近年、その効果は多様であり、機能性スポーツウェアメーカーなどの情報によれば、運動中における動作の安定、パフォーマンスの向上、運動による疲労の軽減、運動中における汗の発散促進など様々な機能が謳われている。運動実施時においてどのようなスポーツウェアを着用するかということは、身体からの熱放散に大きく影響すると思われる。特に暑熱環境下においては、身体に過度の熱負荷が加わることが考えられ、このことは運動実施者に悪影響をもたらすことが報告されている（平田ら,1997; 山崎ら,2002; 平田ら,2000）。平林ら（2000）は、激しい運動時において数種類の素材が異なるスポーツウェアを着用することによる身体への影響を検討し、運動による多量発汗時には、衣

服内環境に対してはウェアの通気性の関与が大きいことを報告している。井上ら（2004）は、運動時に着用する衣服の素材の違いによる体温調節機能への影響について検討し、高湿度環境における通気性の低さによって起こる高湿度の衣服内環境により、皮膚温の上昇がもたらされることを報告している。また、井上ら（2009）は、素材の異なるタイトフィットウェア着用時の運動時における衣服内環境や体温調節反応について検討し、素材の違いによる運動中の体温や皮膚表面温度などへの影響は少なかったことを報告している。都竹ら（1989）は、ウィンタースポーツにおける高風速の風に対するウェア素材の通気性が皮膚温に及ぼす影響について検討し、通気性を持たない素材を用いた場合に皮膚表面温度の低下率が低くなることを報告している。機能性スポーツウェアの中には、暑熱環境下での運動時に着用することにより汗の発散を促す効果を持つ製品があり、筆者らは、その一例を報告した（成宮ら,2010）。

これまでの研究において、一般的なスポーツウェアの衣服内環境は衣服外環境に大きく影響されることが報告されているが、実験試料として機能性スポーツウェアを用いた研究はあまりみられない。第1報では、暑熱環境下での運動時において、汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアを着用することにより、皮膚表面温度の上昇を抑制する効果の一例を報告した。しかし、実験環境における衣服外環境の湿度の違いがもたらす衣服内環境への影響について触れていなかった。以上のことから、本研究では、暑熱環境下で汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアを着用し運動を行った場合において、衣服外環境の湿度の違いが衣服内環境に及ぼす影響について検討することを目的とした。

2. 方法

2-1 被験者

被験者は、年齢 21~22 歳で身長および体重が $165.5 \pm 4.7\text{cm}$ 、 $55.2 \pm 2.8\text{kg}$ (mean \pm SD) の健康な男子 15 名とした。被験者は、週に 2~3 回、1 回につき 1~3 時間の運動を実施していた。実験にあたり、被験者には事前に実験の目的、方法、測定項目などを口頭にて説明し、全員から参加の同意を得た。なお、今回の実験プロトコルを得るにあたり予備実験を実施したが、これらの被験者は含まれていない。

2-2 環境条件、実験試料および実験手順

実験は環境温度 $30 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $70 \pm 2.6\%$ と、環境温度 $30 \pm 0.7^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 2.4\%$ の 2 条件とした。試料については、素材が綿 100% のシャツと素材がナイロン 76%、ポリウレタン 24% の汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアの 2 種類とした（表 1）。すなわち、相対湿度 70% で綿製シャツ着用（High Humidity Cotton wear: 以下略 HH-C）、相対湿度 70% で機能性スポーツウェア着用（High Humidity Functional sportswear: 以下略 HH-F）、相

対湿度 50%で綿製シャツ着用 (Low Humidity Cotton wear: 以下略 LH-C)、相対湿度 50%で機能性スポーツウェア着用 (Low Humidity Functional sportswear: 以下略 LH-F) の 4 条件とした。

実験は各環境下において、被験者の体型に合った試料と、足首丈のスポーツ用パンツ (ポリエステル 100%)、靴下 (綿 50% アクリル 50%) および運動用シューズを着用し、回転数が 60 回/分、運動中の心拍数が概ね 150 拍/分になる運動強度の自転車エルゴメーターによる運動を行わせた。なお、この運動強度の設定は、被験者の最大心拍数の約 75%の運動強度にあたる。

被験者は、実験室に入室し 30 分間安静を保持した。その間に、測定機器およびセンサーの装着を行った。その後試料を着用し、自転車エルゴメーター運動を 50 分間行い、終了後は 10 分間のクールダウンを行った。なお、測定中の発汗の処理は眼の周囲のみ行うこととし、他の部位における発汗の処理は行わなかった。発汗の処理はタオルで拭き取ることとし、そのタイミングは被験者が自ら決定し行った。測定はそれぞれの被験者に対して設定日の午後に 1 回行うこととし、また測定は 1 日以上の間隔を空けて行った。試料および実験環境の選択はランダムに行った。

表 1 試料の諸元

	厚さ (mm)	通気度 (cm ³ /cm ² ・s)	組成
綿製シャツ	0.66	68.8	綿 100%
機能性スポーツウェア (胸・背)	0.67	125.1	ナイロン 76% ポリウレタン 24%
機能性スポーツウェア (腹・腰)	0.71	95.3	ナイロン 76% ポリウレタン 24%

2-3 測定項目および統計処理

心拍数、衣服の不快感 (10 スケール; 0 快適、5 どちらでもない、10 不快)、主観的運動強度 (RPE)、衣服内温度および湿度 (胸部; 胸骨中央部、背部; 第 5-6 胸骨棘突起間)、皮膚表面温度 (胸部; 胸骨中央部、背部; 胸椎最後弯部) を測定した。心拍数は 5 分毎に自転車エルゴメーター付属のイヤースセンサー (EZ-101、コンビウエルネス社製) により測定し、衣服内温度ならびに湿度はデジタル温湿度計 (SK-110TR、佐藤計量器製作所社製)、皮膚表面温度はサーミスタ温度計 (DL-240、日機装ワイエスアイ社製) によりそれぞれ測定し、測定データはコンピュータ (CF-B10、Panasonic 社製) に取り込んだ。RPE および衣服の不快感は 10 分毎に被験者に申告をさせた。

測定データの統計解析は、SPSS 19.0 for Windows (SPSS Inc, IL, USA) を使用し、繰り返しのある二元配置分散分析を行い、Bonferroni の多重比較検定を実施した。いずれも有意水準は 5%未満とした。

3. 結果

心拍数、RPE および衣服の不快感について、それぞれと時間との二元配置分散分析の結果、有意な差を認めることができなかった。心拍数については、運動開始から急激に上昇し運動中はほぼ毎分 150 拍に維持されていた (図 1)。衣服の不快感は、LH-F が他に比べ低い傾向であった (図 1)。RPE については、HH-C が他に比べ高い傾向、LH-F が他に比べ低い傾向であった (図 1)。

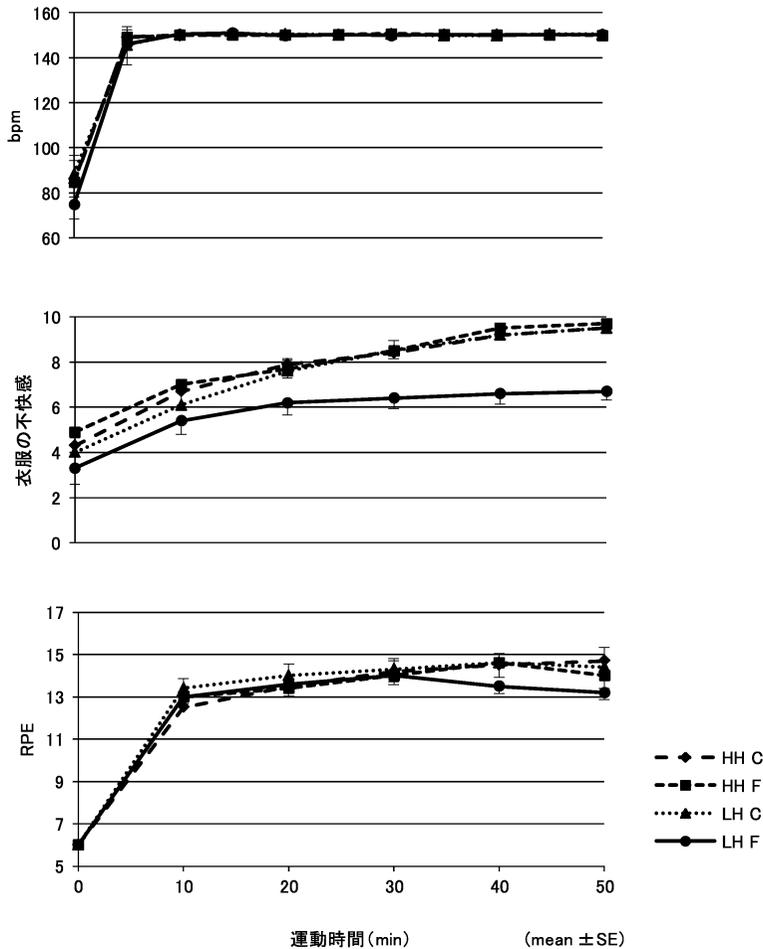


図 1 心拍数 (HR)、衣服内不快感、RPE の推移

衣服内温度について、試料ならびに衣服外の湿度環境と時間との二元配置分散分析の結果、胸部ならびに背部ともに有意な交互作用が認められたため、各要因の単純主効果を検討した。胸部について、HH-C と HH-F 間、LH-C と LH-F 間、HH-C と LH-C 間、および HH-F と LH-F 間に有意な単純主効果が認められた。多重比較検定の結果、HH-C と HH-F 間の運動開始から 5 分以降ならびに LH-C と LH-F 間の運動開始から 5 分以降において、綿製シャツ着用の場合が

機能性スポーツウェア着用の場合に比べて衣服内温度は有意に高かった。また、HH-C と LH-C 間の運動開始から 30 分以降ならびに HH-F と LH-F 間の運動開始から 15 分以降において、高湿度環境の場合が低湿度環境の場合に比べて有意に高かった。背部については、HH-C と HH-F 間、LH-C と LH-F 間、HH-C と LH-C 間、および HH-F と LH-F 間に有意な単純主効果が認め

表 2 胸部と背部の衣服内環境変化

時間(分)	衣服内温度(°C)				衣服内湿度(%)				皮膚表面温度(°C)				
	HH C	HH F	LH C	LH F	HH C	HH F	LH C	LH F	HH C	HH F	LH C	LH F	
	0	34.23±0.42	34.01±0.33	33.85±0.36	33.46±0.54	84.11±5.00	81.19±3.84	73.83±11.56	71.32±8.84	35.71±0.72	35.54±0.41	35.16±0.62	34.90±0.59
5	35.03±0.50	34.49±0.20	34.74±0.74	33.93±0.56	†‡	90.64±4.91	87.53±2.28	81.75±5.29	77.92±6.27	36.23±0.79	35.83±0.39	35.55±0.49	35.42±0.39
10	35.40±0.41	34.74±0.30	35.05±0.74	34.42±0.46	†‡	95.82±3.40	91.39±2.72	88.90±6.48	85.25±5.63	36.72±0.74	36.47±0.22	35.97±0.60	35.97±0.52
15	35.54±0.32	34.86±0.32	35.21±0.66	34.33±0.53	††‡	98.77±1.95	92.91±2.31	93.56±4.50	91.72±3.69	37.04±0.46	36.91±0.27	36.28±0.49	36.17±0.45
20	35.82±0.26	35.00±0.37	35.28±0.58	33.98±0.77	††‡	99.62±0.80	94.73±2.78	95.49±4.09	96.84±4.44	37.15±0.41	37.02±0.17	36.51±0.47	36.29±0.41
25	35.85±0.26	35.02±0.38	35.23±0.55	33.77±0.82	††‡	100	95.76±3.30	96.69±3.48	97.94±4.12	37.29±0.38	37.15±0.29	36.60±0.48	36.40±0.33
30	35.70±0.25	35.05±0.38	35.22±0.61	33.69±0.75	††‡	100	96.64±3.46	97.36±3.48	97.96±4.30	37.36±0.42	37.25±0.28	36.69±0.46	36.43±0.30
35	35.77±0.25	35.02±0.42	35.28±0.57	33.54±0.73	††‡	100	97.39±3.64	98.29±2.98	98.10±4.01	37.42±0.41	37.21±0.32	36.79±0.45	36.42±0.29
40	35.91±0.26	34.97±0.43	35.33±0.53	33.52±0.67	††‡	100	98.29±3.72	98.69±2.78	98.05±4.12	37.45±0.37	37.16±0.34	36.93±0.33	36.26±0.30
45	35.97±0.25	34.92±0.40	35.37±0.53	33.46±0.68	††‡	100	98.44±3.72	98.91±2.69	98.61±2.93	37.51±0.33	37.14±0.35	37.04±0.28	36.26±0.31
50	36.11±0.28	34.86±0.40	35.44±0.46	33.45±0.67	††‡	100	98.54±3.71	98.96±2.61	98.65±2.86	37.52±0.35	37.12±0.37	37.04±0.28	36.18±0.30
	*		*		n.s.		n.s.		n.s.		*		
	*				n.s.				n.s.				
	*				n.s.				*				

時間(分)	衣服内温度(°C)				衣服内湿度(%)				皮膚表面温度(°C)				
	HH C	HH F	LH C	LH F	HH C	HH F	LH C	LH F	HH C	HH F	LH C	LH F	
	0	33.89±0.31	34.07±0.34	33.53±0.32	33.15±0.55	97	78.62±4.10	82.83±2.39	84.58±7.56	68.47±8.72	35.46±0.68	35.37±0.49	35.45±0.21
5	35.00±0.43	34.41±0.33	34.45±0.59	33.72±0.60	‡	83.01±4.07	87.35±2.13	74.62±5.26	76.44±5.06	35.93±0.89	35.70±0.35	34.79±0.72	35.06±0.24
10	35.41±0.52	34.92±0.25	34.68±0.33	34.04±0.55	†‡	87.23±2.45	89.55±1.86	82.78±5.93	81.75±3.65	36.52±0.67	36.25±0.22	35.43±0.31	35.41±0.30
15	35.69±0.43	35.31±0.24	34.80±0.26	34.32±0.61	†‡	89.67±1.76	90.78±1.78	86.20±6.75	85.96±2.49	36.83±0.46	36.80±0.32	35.69±0.37	35.93±0.43
20	35.80±0.33	35.41±0.24	34.84±0.22	34.02±0.69	†‡	90.97±1.44	91.30±1.65	88.16±7.18	88.40±2.70	36.96±0.41	36.91±0.24	36.14±0.48	36.05±0.36
25	35.84±0.31	35.60±0.18	34.77±0.31	33.92±0.63	††‡	92.80±1.31	91.92±1.46	89.52±7.06	90.15±2.80	37.11±0.38	37.02±0.31	36.30±0.42	36.15±0.42
30	35.90±0.26	35.59±0.17	34.78±0.31	33.89±0.60	††‡	93.88±1.61	92.24±1.58	90.46±6.81	91.30±3.06	37.20±0.39	37.10±0.30	36.41±0.44	36.16±0.41
35	35.97±0.24	35.55±0.19	34.77±0.43	33.82±0.59	††‡	94.89±1.48	92.46±1.67	91.24±6.39	91.82±2.94	37.24±0.38	37.15±0.31	36.54±0.40	36.09±0.42
40	36.03±0.24	35.52±0.20	34.75±0.40	33.77±0.60	††‡	95.42±1.45	92.76±1.61	91.92±6.20	92.44±2.75	37.29±0.35	37.15±0.32	36.65±0.40	36.00±0.46
45	36.06±0.21	35.47±0.23	34.80±0.46	33.72±0.65	††‡	95.87±1.35	92.92±1.58	93.08±6.04	92.52±2.47	37.33±0.33	37.13±0.33	36.71±0.43	35.94±0.44
50	36.10±0.22	35.45±0.24	34.85±0.45	33.68±0.57	††‡	96.08±1.32	92.95±1.62	93.82±6.17	92.38±2.44	37.35±0.33	37.09±0.34	36.74±0.42	35.90±0.44
	*		*		n.s.		n.s.		n.s.		*		
	*				n.s.				n.s.				
	*				n.s.				*				

(Mean ± SE) * p < 0.05

各時間と衣服 - 環境における主効果,* p < 0.05, † HH C vs HH F, ‡ LH C vs LH F, § HH C vs LH C, ¶ HH F vs LH F

HH C : High Humidity Cotton wear, H H F : High Humidity Functional sportswear, LH C : Low Humidity Cotton wear, LH F : Low Humidity Functional sportswear .

られた。多重比較検定の結果、衣服内温度はHH-CとHH-F間の運動開始から10分以降ならびにLH-CとLH-F間の運動開始から5分以降において、綿製シャツ着用の場合が機能的スポーツウェア着用の場合に比べて有意に高かった。また、HH-CとLH-C間の運動開始以降ならびにHH-FとLH-F間の運動開始以降において、高湿度環境の場合が低湿度環境の場合に比べて有意に高かった(表2)。

衣服内湿度については、試料・衣服外の湿度環境と時間との二元配置分散分析の結果、胸部ならびに背部とも有意な差は認められなかった(表2)。

皮膚表面温度について、試料ならびに衣服外の湿度環境と時間との二元配置分散分析の結果、胸部ならびに背部とも有意な交互作用が認められたため、各要因の単純主効果を検討した。胸

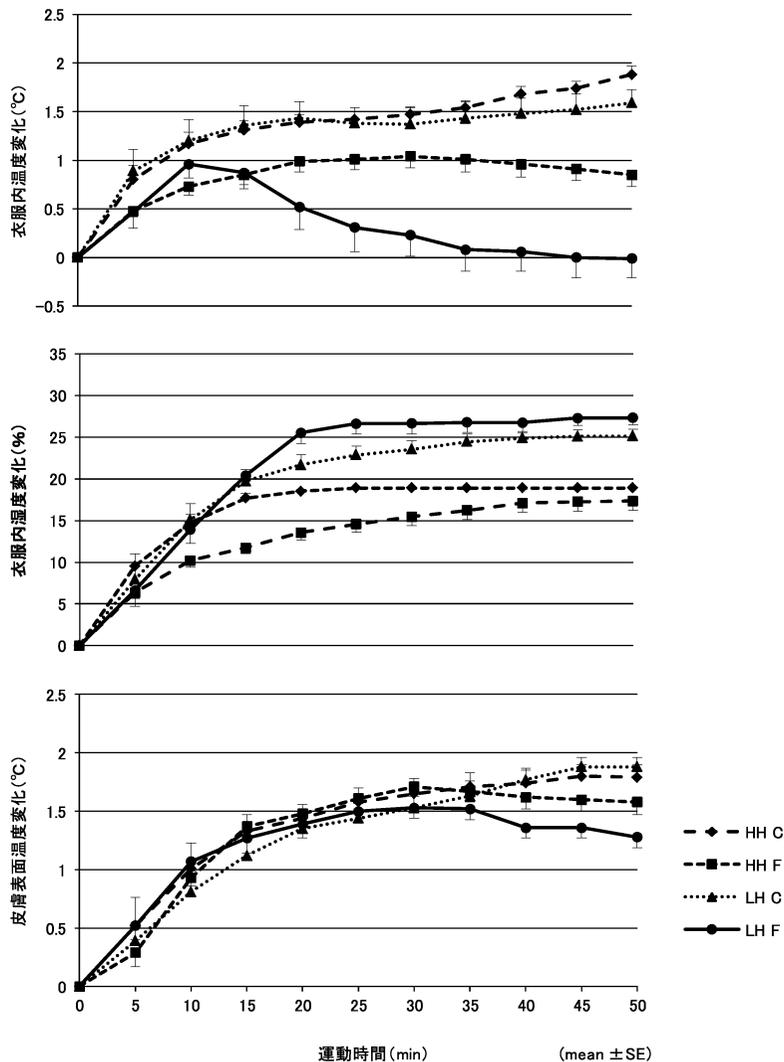


図2 胸部衣服内環境の運動開始時からの変化

部については、LH-C と LH-F 間ならびに HH-F と LH-F 間に有意な単純主効果が認められた。多重比較検定の結果、LH-C と LH-F 間の運動開始から 35 分以降において、綿製シャツ着用の場合が機能性スポーツウェア着用の場合に比べて有意に高かった。また、HH-F と LH-F 間の運動開始以降において高湿度環境の場合が低湿度環境の場合に比べて有意に高かった。背部については、LH-C と LH-F 間ならびに HH-F と LH-F 間に有意な単純主効果が認められた。多重比較検定の結果、LH-C と LH-F 間の運動開始から 35 分以降において、綿製シャツ着用の場合が機能性スポーツウェア着用の場合に比べて有意に高かった。また、HH-F と LH-F 間の運動開始以降において、高湿度環境の場合が低湿度環境の場合に比べて有意に高かった (表 2)。

運動開始時における 15 名の被験者の平均値を基準にして、その後運動終了までの衣服内環境

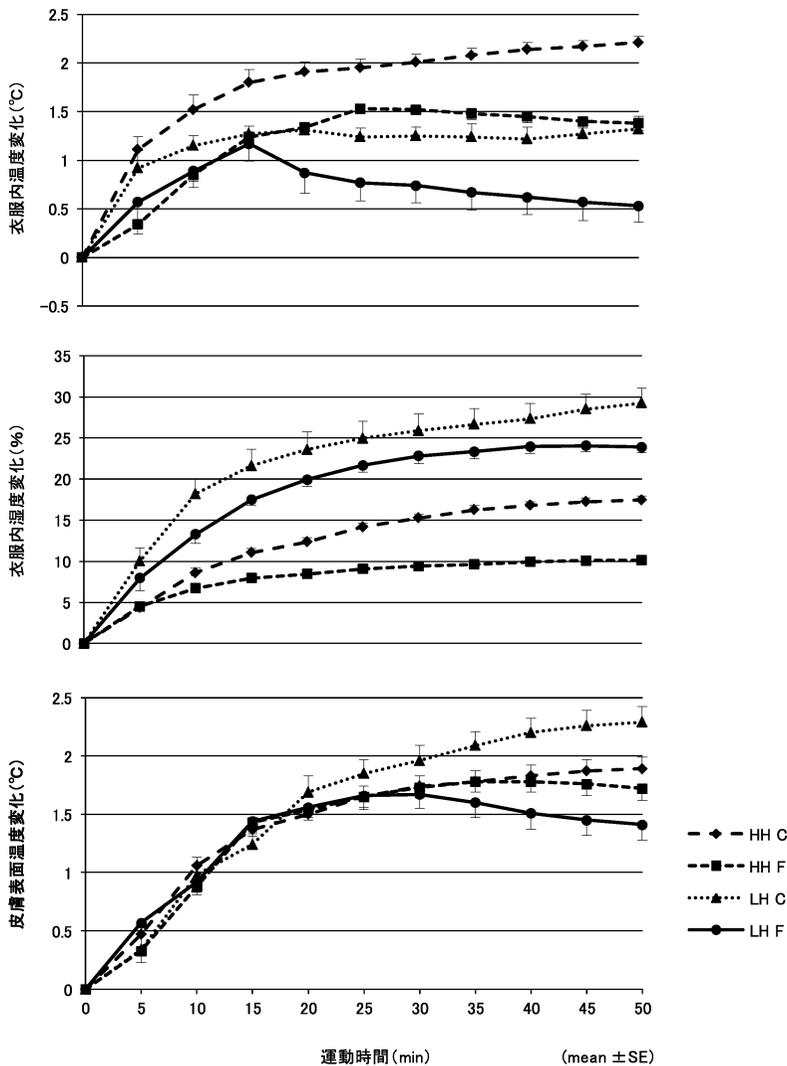


図3 背部衣服内環境の運動開始時からの変化

の変化を示した(図2)(図3)。衣服内温度について、胸部ではHH-CがLH-Cに比べ、HH-FがLH-Fに比べ運動開始から15分以降高く上昇し、背部では運動の経過とともにHH-CがLH-Cに比べ、HH-FがLH-Fに比べ高く上昇していた。衣服内湿度の変化については、胸部および背部とも高湿度環境に比べ低湿度環境の方が高い傾向にあった。皮膚表面温度変化については、綿製シャツを着用した場合は運動開始から終了まで上昇していたが、機能性スポーツウェアを着用した場合、胸部ではHH-Fが運動開始から35分以降、LH-Fが運動開始から30分以降下降していた。また、背部ではHH-Fが運動開始から45分以降、LH-Fが運動開始から35分以降下降していた(図2)(図3)。

4. 考察

4-1 心拍数、衣服の不快感およびRPE

暑熱環境下における運動時の心拍数について、実験における運動負荷のコントロールは自転車エルゴメーターに内蔵されている運動プログラムを採用し、運動中の被験者の脈拍を基に調整されており、有意な差を認めることはできなかった。本実験の4つの条件下では、運動強度はほぼ同じであったと考えられる。

衣服の不快感についても有意差は認められなかった。本実験に使用した機能性スポーツウェアは、試料の通気性の高さと効率よく汗を吸い上げ放散させる性能を有しているが、高湿度環境では放散が十分に起こらず、綿製シャツを着用した場合と同様に汗が衣服内に残り、被験者が不快感を感じたと考えられる。RPEについて、汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアを着用することによりRPEが低下した可能性は考えられる。しかし、運動開始から50分後にはHH-Fも低下しており、またRPEに関しては被験者のコンディションなどが影響するとも考えられ、この点については詳細に検討する必要がある。

4-2 衣服内環境

暑熱環境下における運動時において、衣服内温度ならびに皮膚表面温度は、胸部ならびに背部とも、高湿度環境が低湿度環境に比べて高かった。井上ら(2004)は、高湿度と低湿度の環境下で2種の一般的なスポーツウェア(綿100%の布製と綿35%ポリエステル65%の混紡布製)を用いて運動実験を行い、高湿度環境が低湿度環境に比べ皮膚表面温度が高値になることを報告している。つまり、綿製シャツと汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアを用いた本研究においても、同様の結果が示されたことになる。本実験で用いた機能性スポーツウェアは高い汗の発散性能を持ち、一般的なスポーツウェアよりも効率よく汗を吸収し発散される過程で熱が奪われることによって衣服内温度や皮膚表面温度の上昇を抑制する。しかし、高湿度環境においては十分な汗の放散が起こらず放熱性や放湿性が低下し、その結果衣服内温度ならびに皮膚表面温

度に影響が及び、高値になったことが考えられる。

また、衣服内温度ならびに皮膚表面温度は、胸部ならびに背部とも、汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアを着用した場合に綿製シャツを着用した場合と比べて低かった。都竹ら(1989)や平林ら(2000)は、運動による多量発汗時の衣服内環境に対しては、衣服の吸湿性よりも通気性が強く関与することを指摘し、衣服の高い通気性は衣服内外の熱移動を増加させ、衣服内の温度を低下させるとしている。本実験で用いた汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアは、綿製シャツに比べて高い通気性を持ち(表1)、衣服内温度ならびに皮膚表面温度の上昇を抑制したことが考えられる。

さらに、汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアの衣服内温度ならびに皮膚表面温度の上昇抑制は、低湿度環境と高湿度環境のどちらにおいても確認することができた。しかし、運動中の皮膚表面温度に関して、井上ら(2004)(2009)は、衣服外湿度の影響は衣服の素材の違いにより異なり、高湿度環境では運動中に用いた混紡布(綿35%、ポリエステル65%)ウェアを着用した場合に綿製ウェアを着用した場合と比べて上昇は小さいが、低湿度環境では素材の違いは影響しないことを報告している。本研究の結果とは異なる示唆であるが、汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアは、特殊な製造方法や体幹に強く密着するなど、従来の一般的なスポーツウェアとは異なる特徴を持つ。これらが要因となり、皮膚表面温度上昇を抑制したのではないかと推測される。平林ら(2000)は、皮膚表面温度の変化と衣服内温度の変化には関連性があることを指摘しており、汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアを着用することによる皮膚表面温度の上昇抑制が、衣服内温度の上昇抑制に関係したと考えられる。本実験では、特に低湿度環境において汗の発散を促す効果を持つ機能性スポーツウェアを着用した場合に、衣服内温度の顕著な抑制がみられた。この機序に関しては本研究では明らかではなく、今後の課題となる。また、試料特性は、繊維の種類や形状、糸および布の構造に影響される。これらの点に関しても、検討が必要であろうと思われる。

暑熱環境下での運動時における衣服内湿度について、高湿度環境と低湿度環境間の有意な差は認められなかった。しかし、衣服内湿度の変化については、胸部ならびに背部とも高湿度環境に比べ低湿度環境の方が高い傾向にあった。これは、高湿度環境では低湿度環境よりも運動前の安静期間や運動の初期段階での発汗が多量であったため衣服内湿度が高くなり、それ以降の衣服内湿度が飽和状態に近く、湿度の変化としては小さくなったからであると考えられる。胸部ではHH-Cが運動開始25分から飽和状態に至り、他の条件においてもそれに近い状態となった。さらに、実験中、被験者の胸部には顔面部や頸部からの汗が直接落下していた。これは、自転車エルゴメーターを用いた運動中の姿勢が前傾傾向になることが原因であると考えられるが、この場合、衣服の胸部には、胸部からの発汗に加えて顔面部や頸部からの汗がもたらされることになる。このことは、胸部の衣服内湿度に影響を及ぼした可能性があると思われる。機能性スポーツウェア

アを着用した場合、背部では衣服内湿度変化が高湿度環境および低湿度環境とも低値に抑えられていた傾向であるが、胸部においては運動終了時に最も上昇した結果となっており、衣服内湿度に関してはさらなる検討が必要である。

暑熱環境下において汗の発散を促す効果を持つ機能的スポーツウェアを着用し運動した場合、衣服内温度と皮膚表面温度の上昇が抑制されることが示された。しかし、この衣服内ならびに皮膚表面温度の上昇を抑制する効果は衣服外環境の湿度に影響を受け、高湿度環境の場合には小さく、低湿度環境の場合には大きかった。この点は、暑熱環境下で機能的スポーツウェアを着用し運動する場合において留意すべき点として示唆されよう。

5. まとめ

暑熱環境下において、汗の発散を促す効果を持つ機能的スポーツウェアを着用し運動を行った場合、衣服外環境の湿度の違いが衣服内環境に及ぼす影響を明らかにするために、健康な男子15名を対象に心拍数が概ね毎分150拍になる運動強度の自転車エルゴメーター運動を50分間行わせた。実験環境は、環境温度 $30\pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $70\pm 2.6\%$ と、環境温度 $30\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50\pm 2.4\%$ の2条件とした。試料は、綿100%のシャツと、ナイロン76%、ポリウレタン24%の汗の発散を促す効果を持つ機能的スポーツウェアの2種類とした。

本実験の結果、

- 1) 一般的なスポーツウェア同様、汗の発散を促す効果を持つ機能的スポーツウェアにおいても湿度の違いにより衣服内環境は影響され、衣服内温度および皮膚表面温度は高湿度環境が低湿度環境に比べ高かった。
- 2) 汗の発散を促す効果を持つ機能的スポーツウェアを着用した場合、綿製シャツを着用した場合と比べ、高湿度環境および低湿度環境とも衣服内環境温度および皮膚表面温度が低く抑えられていた。
- 3) 汗の発散を促す効果を持つ機能的スポーツウェアの衣服内温度および衣服内皮膚表面温度の上昇を抑制する効果は、湿度の違いによらず発現したが、高湿度環境では小さく低湿度環境においては大きかった。

謝辞

実験環境の設定や試料の物性を測定するにあたり、便宜をはかってくださいました岐阜市立女子短期大学宮本教雄教授に感謝いたします。

加えて、快く本研究の被験者としてご協力をいただきました皆様に対してお礼申し上げます。

文献

- 井上真理, 柳本周治, 桑原智子, 山田由佳子, 近藤徳彦, 2004. 環境の湿度変化がスポーツウェア着用時における運動時の体温調節反応に及ぼす影響. デサントスポーツ科学, 25: 49-61.
- 井上真理, 大上安奈, 近藤徳彦, 2009. 素材の吸湿性・吸水性の有無がタイトフィットスポーツウェア着用時における運動時の衣服内気候に及ぼす影響. デサントスポーツ科学, 30: 33-44.
- 都竹初稲, 長井茂明, 1989. 高風速に曝されるスポーツウェアの通気性とそれが皮膚温に及ぼす影響. デサントスポーツ科学, 10: 47-57.
- 成宮宏俊, 伊藤きよ子, 岡本敦, 2010. 機能性スポーツウェアの研究: 暑熱環境下における機能性スポーツウェアの体温上昇抑制効果. 東海学園大学研究紀要, 15: 229-235.
- 平林山果, 菅屋潤壺, 鈴木一乃, 石丸園子, 西山哲成, 西村直記, 2000. スポーツウェア用編地の放熱特製, および肌離れ性に関する研究: 第2報 運動時の体温変化に及ぼす影響一, 日本生理人類学会誌, 5-1: 23-30.
- 平田耕造, 井上芳光, 1997. 運動と体温. In: 宮村実晴編、最新運動生理学, 真興交易, pp.249-272
- 平田耕造訳, 2000. 運動と暑熱ストレス. In: W.D.McArdle et al.、運動生理学, 杏林書院, pp.442-460.
- 山崎元, 2002. スポーツ外傷・傷害編, 熱中症. In: 日本体力医学会学術委員会監修、スポーツ医学, 朝倉書店, pp.303-306.