「暑熱環境下の剣道の稽古における熱中症予防に適したウエアの検討」

発表者　川村友希
指導教員　薩本弥生

１．目的

暑熱環境下のスポーツ時には、熱中症が毎年多数報告されている。熱中症発生の多くは屋外スポーツであるが、屋内競技で最も発生件数の多いスポーツは剣道である。剣道の稽古は、他のスポーツよりも全身を覆う防具によって脱水や高体温を引き起こしやすいためである。その他にも稽古法、稽古着と防具、稽古形態のいずれからも熱中症が起こりやすい競技特性がある。しかしそれらは、剣道のよき伝統であり無下に損なうことはできない。そのため、伝統を守りながらも熱中症対策として有効な手段の一つとして、近年着用されるようになってきた夏用剣道着を着用しての稽古が有効であると考えられるが、その性能差について明らかにした研究は見られなかった。

そこで本研究では、通常着用されている剣道着（綿 100％：以下 COT）と夏用剣道着（ポリエステル 95％、綿 5％：以下 PET）の二種類を比較対象とし、ウエアの素材条件の違いによる温熱負荷の違いが人体生理に与える影響を検討する。その結果から、暑熱環境下での熱中症予防に適したウエアの検討をすることを目的とする。また、剣道着の熱負荷がある環境での夏季の練習の時の熱中症予防のための指標としてコア温、皮膚温等の有効性についても検討する。

２．方法

剣道着 COT・PET を比較するため、以下の 3 つの実験を行った。これら実験における被験者は、本学体育会剣道部男子部員 6 名で、年齢 20.7±1.2（歳）、身長 173.2±4.8（cm）、体重 66.5±4.6（kg）であった。

ａ）フィールド実験：

実験期間・場所：2011 年 8 月下旬～9 月上旬・本学体育館 2 階剣道場

測定項目：皮膚温、衣服内温湿度、活動量、主観申告

温熱環境：WBGT により測定（周辺温度 30.3±1.0℃、WBGT 温度 27.3±0.6℃）

実験内容：センサ装着後、剣道着・袴を着用し、胴・垂を着装し、安静、準備体操・素振りをした後、面小手を追加装着し自由稽古、運動後安静。各項目を連続測定した。

ｂ）人工気候室歩行・走行実験

実験期間・場所：2011 年 12 月中旬・横浜国立大学構内 VBL 人工気候室

温熱環境：温度 30℃、湿度 65%RH（フィールド実験時の暑熱環境を模擬）

測定項目：皮膚温、直腸温、鼓膜温、衣服内温湿度、主観申告

実験内容：センサ装着後、剣道着・袴を着用し、上記暑熱環境の人工気候室に入室し、安静、歩行、速足歩行、走行、運動後安静での各項目を連続（1 秒毎に保存）測定した。

ｃ）トレーサガス法実験

実験期間・場所：2011 年 12 月上旬・本学 VBL 人工気候室（温度 20℃、湿度 65%RH）

実験内容：トレーサガス法（定常法）ではトレーサガス（炭酸ガス）をチューブで着衣し

た剣道着内の衣服内空間に 8 本ずつに分岐させた Inlet と outlet のチューブを各々、均等に分布するように被験者の上半身裸体に装着し、その上に剣道着と袴を着用した後、流入・流出流量が等しく一定流量になるように流し、トレッドミルによる歩行（4km/hr）を行い、歩行中の流入（Inlet）、流出（Outlet）する空気中の炭酸ガス濃度および環境の炭酸ガス濃度（Background）を計測した。

実験後、右の式を用いて換気率（VENT）を算出した。

$$VENT = V \cdot \frac{CO_{2in} - CO_{2out}}{CO_{2out} - CO_{2e}}$$

３．結果と考察

ａ）熱中症予防に適した剣道着の検討

暑熱環境下での剣道着 COT と剣道着 PET の比較では、平均皮膚温・衣服内温湿度・耳内温・直腸温・平均体温・発汗量の何れの項目でも PET に比して COT が高い値を示し、人体生理に与える温熱負荷が大きいことが明らかとなった。また、衣服内汗蓄積量も PET に比して COT が高値であり、温熱ストレスが大きいことが明らかになった。換気量の比較では、COT に比して PET が高い値となった。布試料での物性計測により通気抵抗、熱抵抗とも COT が PET よりも高かったため、これらの物性の違いが影響を与えたと思われる。

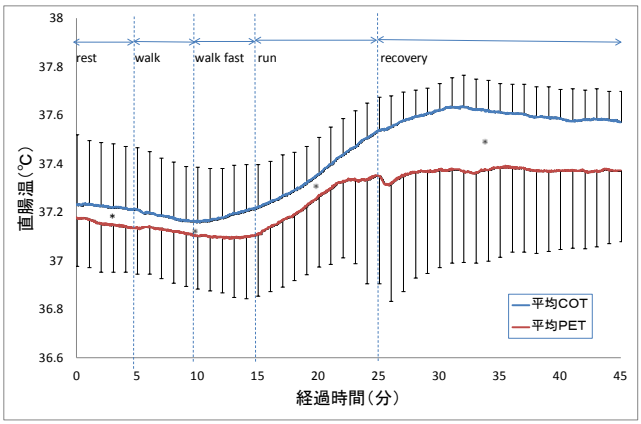

Fig. 1　人工気候室実験　直腸温（＊：p<0.05）

暑熱環境下の剣道の稽古における剣道着の素材として、人体生理に与える温熱負荷が小さい方が熱中症予防に適している。また、暑熱環境下では環境と皮膚温との温度差が小さく発汗が重要な放熱の手段となるため、汗の蒸発による湿性放熱を促すような衣服が望まれる。

以上より剣道着 PET は COT より暑熱環境下での剣道の稽古において熱中症予防の手段の１つとして有効で、夏期練習用ウエアとして適していることが明らかとなった。しかし、夏用剣道着を着るだけで熱中症発症を防ぐことができるとは言えず、適宜小休止を入れる、こまめに水分補給を行う等の対策を同時に行うことで効果が高まると考える。

ｂ）コア温、皮膚温等の熱中症予防の指標としての有効性

耳内温、直腸温とも暑熱環境下の運動負荷を反映して上昇するため、温熱指標として有効であることが明らかになった。しかし、直腸温は、被験者の負担が大きく、耳内温は、温熱負荷による温度上昇の反応が顕著で熱中症予防の指標としての反応性の良さからは有効であるが、現在のセンサは被験者の外耳の形によって絶対値の差が大きいため、コア温の指標とするには、課題がある。またフィールド実験においては、発汗による測定器具の不具合、データの欠損が多くみられた。よって、激しい剣道の動作でも外れないようなセンサ装着の工夫や、暑さや耐水性のある温熱指標のモニタリング可能な無線のセンサシステムの開発が求められる。