

スポーツウェアの運動機能性に関する研究

—スポーツウェアの

身体運動に及ぼす緊縛力の影響—

	高知大学	前田幹夫
(共同研究者)	大阪市大	田中道一
	高知大学	舟橋明男
	同	刈谷三郎
	同	田村和子

A Study on the Performance of Sportswear —The Influence of the Tightening Up Force of Sportswear on Body Movement—

by

Mikio Maeda*, Michikazu Tanaka**,
Akio Funahashi*, Saburo Kariya*,
Kazuko Tamura*

* *Kochi University*

** *Osaka City University,*

ABSTRACT

It is well-known that the mechanics of body movement is influenced by the functional performance of wearing apparel. Low Performance of wearing apparel decreases the level of body activity and comfort.

This study is related to the functional performance of active sportswear required for the improvement of body movement. The interruption of body movement by wearing apparel is measured by the bicycle ergometer and electromyogram.

要 旨

被服の運動機能性が繊維の素材によって著しく異なるということはよく知られている。低い運動機能性の被服を着用していると、身体の運動機能も低い水準を示すようになるし、また持続的な身体運動を続けるならば、不快感や疲労感をもつようになる。

本研究は、アクティブ・スポーツウェアにもっとも要求される運動機能性について、自転車エルゴメータと筋電計を用いて身体運動の阻害性を調べた。

結果を要約すると、以下のようになる。

(1) 筋放電量 (mm) - 被服緊縛力 (g) 線図を描いて検討した。

(2) 上記の線図から、スポーツによく熟達した経験者は、エルゴメータを用いて運動する時に主として大腿直筋を用い、慣性を応用して大腿二頭筋の放電量を節約する。

(3) スポーツに経験の浅い被験者は、自転車エルゴメータの駆動に大腿二頭筋と大腿直筋の両方を同じように用い、疲労し易い。

(4) 被服緊縛力はスポーツの初心者にとって特に重要で、スポーツウェアの設計に大きな影響をもつ。

ま え が き

スポーツウェアは、今日ではプロから一般大衆の衣生活にまで溶けこんでいる。非常に運動機能性の高いスポーツウェアの開発は、プロの記録の

更新を果たす大きな要素であるが、その機能性をプロだけでなく一般大衆のカジュアルウェア用に取り入れることは、間接的に被服として快適な着心地を享受できる可能性をもっている。

被服による身体運動の阻害性を定量的に把握した研究はきわめて少ない。古く、S.M. Ibrahim がスパンデックス衣料について、被服圧計と人体加速度計を用いて、被服の身体運動拘束性を実験した結果が唯一の成果といえる¹⁾。

そこで、本研究では筋電計を用いて、主としてニット衣料による身体運動阻害性を調べ、身体に出来るだけ負担のかからないスポーツウェアの設計に対する指針を得ようとした。

実 験 方 法

1) 被 験 者

健康な成人男子3名で、その身体的特徴を表1に示す。

被験者A, Bの身体的特徴はよく似ているが、被験者Cは大腿部付近に肥満傾向を示す。また被験者A, Bはスポーツにおける熟達者であり、特にBは筋電計による実験経験をもつ。CはA, Bに比べるとスポーツ経験は浅く、身体的にもややスポーツ能力がA, Bより劣ると考えられる。

2) 試 料

ポリエステル100%の市販トレーニングパンツ(ニット, Mサイズ, 長ズボン)と、それと同サイズのトレーニングパンツを、ナイロン100%(ニット)の布で作製して用いた。

図1に、これらの荷重一伸び曲線を示す。

表1 被験者の身体的特徴

被験者	年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)	大腿最大囲 (cm)	膝関節囲 (cm)	下腿最大囲 (cm)
A	20	170	58	53.2	34.2	36.7
B	23	173	59	52.0	35.0	37.5
C	21	165	62	57.2	34.9	36.4

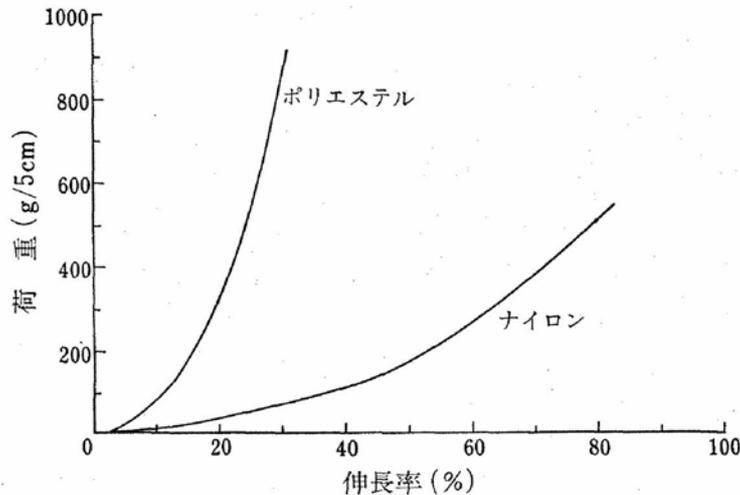


図1 試料の荷重伸長曲線

試験装置は、島津オート・グラフ P-100 を用い、JIS の測定条件（試幅 5cm、試長 20cm、引張速度 30cm/min）で測定した。ストレッチ量は 1.5kg 荷重時で、ポリエステル布が約 35%、ナイロン布が約 110% である。

3) 筋電図

電極に白金皿状円盤を用い、通常の皮膚表面電極誘導法によって記録した。装置は日本光電 RM-6000 型多用途生体監視装置で、感度 0.2~0.5mv/DIN、時定数 0.03 秒、紙送り速度 10cm/sec で記録した。

4) 被験筋

下肢の運動が膝関節の屈曲伸展（膝関節の屈曲角度が 60°~120° までの範囲）なので、電極は大腿直筋と大腿二頭筋の筋腹中央に装着した。

5) 運動様式

被験者に対して、自転車エルゴメータ（Monark 社製）により、サドルから床に 180° の膝関節角度をとり、最大屈曲時の角度をほぼ 60° になるように規定し、運動は 1.5kp の負荷を与え、毎分 60 回転で行なった。

一般に、自転車エルゴメータを用いて筋力測定を行なう場合に、ペダル上面に足裏を水平に接触して主軸を回転するものとし、クランク半径を r 、足裏によってペダル上面に加える垂直荷重を

Q とすると、主軸の回転トルクは $Qr \sin \theta$ となる。ここで θ はクランクの上死点を 0° とし、クランクの回転方向に測ったクランク角である。

すなわち、大腿二頭筋および大腿直筋の屈伸によって得られる筋電図の 1 サイクル当りの筋電位の大きさは、それぞれ理論的には上記のトルクの大きさの変化に伴って正弦的に変化するものと考えられる。

あとで説明するように、図 2、図 3 にこのような筋電図が示されており、屈伸に伴う筋電図が毎秒 1 回転中に重畳してあらわれていることがわかる。

結果および考察

1) 筋電図

筋電図は一般的には、動作時にどの筋肉がどの程度働くかを模式化して表わしているが、本研究では、日本光電製 EI-600G を用いて筋放電量を積分した。

積分値を表わすのに、2つの方法を用いた。1つは、事前にセットした積分量に達した時にリセットする方法で、これは時間 (sec) の長短で示される。一例を図 2 に示す。もう 1つの方法は、一定時間（今回は 5 秒ごとにリセットされる）内の積分量で、これは高さ (mm) の高低で示され

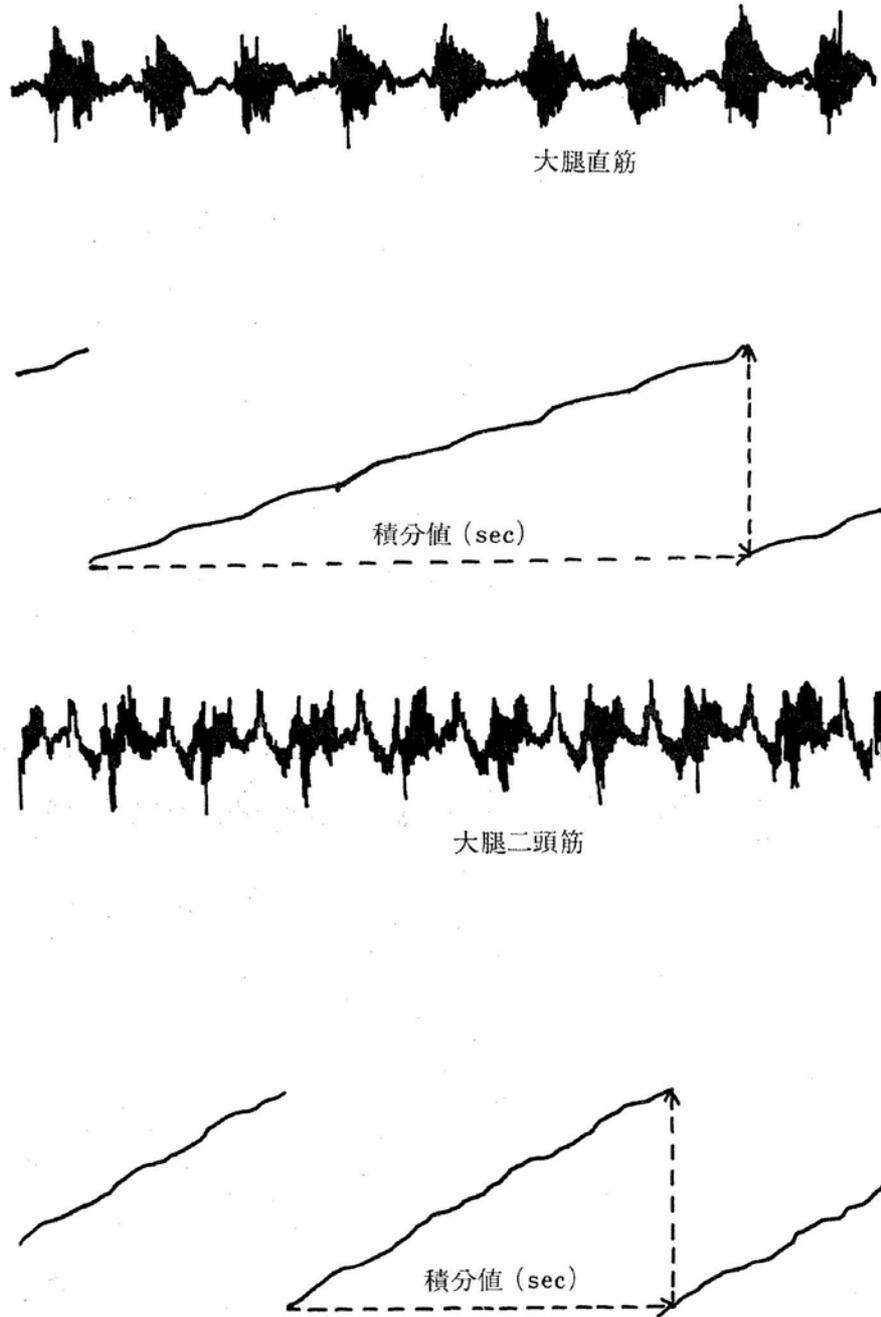


図2 筋電図
被験者A, ポリエステル長パンツ着用

る。一例を図3に示す。

したがって、放電量が少ない場合、その積分量が小になるので、時間値は長くなり、高さ値は低くなる。

本報告には、一般によく行なわれる一定時間内の筋電位の積分量 (mm) として測定した場合の実験結果のみを示すことにした。

本実験は、身体運動に自転車エルゴメータを用い、その負荷を 540kpm に一定しているの、筋放電量が小であるほど効率がよいことになる。もし筋放電量が多くなるとすれば、それは、エルゴメトリーの負荷量以外に、この実験では各種ズボン着用に伴う抵抗と考えられる。もう1つは、筋の運動および重力による筋の振動が考えられる

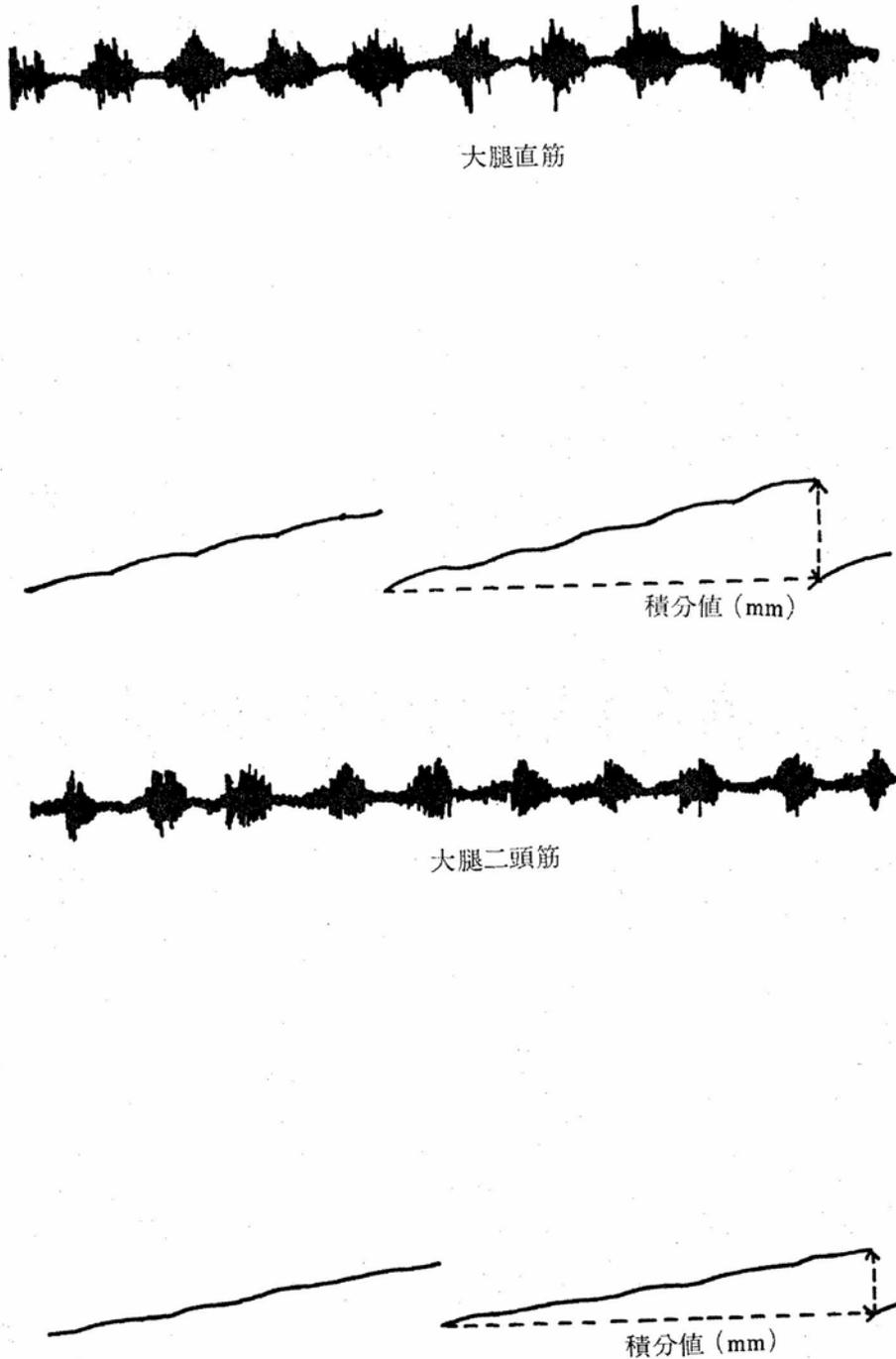


図3 筋電図
被験者B, 半ズボン着用

が、今回は測定しなかった。

筋電図は、①半ズボンを着用した場合、②長ズボンを着用した場合について記録した。

2) 長ズボンの伸び

ズボン着用によって身体に加わる緊縛力を測定するために、まずズボンの伸びを測定してみた。

長ズボンを着用して自転車運動を行なった後、最大屈曲時における布の伸びを測定した結果を図4、図5に示す(測定方向は垂直方向)。

伸展位を0として、膝頭を中心に大腿側、下腿側に1cmごとに測定した。

図4はナイロン布の伸びで、被験者AとCは膝

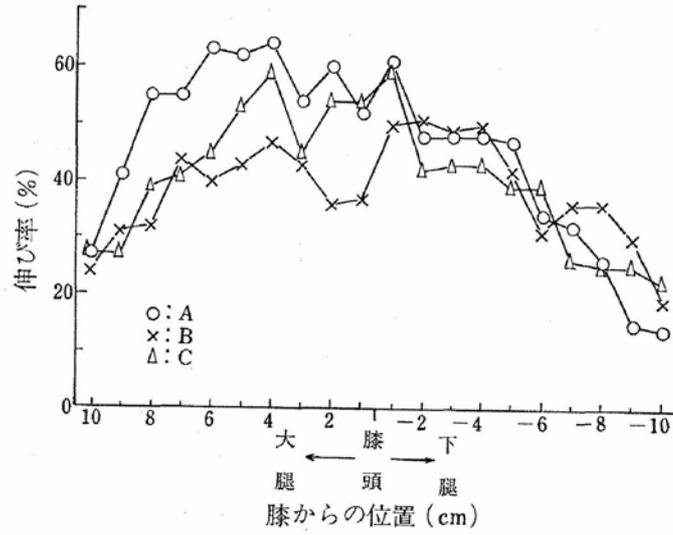


図4 膝の屈曲による伸びの分布
ナイロン長ズボン着用

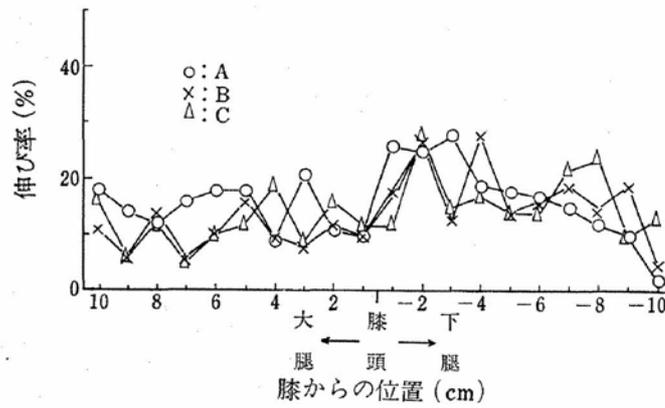


図5 膝の屈曲による伸びの分布
ポリエステル長ズボン着用

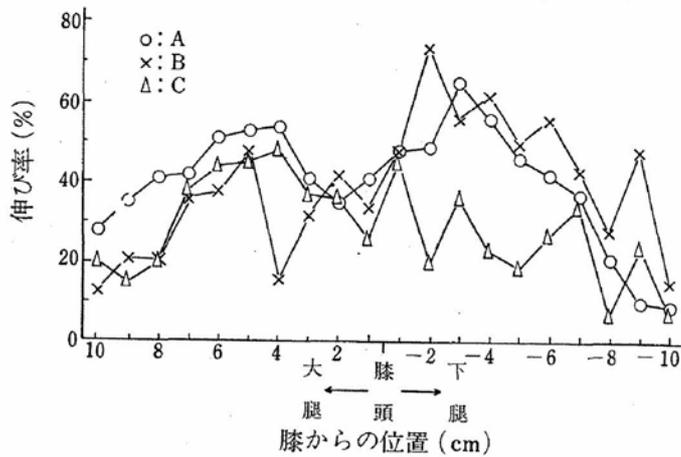


図6 膝の屈曲による伸びの分布
皮膚

頭より太ももに寄ったところに最大値があるのに対して、被験者Bは膝頭より足先へ寄ったところに最大値がある。

図5はポリエステル布の伸びで、A、B、Cとも膝頭より足先へ寄ったところに最大値がある。

全体的には個人差がみられるが、ナイロン布の伸びの大きいことがわかる。

同様に、最大屈曲時における皮膚の垂直方向の伸びを測定した。結果を図6に示す。

AとBが膝頭より足先へ寄ったところに、Cが太ももに寄ったところに最大値がある。

さらに、膝頭のあたる10cm間の伸びを比較すると、表2に示すようになる。

表2 10cm間の布の伸び(%)

被験者	半ズボン	長ズボン	
	皮膚	ナイロン布	ポリエステル布
A	49.3	57.4	19.0
B	49.7	44.8	17.9
C	37.5	49.7	17.4

ナイロン布の伸びが皮膚とほとんど同じかそれ以上であるのに対して、ポリエステル布はナイロン布の約1/3であることがわかる。

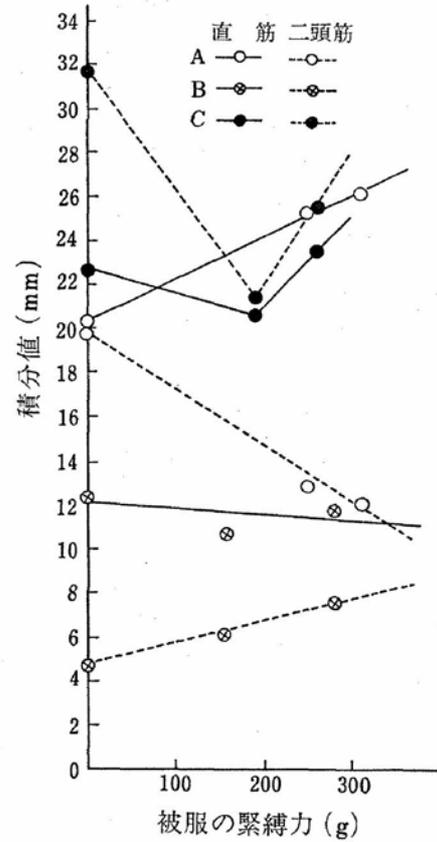
3) 布にかかる張力

図1に示した試料布の荷重-伸び曲線図から、長ズボンにかかる張力を読みとると、表3に示すようになる。

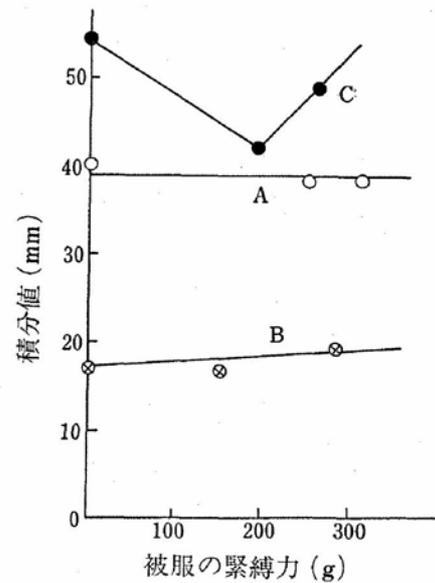
表3 布にかかる張力(g)

被験者	長ズボン	
	ナイロン布	ポリエステル布
A	250	310
B	155	280
C	190	260

ナイロン布とポリエステル布との間に、被験者Aでは60g、Bでは125g、Cでは70gの差がある。



a) 大腿二頭筋，直筋別の線図



b) 大腿二頭筋，直筋の筋放電位の合計値を示した線図

図7 筋放電位積分値(mm)と被服緊縛力(g)の関係

ることがわかる。

4) 布にかかる張力と一定時間内の積分量との関係

自転車エルゴメータによる筋電図の結果と被服着用による拘束力との関係を求めるために、ズボンに加わる張力、すなわち被験者の脚部（大腿部）に加わる緊縛力を、図1の伸長率線図から、上記の被服の着用時の伸長率を用いて間接的に測定した。その緊縛力は5cm幅の布地に対して0～310gにわたる。実験結果は図7のとおりである。

図7は、たて軸に筋放電位の積分値（mm）を示し、よこ軸は被服緊縛力（g）である。図7(a)は、被験者A、B、Cおよび着用被服素材別に積分値—緊縛力の関係を示す図である。

この図でわかるように、A、Bは共に大腿直筋がエルゴメータに敏感に現われ、両者は $\theta=0\sim 180^\circ$ の間で直筋を活用している。すなわち、エルゴメータに対する負荷は、伸筋によるペダルの押圧力が大きく、これに対して、大腿二頭筋による押圧力は小さい。これら両者はスポーツの熟達者であり、ペダル駆動に対して、一方の脚によるペダル駆動は $\theta=0\sim 180^\circ$ の間において積極的であり、これと同時に他方の脚は $180^\circ\sim 360^\circ$ の間において慣性を応用して、エルゴメータ駆動に費やすエネルギーの省略を行なっていることがわかる。

Cは、スポーツに対する経験がA、Bよりやや浅く、大腿二頭筋を用いることが大腿直筋より多く、緊縛力が大きくなると、二頭筋、直筋の両者を同時に使用し、筋エネルギーの消費が著しく多くなる。

図7(b)は、図7(a)の大腿二頭筋、同直筋の放電位量（mm）を合計したものを示す。

既述のように、エルゴメータ1回転（いまの場合毎秒1回転）についてみると、大腿二頭筋および直筋は重畳して作用していることが筋電図から明らかであるから、これら両者の筋放電量を合計して、筋エネルギーの消費量を示すことが合理

的であると考えられる。

合計量を示した図7(b)からわかるように、スポーツ熟達者A、Bに比べてスポーツの経験の浅いCは大きな筋放電量を示し、運動後に大きな疲労を伴うことになる。また被験者すべてを通じて、筋放電量の合計は、現在の実験では、被服緊縛力の変化に対してはほとんど一定値を示していることがわかる。

ま と め

スポーツウェア着用による身体拘束が身体運動の機能性に及ぼす影響を、筋電計を用いて実験した。

(1) 身体運動の消費エネルギー、すなわち筋放電量は自転車エルゴメータを用いて、被験者3名によって行なった。

(2) 筋電図は、一定時間（本実験では5秒間隔）にリセットされる積分量（mm）を求めた。

(3) 被服緊縛力（g）は、あらかじめ測定した被服素材の荷重伸び率線図によって、被服を実際に着用したときの伸び率から求めた。

(4) 筋放電量（mm）—被服緊縛力（g）線図を描いた。この線図から、よくスポーツに熟達した経験者は、エルゴメータを用いて運動するとき主として大腿直筋を用い、慣性を応用して大腿二頭筋による筋放電量を節約するが、スポーツにやや経験の浅い被験者は、主として大腿二頭筋と大腿直筋を同時に用い、筋放電量は前二者に比べて非常に大きく、疲労し易いことがわかった。

(5) 上記実験結果から、被服緊縛力はスポーツ初心者にとって特に重要で、スポーツウェアの設計に当たって留意する必要があることがわかった。

文 献

- 1) S.M. Ibrahim; Mechanics of Form-Persuasive Garments Based on Spandex Fibers, *Text. Res. J.*, 950 (1968-9)