

アロビクス・ダンスにおける表面筋電図学的検索

一周波数分析および積分による筋機能の評価—

大阪市立大学 大久保 衛
(共同研究者) 同 西浦 道行 上野 憲司
同 吉田 玄 辻 貴史
大阪体育大学 市川 宣恭

Evaluation of Muscle Function Using Integrated EMG and Power Spectrum During Aerobic Exercise

by

Mamoru Okubo, Michiyuki Nishiura,
Kenji Ueno, Gen Yoshida and Takashi Tsuji
*Osaka City Univ. Med. School Department
of Orthopaedic Surgery*

Nobuyasu Ichikawa
*Osaka College of Physical Education,
Department of Sports Medicine*

ABSTRACT

In aerobic dance programmes, main dance period is the most important for increasing aerobic power. But, it is thought that this period involves some risk of injuries of musculoskeletal systems.

In this study, muscle function were investigated using surface electromyogram (EMG), in which mean power frequency (MPF) and integrated EMG (IEMG) were analysed, during aerobic dance, especially in running.

Six female subjects, two professional instructors and four beginners, performed trial bouts for four times, before running and ten, twenty and twenty five minutes after running respectively, at maximum voluntary isometric contraction for ten seconds. EMG were recorded in the quadriceps, medial

hamstring, anterior tibial muscle and triceps surae muscles.

Generally, muscle fatigue is defined as (1) a decrease in muscle force, (2) an increase in EMG activity under standardized load and (3) a shift of power spectrum toward lower frequency.

Muscle fatigue, determined by a simultaneous shift of MPF toward lower frequency with an increase in IEMG, were observed in the beginner with a poor muscle strength measured before running.

要 旨

アロビクス・ダンスのうちメイン・ダンスといわれる部分が有酸素能力の向上には最も重要であるが、下肢に対する負担も当然この部分で大きくなる。本研究では運動器官の障害予防の面から、メイン・ダンスにおけるランニング中の下肢の表面筋電図を記録し、筋機能の検索を行った。

被験者はアロビクス・ダンスのインストラクター2名、アロビクス・ダンスの経験のない初心者4名で、最長25分間連続してランニングを行い、開始前、開始後10分、開始後20分、開始後25分の時期に最大努力下に10秒間、被験筋の等尺性収縮を行わせ、その時の表面筋電図を記録した。記録部位は、大腿四頭筋の内側広筋、前脛骨筋、大腿屈筋内側、および下腿三頭筋筋内側であった。被験側は便宜上左側とした。

一般に筋疲労は、(1)筋力発生の低下、(2)一定張

力保持(負荷)でのEMG活動(振幅と頻度)の増加、および(3)EMGのパワースペクトルの低周波数帯域への移行として定義されている。

後2者を同時に満たす場合を筋疲労と考えると、非経験者のうち、事前の筋力測定値が劣る例で疲労現象が認められた。

はじめに

アロビクス・ダンスは、主として有酸素能力の向上を目指すエクササイズの一つであるが、痩身美容あるいはダンスそのもののファッション性ゆえに若い女性を中心にその実施人口が急激に伸びている。

通常、表1に示したようなプログラムで行われ、約45～60分で1レッスンの単位となっている。このうちメイン・ダンスといわれる部分が有酸素能力の向上には最も重要で、最高脈拍数の70～80%の強度のダンスが行われる。反面、下肢に

表1 アロビクス・ダンスのプログラムの一例¹⁾

Warming・Up (準備体操)	: ストレッチング, 軽いジョギングおよび アップ・ダンス
↓	
Main・dance (メイン・ダンス)	: ジョギング, ランニングおよびジャンプ などの主要部分
↓	
Conditioning (体力増強/ 調整プログラム)	: 上肢, 下肢および体幹などの筋力強化プ ログラム
↓	
Cooling・Down (整備体操)	: ストレッチングなど

対する負担も当然この部分で大きくなる。

本研究では運動器官の障害予防の観点から、メイン・ダンスのうちランニングにおける下肢の表面筋電図による検索を行い、筋機能の評価を試みた。

2. 対象および方法

1) 対 象

経験2年以上のアロビクス・ダンスインストラクター2名、アロビクス・ダンスの経験のない初心者4名を被験者とした。全例女性である (表2)。

表2 被 験 者

		年 齢 (歳)	身 長 (cm)	体 重 (kg)
インストラクター	YM例	26	163	58
	UE例	22	164	54
初 心 者	CH例	22	151	47
	HR例	20	159	50
	KM例	21	155	53
	SH例	22	149	52

2) 表面筋電図による検索

ランニングを25分間連続して行い、開始前、開始後10分、開始後20分、開始後25分の時期に最大努力下に10秒間、イス座位にて等尺性収縮を行わせ、その時の表面筋電図を記録した。記録部位は、大腿四頭筋 (内側広筋、以下 VM と略す)、大腿屈筋内側 (以下 HAM と略す)、前脛骨筋 (以下 TA と略す)、および下腿三頭筋内側 (以下 GA と略す) で、それぞれ膝関節伸展、同屈曲、足関節背屈および同底屈の各運動を指示した (図1)。

各被験筋の筋線維方向と平行に3cmの間隔で直径10mmの皿型電極を貼付した。なお、各被験者間で貼付部位は可及的同一であることに留意した。また、被験側は便宜上左側とした。

表面筋電図は、一度データレコーダに記録したのち、周波数分析 (以下 PS と略す) および積分 (以下 IEMG と略す) を行った。おのおのの分析には日本電気三栄測器社製シグナルプロセッサー7T18を使用した。

PS は、A/D 変換ののち自己相関関数を求め、

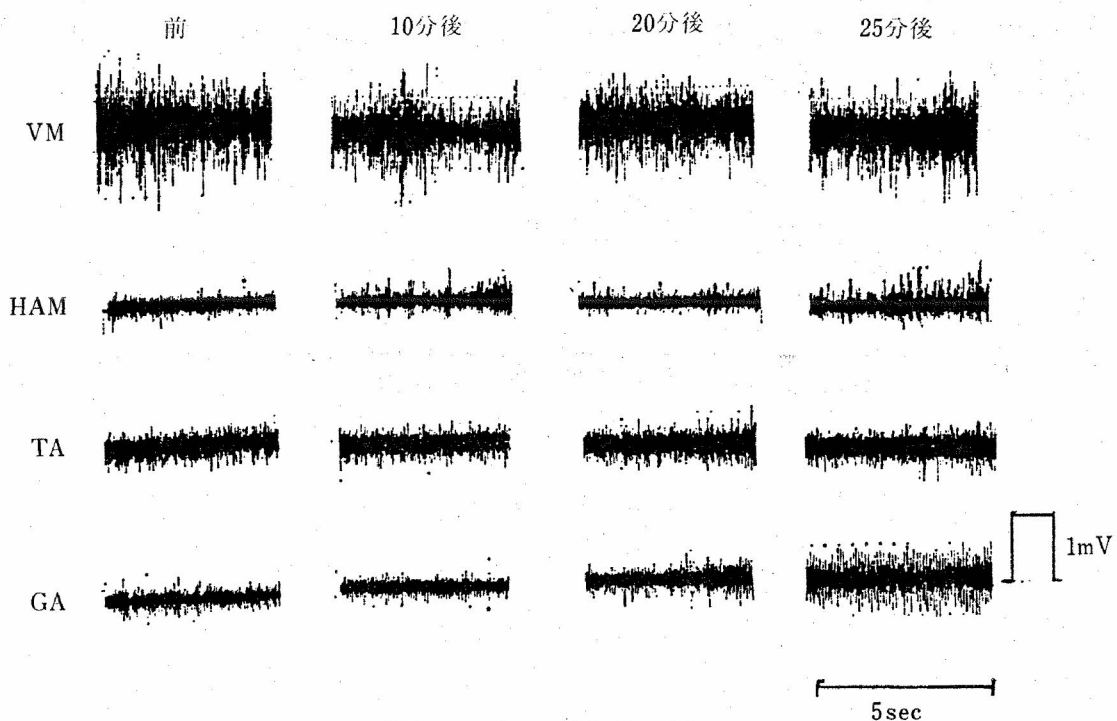


図1 EMG の1例 (CH例)

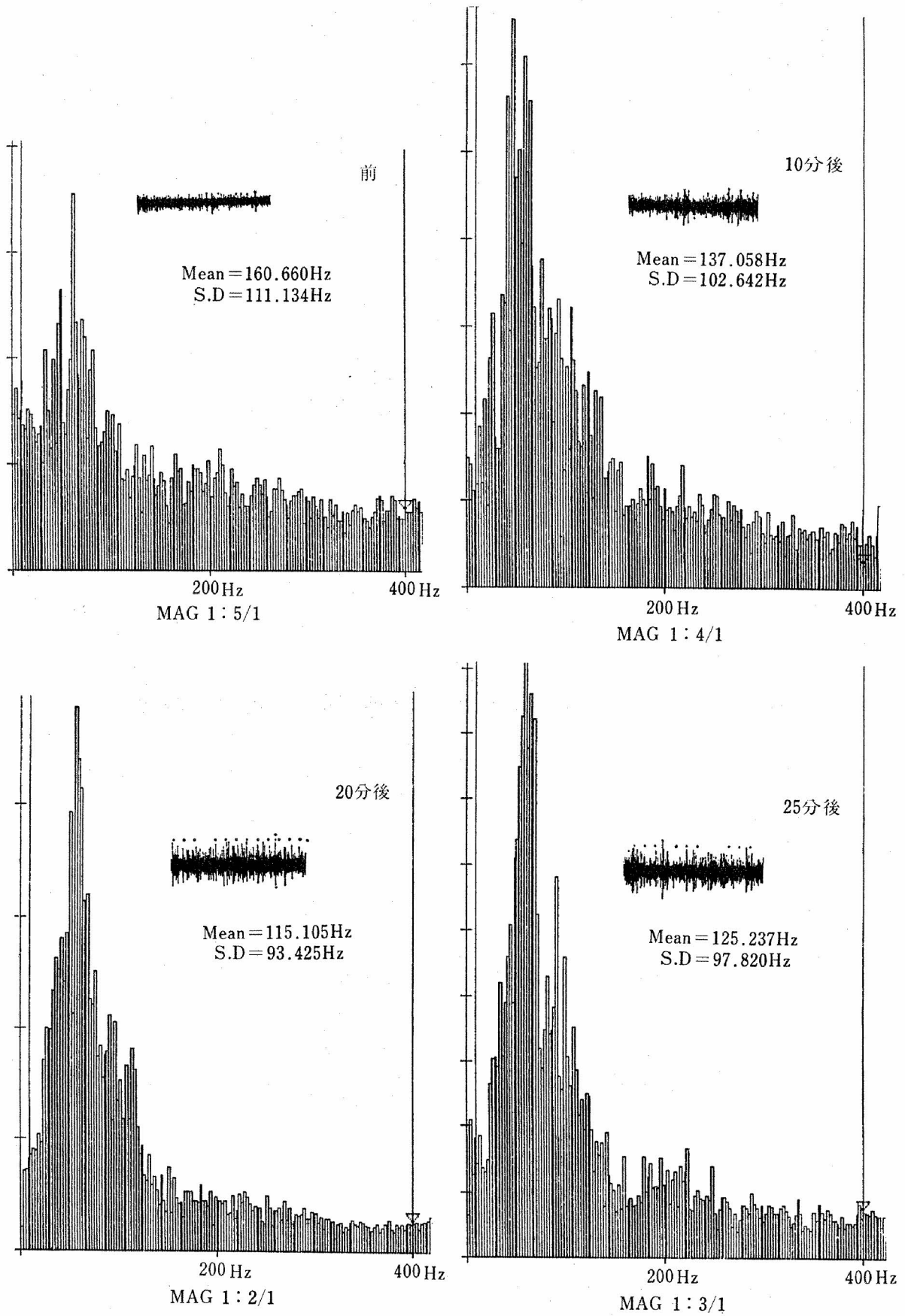


図2 周波数分析 (PS) の一例 (KM例, HAM)

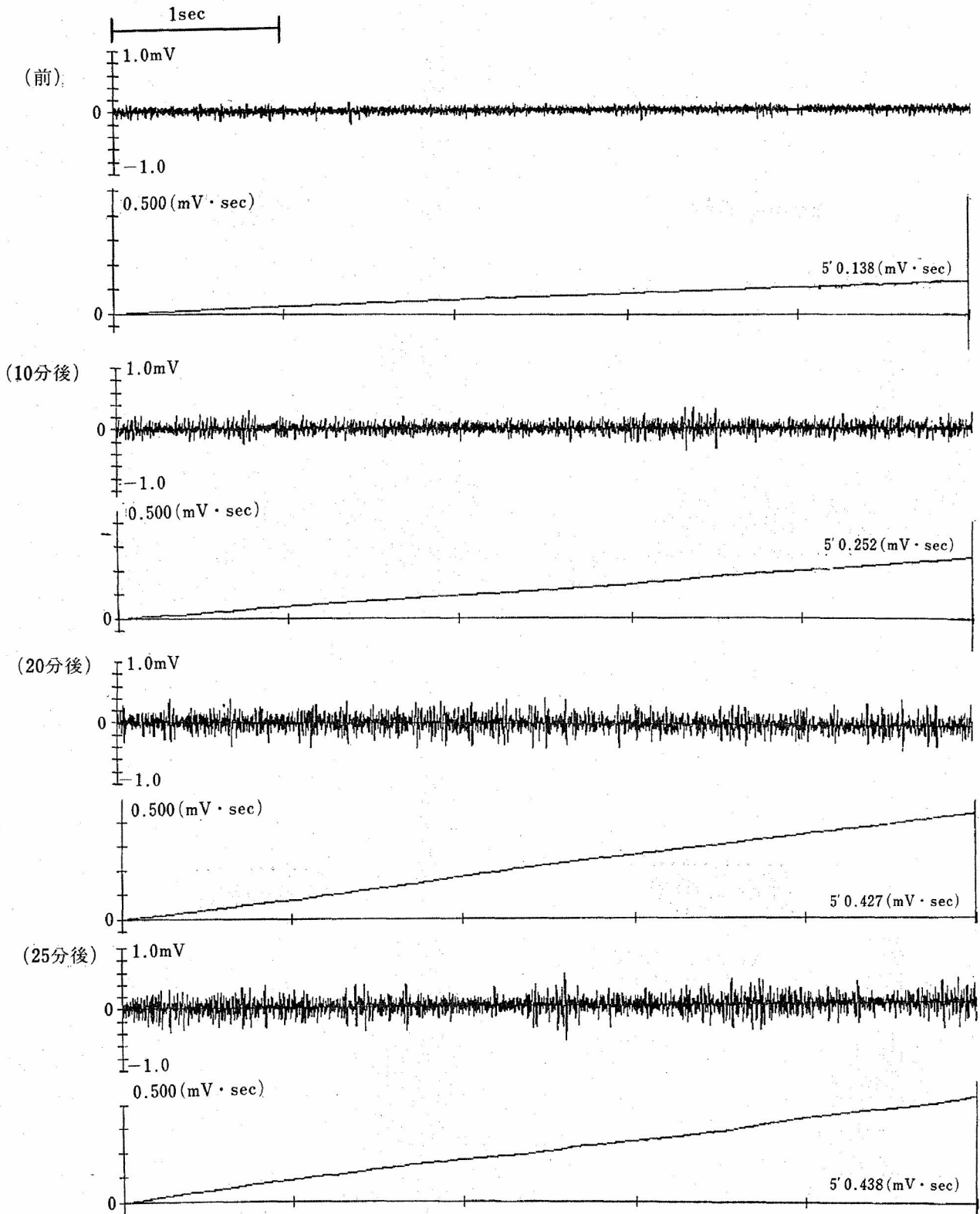


図3 積分筋電図 (IEMG) の一例 (上段は Original EMG を示す) (KM 例, HAM)

1024ポイントの高速フーリエ変換し、平均周波数 (以下 MPFと略す) を求めた。データ処理条件として、サンプリング・タイムは 0.78msec、全周波数帯域は 400Hz、加算回数は 5回とした (図

2)。IEMG は、筋電波形を全波整流し、その電位の面積を積分し、5秒間の積分値を算出した (図3)。

なお事前に、被験者の下肢筋力測定として、背

筋力計を使用し、脚伸展力を測定した。測定肢位は、脊柱は中間位、股関節および膝関節を30度屈曲し、上方へ最大努力で牽引させた。そして3回測定し最高値を採用した。また、30回を最高に片脚スクワット回数を測定した。測定肢位は、非被験側の膝関節を約90度屈曲し、2～3秒に1回の頻度で同膝部が床に接触するまで被験側の膝関節を屈曲させた。測定値は、筋電図の被験側である左側の回数を採用した。

3. 結 果

1) 下肢筋力測定値

経験2年以上のアロビクス・ダンスインストラクター2名 (YM および UE 例)、アロビクス・ダンスの経験のない初心者4名 (CH, HR, KM および SH 例) の各測定値を図4に示した。

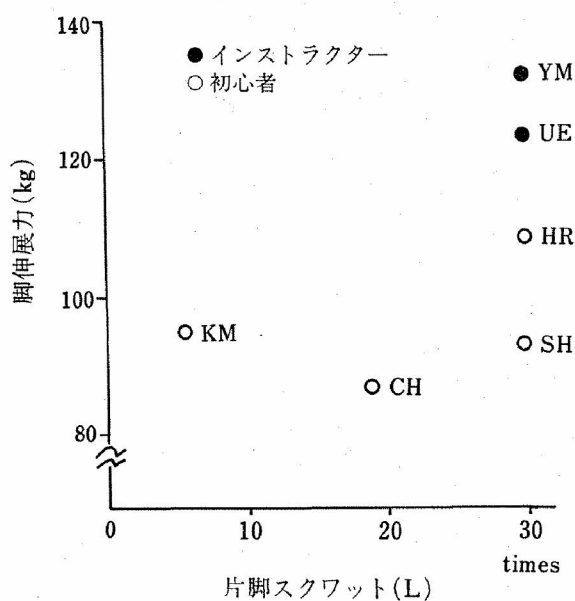


図4 筋力測定値

これらの結果から前者をA群とし、後者のうち測定値の比較的優れていた HR 例および CH 例をB群、最も測定値の劣っていた KM 例をC群とした。なお、SH 例は、測定値は比較的優れていたが、筋電図実験に際し、10分以後のランニングが不能となったためC群に分類した。

2) MPF および IEMG 結果

以下の筋電図による検索結果は、前項の結果よりA、BおよびC群に分類して示す。

(1) 被験筋 VM

図5は、VMのMPFおよびIEMGの経時的变化を示す。それぞれランニング開始前の値を100%とし、各測定時間の相対値として表した。図左の縦軸はMPFを、右の縦軸はIEMGを示す(以下図8まで同様)。

A群のYM例は10分経過時MPFは低周波数領域に、同時にIEMGは増大している。しかし、20および25分経過時には開始前とほぼ同様の値となった。UE例は全経過中、著明な変化を示していない。

B群の2例では、CH例は開始前とほとんど変化がなかったが、HR例では高周波数帯域に移行し、IEMGは減少している。

C群では、KM例は10分経過時には変化が見られないが、20および25分でMPFは低周波数帯域に、またIEMGは増大している。SH例は、10分間のランニング後、継続不能を訴えたため中止した例である。休憩5分後の15分での測定では、MPFは低周波数領域に、同時にIEMGは増大している。

(2) 被験筋 HAM

図6は、同様にHAMのMPFおよびIEMGの経時的变化を示す。

A群のYM例は20分経過時MPFは低周波数領域に移行し、同時にIEMGは増大している。しかし、25分経過時にはMPFは開始前とほぼ同様の値となった。UE例は全経過中、著明な変化を示さず、20から25分でMPFは高周波数帯域に移行し、IEMGは減少傾向を示している。

B群の2例では、CH例はVMと同様開始前とほとんど変化がなかったが、HR例ではMPFは高周波数帯域に移行し、IEMGは減少している。

C群では、KM例は10分経過時、さらに20、

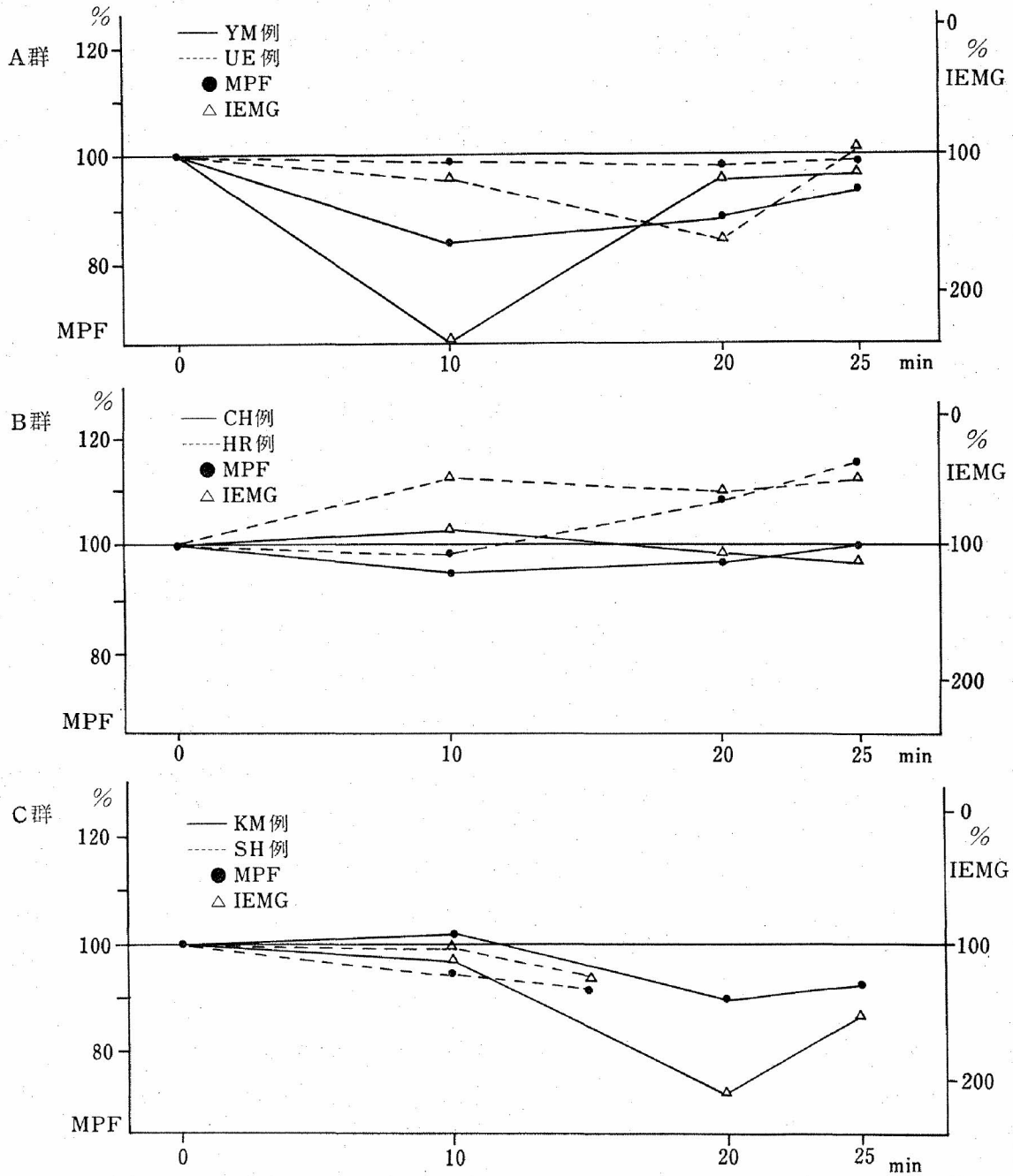


図5 VMのMPFおよびIEMG値

25分と徐々に MPF は低周波数帯域に移行し、また IEMG は増大傾向を示している。継続不能例の SH 例は、10分後 MPF は低周波数帯域に移行、また IEMG も増大している。5分間の休憩後は、MPF は高周波数帯域に移行、また IEMG は増大している。

(3) 被験筋 TA

図7は、TAのMPFおよびIEMGの経時的

変化を示す。

A群の YM 例、UE 例ともに全経過を通して MPF は高周波数領域に移行し、IEMG は減少傾向にある。

B群の 2例では、CH 例は前2者の被験筋同様、開始前とほとんど変化がなかった。HR 例も前2者の被験筋同様、MPF は高周波数帯域に移行し、IEMG は減少傾向にある。

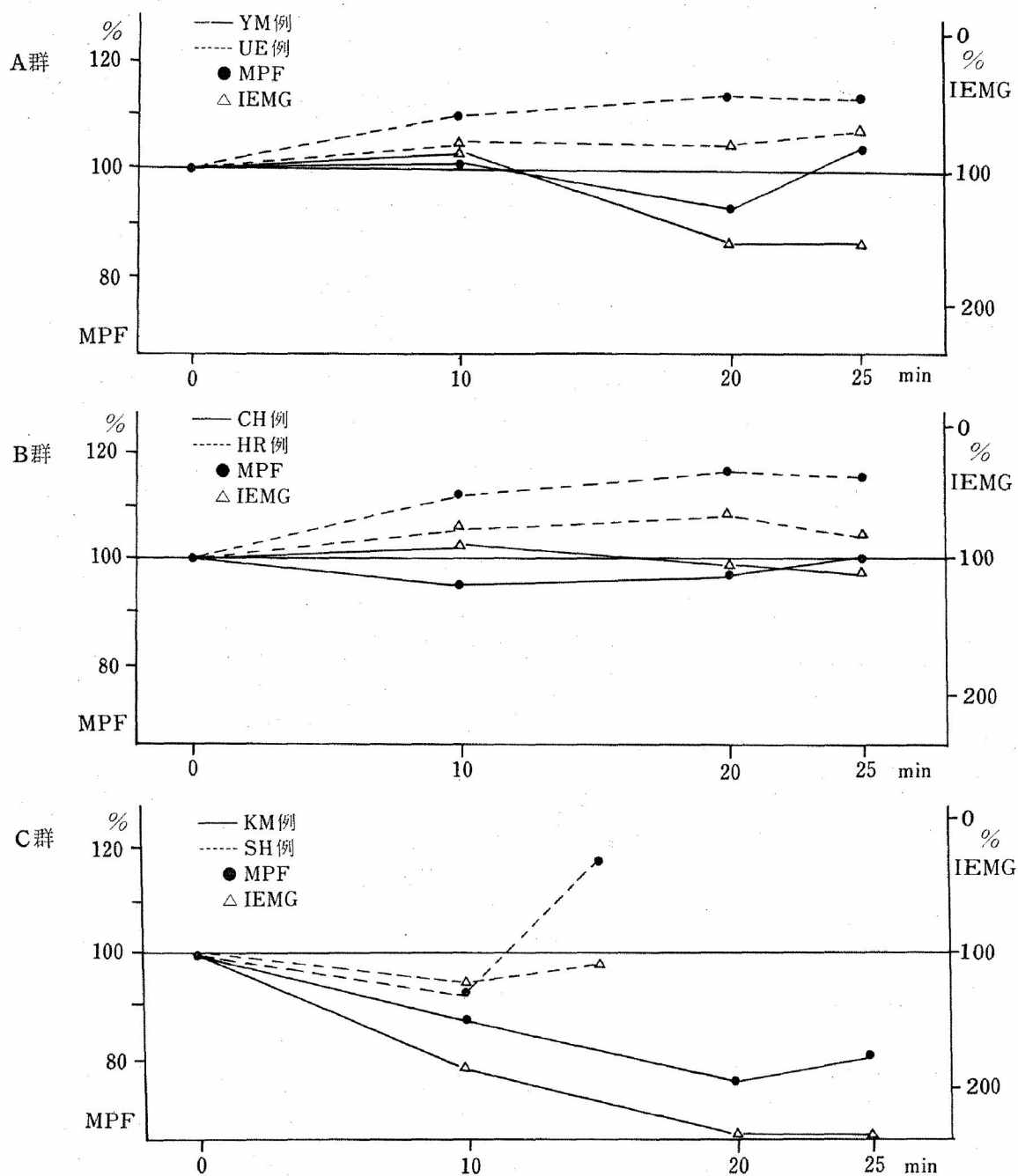


図6 HAMのMPFおよびIEMG値

C群では、KM例は10から20分経過時まで著明な変化は見られないが、25分では20分に比較してMPFはやや低周波数帯域に移行し、またIEMGは増大傾向にある。継続不能例のSH例は、10分後MPFは低周波数帯域に移行しているが、IEMGはむしろ減少している。5分間の休憩後は、MPFは高周波数帯域に移行し、またIEMGは開始前と同様の値となっている。

(4) 被験筋 GA

図8は、GAのMPFおよびIEMGの経時的変化を示す。

A群のYM例は20分経過時まで著明な変化はないが、25分経過時、PSは高周波数領域に移行し、IEMGは減少している。UE例は全経過中、著明な変化を示していない。

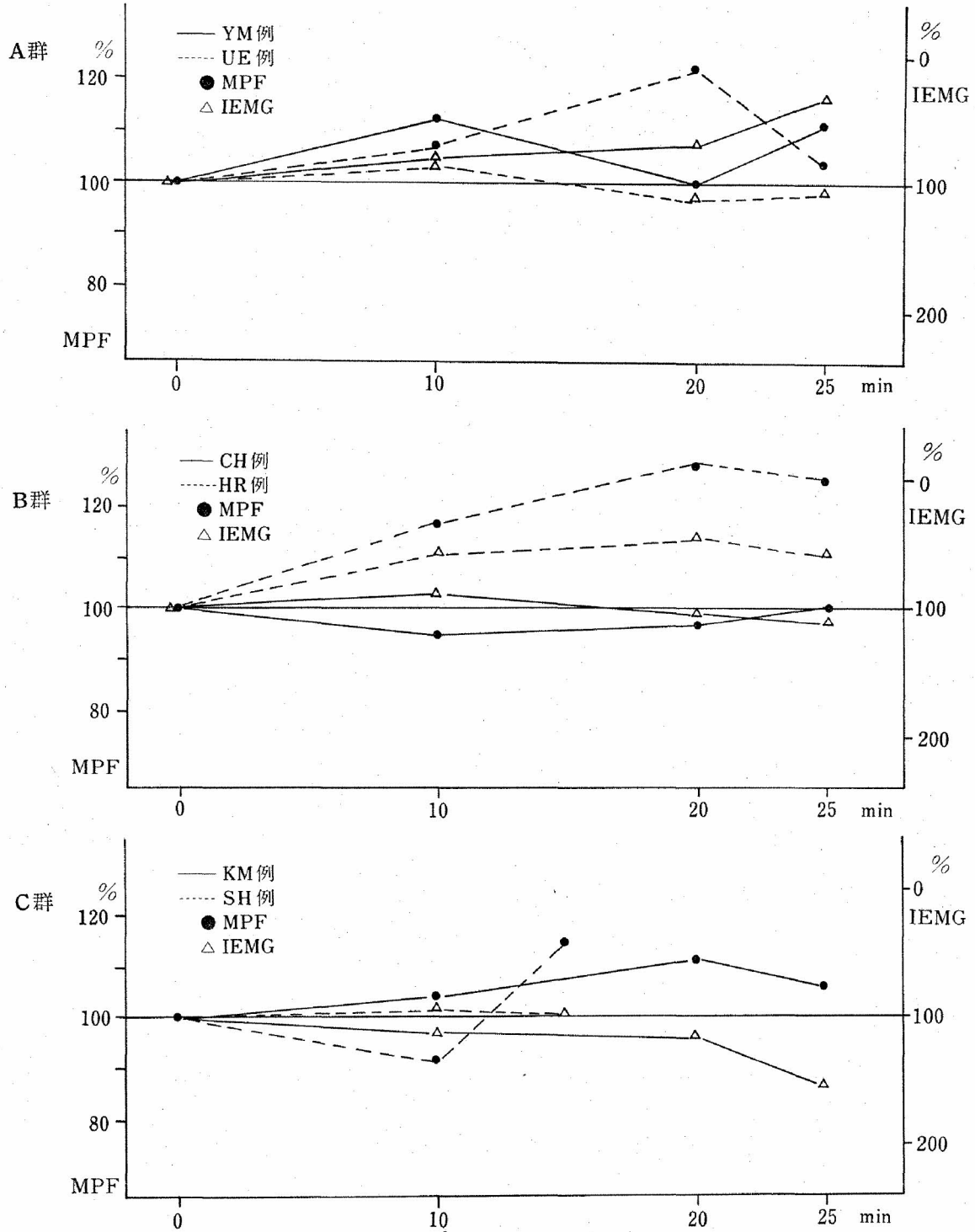


図7 TAのMPFおよびIEMG値

B群の2例では、CH例ではMPFはむしろ高周波数領域に移行しているが、20分および引き続き25分経過時にIEMGの増大が観られる。HR例では全経過中著明な変化を示していない。

C群では、KM例は徐々にIEMGの増大が観

られるが、MPFには変化が見られない。継続不能例のSH例は、10分後IEMGは軽度増大しているが、MPFはわずかに高周波数帯域に移行している。5分間の休憩後はMPFには変化はないが、IEMGは減少している。

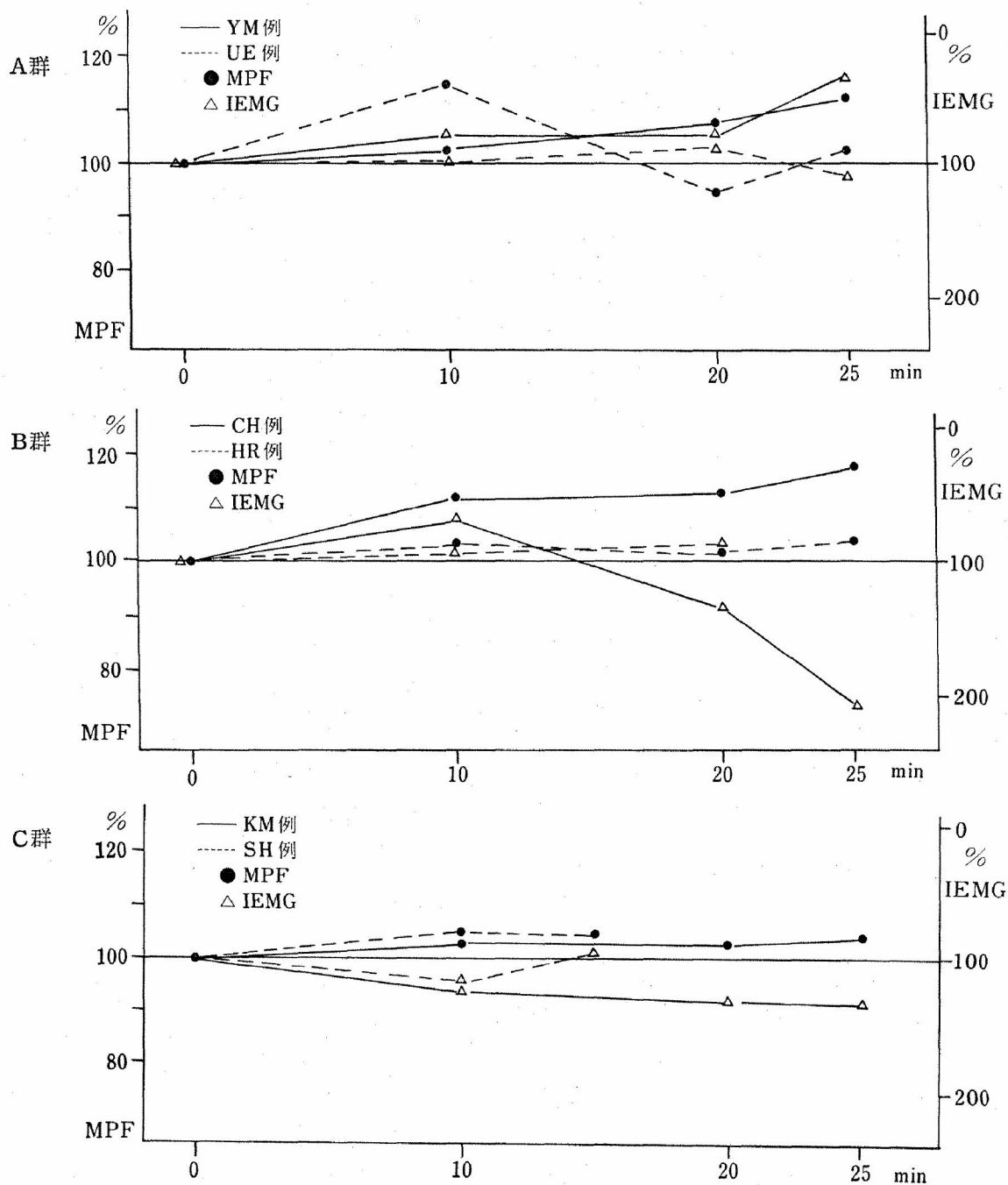


図8 GAのMPFおよびIEMG値

4. 考 察

アロビクス・ダンスによる疼痛性障害の部位別頻度で諸家の報告に共通しているのは、下肢に集中していることである¹⁻³⁾。

原因として使用因子（使い方の因子）のうち量的因子、すなわち使い過ぎの因子が重要であることはいうまでもない。また、質的因子では、メイ

ン・ダンスのランニングやジャンプなどの際に、前足部接地が主要に行われていることが多いと指摘されている⁴⁾。

さらに内在因子（個体に内在する因子）では、体重や下肢筋力などの体力要素が問題となる。体力要素についてはインストラクター養成コースの生徒を対象に行った筆者らの研究では、片脚スクワットや脚伸展力による下肢筋力評価との関連が

示唆される中間結果を得ている。したがって、基礎体力のうち主として脚力の不足が原因の一つであることが予想される。

さらに環境因子として床やシューズ、とくに衝撃吸収に問題のある床での障害の発生率が高い傾向が観られている。

以上の3つの因子は個別に、あるいは相互に影響しあって障害を発生する。予防対策は、個々の障害の原因を特定することにより可能となるが、必ずしもすべての例で特定できるわけではない。したがって使用因子に耐え、かつ環境因子の床に対する筋の衝撃吸収能を考え合わせると内在因子としての脚力、とりわけ筋持久性の強化が基本的な予防対策として重要であると思われる。

そこで本研究では、障害発生機序解明の見地からランニング中の表面筋電図の分析により筋の疲労の態様が検索できないかと考えた。また、簡単に行える体力測定値および筋力測定値との関連について検討した。

一般に筋疲労は、(1)筋力発生の低下、(2)一定張力保持(負荷)でのEMG活動(振幅と頻度)の増加、および(3)EMGのPSの低周波数帯域への移行として定義されている⁵⁻⁷⁾。

今回の研究ではランニング中の筋力測定は技術上の問題から行えなかったが、上記の(2)および(3)項を同時に満たす場合を筋疲労と推定すると、非経験者のうち、事前の筋力測定値が劣る例で疲労現象が認められた。すなわち、MPFおよびIEMG両者がともに図4から7までの下方に移行する場合であり、事前の下肢筋力測定値の比較的劣ったC群のKM例でこれらの現象が観察された。

経験2年以上のアロビクス・ダンスインストラクターならびにアロビクス・ダンスの経験のない初心者でも下肢筋力測定値の比較的優れた例では、かかる現象は観察されなかった。

したがって今回の研究結果からは少なくともア

ロビクス・ダンスの初心者については全身持久性などの内科的メディカル・チェックだけでなく筋力測定、とくに下肢筋力の測定が障害予防上重要と思われた。しかし、それらの目的に合致する筋力測定種目は今後さらに検討されなければならないし、新たな開発の必要性も考えられる。また、測定値の解釈や、それに基づいたプログラムの構成などきめ細かい対応が要求される。

なお、筋により構成される筋線維タイプには特徴があり、疲労現象の出現は筋により異なると考えられている。また、運動負荷の性質によっても異なると考えられている。アロビクス・ダンスにおけるランニングなどの長時間の運動では、ST線維が選択的に疲労するといわれているが⁸⁾、C群のHAMの疲労現象はこれによって説明されると考えられる。ただ、ランニング中に比較的多用されるGAでは、C群でも疲労現象は認めなかった。

これらの解明のためには、今後は経時的な筋力測定とともに、より詳細な表面筋電図の検索が必要と思われる。

5. ま と め

1) アロビクス・ダンスの運動プログラムの中でメイン・ダンスのうち、とくにランニング中の表面筋電図学的検索を行った。

2) ランニング開始前、開始後10分、開始後20分および25分経過時の周波数分析および筋電図積分値の変化を分析した。

3) 経験2年以上のアロビクス・ダンスインストラクター、および初心者でも事前の下肢筋力測定値の比較的優れた例では、一時的に筋の疲労現象が観られた例もあったが、ほとんどの例で変化は観られなかった。

4) これに対しアロビクス・ダンスの経験のない初心者のうち事前の下肢筋力測定値の比較的劣った例では、時間経過とともに筋の疲労現象が認

められた。

謝辞 稿を終わるに臨み、御校閲戴いた大阪市立大学医学部整形外科学教室教授 島津 晃先生に謝意を表します。

文 献

- 1) 大久保 衛, 市川宣恭; アロビクス・ダンスによる運動器官の疼痛, 臨床スポーツ医学, **4**: 1275—1282 (1987)
- 2) 大久保 衛ほか; アロビクス・ダンスのスポーツ障害について—インストラクターに対するアンケート調査 132 件の分析—, 第13回整形外科学スポーツ医学研究会(徳島市)にて口演 (1987)
- 3) Garrick, J.G. et al.; The epidemiology of aerobic dance injuries. *Am. J. Sports Med.*, **14**: 67—72 (1986)
- 4) 小林一敏; NHK 総合テレビ「クローズアップ」, 正しくエアロビクスをしていますか? 1986年10月21日放送
- 5) 永田 晟; 筋と筋力の科学, 不昧堂出版, 東京 (1984)
- 6) 橋本 務ほか; 表面筋電図の積分および周波数分析による筋機能の評価について, 中部整災誌, **29**: 1722—1724 (1986)
- 7) 西浦道行ほか; 表面筋電図の積分および周波数分析による筋機能の評価について (第2報), 中部整災誌, **30**: 165—167 (1987)
- 8) 堀田朋基; 筋線維タイプと疲労, *J. J. Sports Sci.*, **3**: 939—945 (1984)