運動後の筋痛の発生時期は筋の老化度の指標になるか？

横浜市立大学　　野　坂　和　則

Is the Time of Muscle Soreness Appearance after Exercise Related to the Degree of Muscle Aging ?

by

Kazunori Nosaka

Yokohama City University

ABSTRACT

We sometimes hear that the muscle soreness appearance after exercise is delayed as aging. But there is no report about this fact. The purposes of this study were to make certain this fact and to investigate the relationship between the time of muscle soreness appearance and the age. The process of this study was divided into three parts. To bigin with, the survay, which was designed to confirm the above-mentioned fact, was conducted on 80 men and women of 20 years and up. Secondly, perceived muscle soreness ratings following accute exercises were checked by the subjects who took part in a sport event. And finally, changes in muscle soreness levels were evaluated after some exercises which were planned to occur heavy soreness by the subjects.

The results were summarised as follows:

1) 90% of the subjects recognized the fact that muscle soreness was delayed as they grow older.

2) Most of the subjects experienced muscle soreness after the acute exercise, but there was no findings which prove the relationship between the appearance time of muscle soreness and age.

3) Muscle soreness ratings following exercise were different with the muscles and different with the kinds of exercise.

4) The muscle soreness appearance after strenuous exercises was earlier than that after moderate or light exercises.

These findings suggest that the delay of muscle soreness is not neces-

sarily related to the aging. The contradiction between the results may come from the difference in kind of exercises. But longitudinal study is need to draw a conclusion.

要　　旨

運動後に生じる筋痛の発生時期と年齢，ならびに日常での身体活動状況との関係を明らかにすることを目的とし，調査および実験を行った．

まず調査としては20歳代から60歳代の各年齢男女約80名を対象に「加齢に伴ない運動後の筋痛が遅れるようになった」という事実の経験的有無を口頭により調査した．また日常ほとんど運動していない人がスポーツ行事に参加した際の筋痛の発生状況を各年齢で比較する調査を実施した．さらに実験的に，筋痛を生じさせるであろうと考えられる運動を負荷し，筋痛の発生状況を経時的に観察し，年齢との関係も検討した．

その結果，口頭調査では筋痛の発生時期が遅くなっている事実が調査対象者の90%以上により肯定された．しかし実際の運動後の筋痛調査や実験結果ではこの事実は実証できなかった．年齢と筋痛発生時期との間には一定の傾向は見い出せず，運動の種類によって，また筋の種類によっても筋痛のレベルの変化が異なることが明らかになった．

口頭調査との間に矛盾があるようにも思えるが，口頭調査でも20歳代で筋痛が遅く出るという事実も認められており，何を基準にして遅れたと評価しているのかを明らかにする必要性があると思われる．また縦断的に年齢と筋痛の関係も検討していく必要性も示唆された．

緒　　言

われわれはしばしば運動後に筋肉の痛み(筋痛)を経験することがある．とりわけ久し振りに行う運動や，日常行いなれない運動を行った後には筋痛が生じることが多い．しかし筋痛のメカニズムは明らかでなく，Hough[10] によって提唱された“torm tissue hypothesis”が最近有力視されてはいる[1,14]が，筋痛の発生時期が運動後しばらく経過してからである理由の説明はなされていない．

この筋痛の遅延現象に関連して，「若い頃は運動した後，かなり早い時期に筋痛が出たような気がするが，最近は2～3日してから痛くなることが多い」とか，「筋痛が出る時期が遅くなるのは筋肉が老化した証拠だ」というような話をときどき耳にすることがある．しかしこれらの事実を報告したデータや検証した論文は著者の知る限り見当たらない．

そこで本研究では，筋痛が加齢に伴なって遅れるという現象が事実であるかどうかを確かめることを第1の目的とし，調査ならびに実験を行った．また筋痛の発生時期と日常の運動習慣との関係，あるいは運動の種類との関係を探ることを第2の目的とした．

研究方法

まず20歳代から60歳代にかけての男女約80名を対象に，「加齢に伴って運動後に生じる筋痛の発生時期が遅くなった」と感じるような経験の有無を口頭により質問し回答を得た．

次に日常ほとんど運動する機会や習慣を持っていない成人男女が，あるスポーツイベントに参加した際，筋痛がどのように生じるかを調査した．対象とした運動は，教職員親睦ソフトボール大会ならびに昼休みの健康体操教室である．前者においては参加者のうち20歳代から50歳代のおのおの

5名～7名の計34名，後者では全参加者（30～53歳）14名を被験者とした．筋痛の程度の指標としては，Talag[14] が用いている Henry's Pain Rating Scale（図1）および痛みの目盛表（図2）により，筋痛のある部位毎に時間を追って記録してもらった．部位については全身の筋肉の図上に，痛みのある所に印をつける方法をとった．この筋痛調査は運動前，直後，その以後は12時間毎に筋痛がなくなるまで，主観的に筋痛の程度をチェックしてもらう方法で行われた．

次いで実験的に筋痛を生じさせるような運動を負荷し，運動後の筋痛の発生状況を経時的に観察

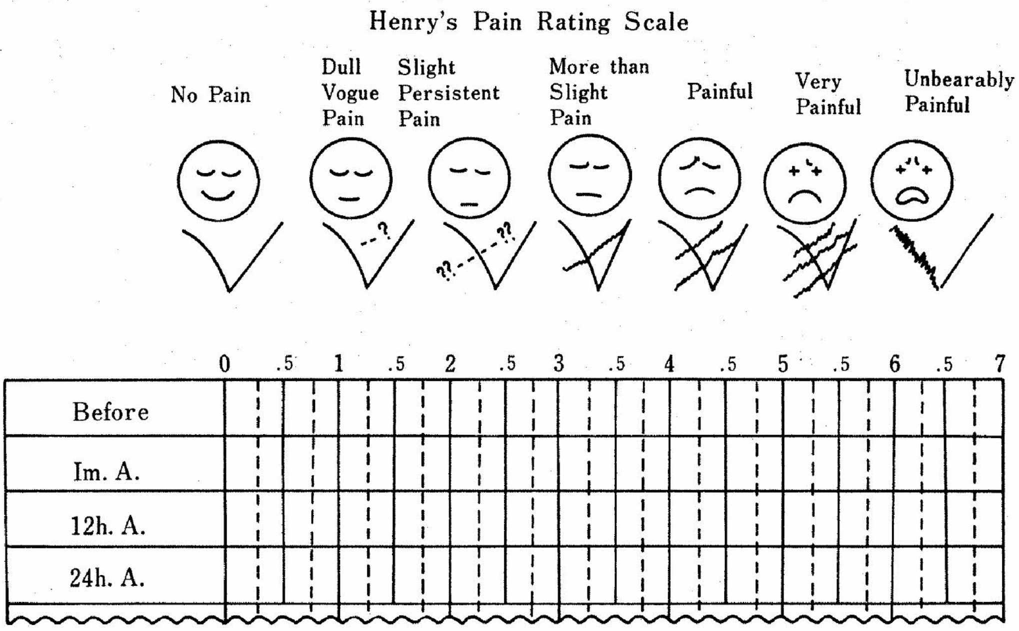
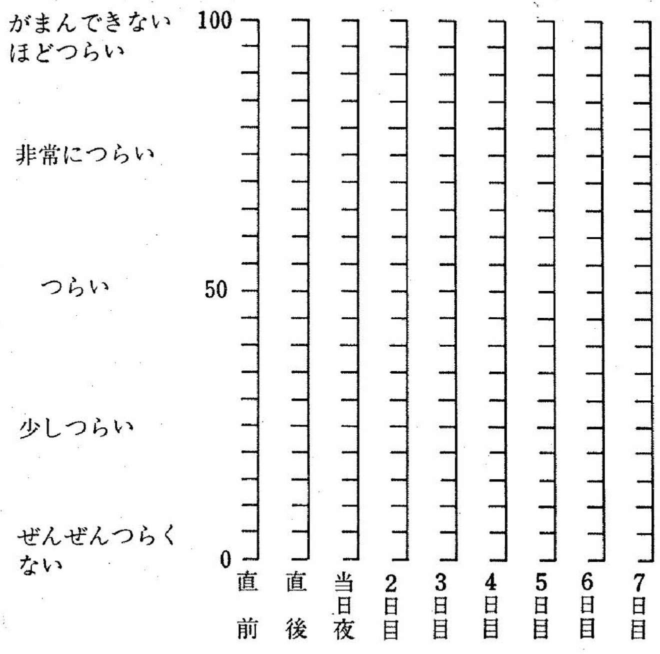


図1　筋痛の指標（1）



痛みの目盛表(visual analogue scale)

図2　筋痛の指標（2）

した．運動としては ①腹筋(上体筋おこし)，背筋（上体そらし)，腕立伏せを2秒に1回のペースで100回を目標にできるだけ多くの回数行う．② 80cm の台からのドロップジャンプ（台から飛び降り着地した後すばやく最大の力で上方にジャンプするもの)を7秒に1回ずつ exhaustion まで行う．③膝つき腕立伏せを2秒に1回ずつ100回行う．④上腕屈筋力のほぼ20%にあたる重量の鉄アレイを用いて，非利き腕にてアームカールを2秒に1回のテンポでexhaustionまで行う．という4種類の運動を選び①，②は26歳から38歳の男子7名を被験者とし，③，④は20歳台から60歳台までの男女28名を対象にした．筋痛の評価法は先に示したものと同様であった．

また26歳の1名の被験者について種類の異なる運動4種目後の筋痛発生状況を比較した．

結　　果

まず「加齢に伴って運動後に生じる筋痛が遅くなったという経験がある」という回答が90%を超えていた．20歳代ですでに筋痛の発生時期が遅れていると感じていた者がほとんどであった．64歳のある男性は，「若い頃はかなり激しく体を動かすようなスポーツをして，一晩寝ると体のあちこちが痛くなり，次の日には痛みもなくなっていたのに，今はちょっと体を動かす程度の運動でも2〜3日しないと痛くならない代わりに，なかなか痛みがとれない」といった内容の回答をしていた．

筋痛に限らず，旅行などに行った後のいわゆる「疲労」もある年齢から急に遅くなり，その回復も遅いという指摘も多かった．しかし20歳代から60歳代にかけて段階的に筋痛の発生時期が遅れるという事実は，横断的に見て実証できなかった．

日常まったく運動していないで，いきなりソフトボール大会に出場し，運動後に筋痛が多く出た者の中の2名(Y，K)の結果を示したのが図3(1)(2)である．筋痛の発生部位が様々であるが，そ

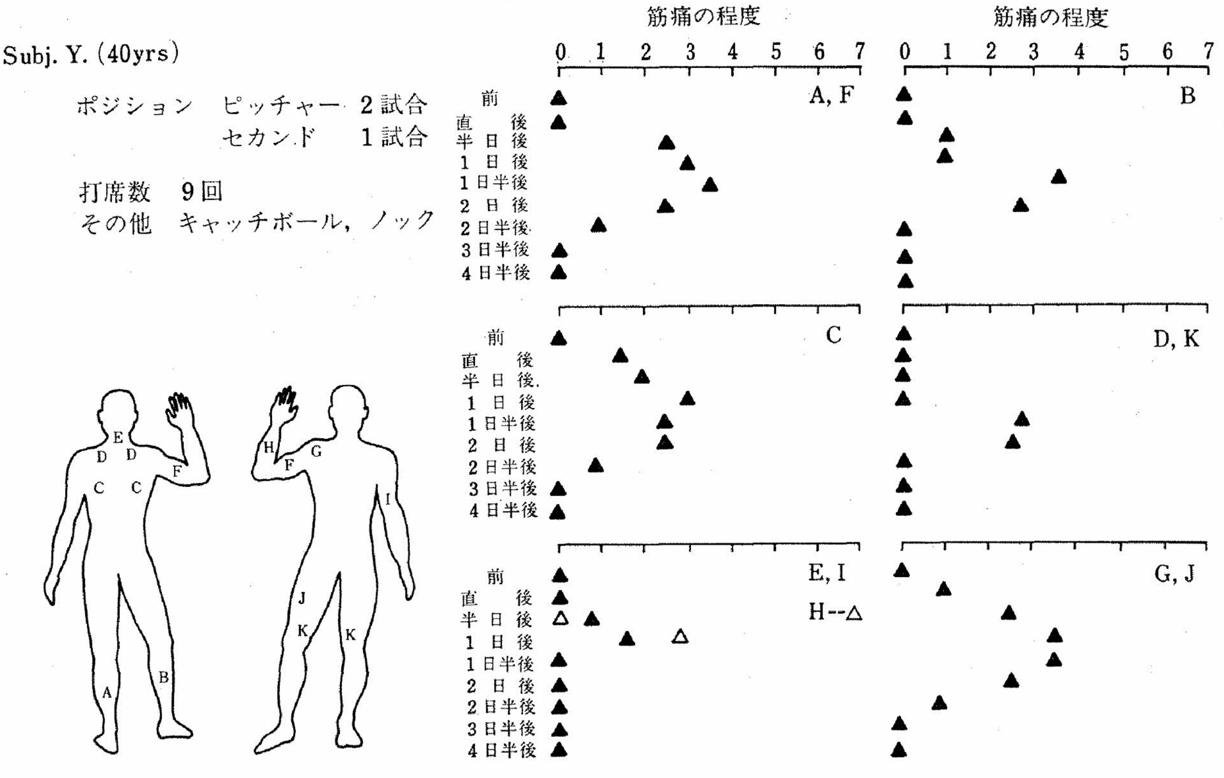


図3(1)　ソフトボールに伴なう筋痛の発生部位とそのレベル

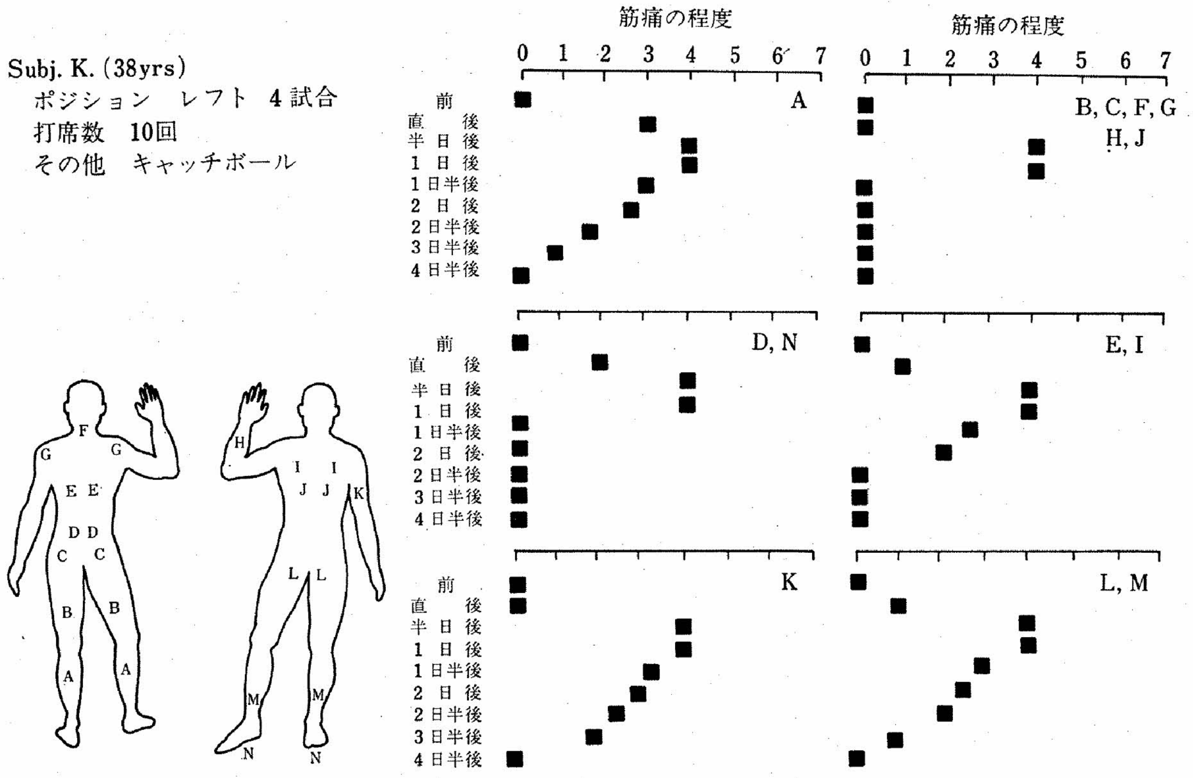


図３（２）　ソフトボールに伴なう筋痛の発生部位とそのレベル

の発生時期が部位によって異なっている．１日半後になって突然痛みを感じる部位や，直後から徐々に痛みを増し，半日後から１日半後位にかけてピークに達し，以後また徐々に痛みが消失していく部位などがあった．

両者の痛みのピークはＫでは半日から１日後，Ｙでは１日から１日半後であった．この２名以外でも，半日後から１日半後でピークを迎えた者がほとんどで，年齢の違いによる筋痛のピーク時の違いは認められなかった．筋痛の発生時期に関しても年齢との関係は見い出せず，むしろ部位による差異が目立った．

図４は健康体操教室に参加した者のうちの４名の女性の結果である．約10分間のエアロビクスダンスが入っていたためか，腓腹筋を中心として下肢の筋に痛みが生じた者が多かった．筋痛のピークはＹ，Ｓ，Ｉでは１日後であり，Ｍでは１日半後であった．しかしピークに達するまでの過程にも差があり，Ｓは１日後になって突然痛みを感じる

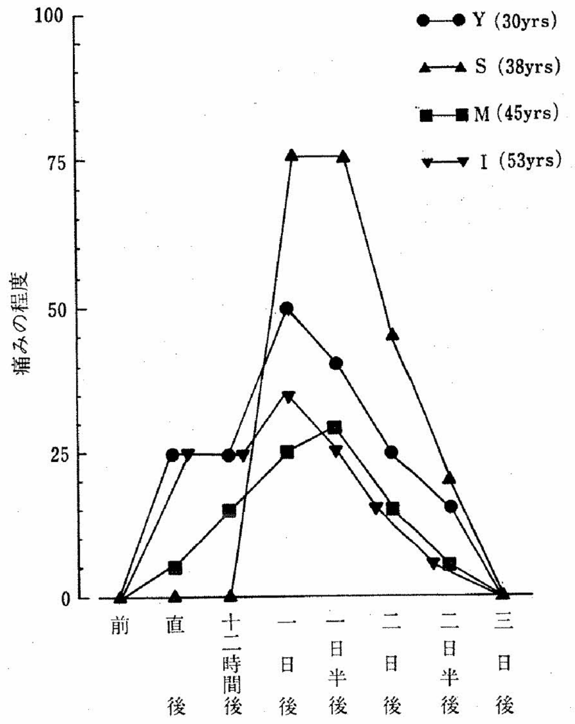


図４　健康体操教室後の筋痛レベルの変化

という特徴があった．

上体おこし，上体そらし，腕立伏せにより実験的に筋痛を生じさせた結果，**図５**に示した３名が

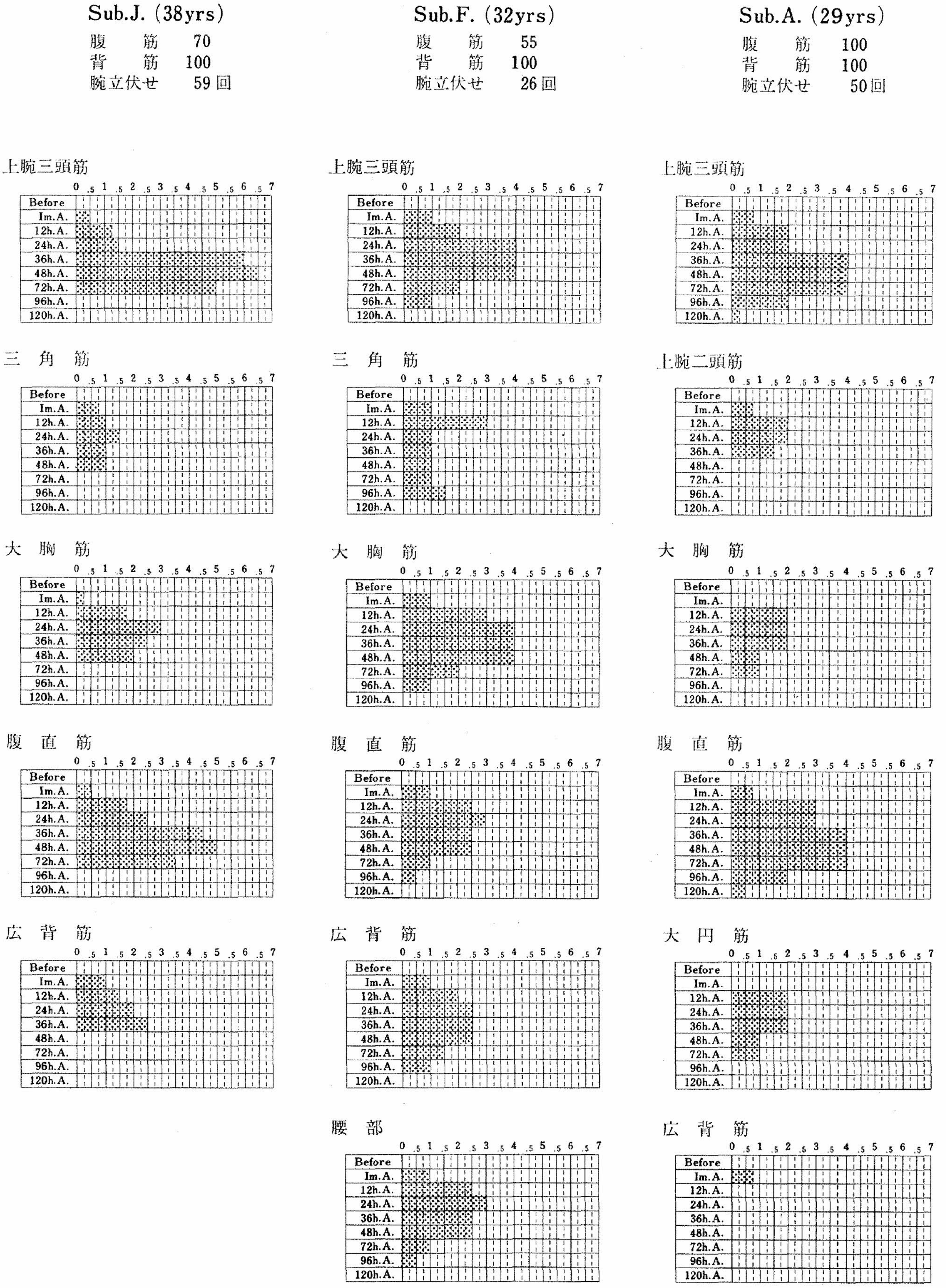


図5　上体おこし，上体そらし，腕立伏せ後の筋痛部位とそのレベルの変化

顕著な筋痛を訴えた．3名に共通して上腕三頭筋，腹直筋の筋痛が激しかった．部位によって筋痛の発生パターンは異なっていた．またJの筋痛発生時期は他の2名に比べて遅れ気味であった．日常の運動習慣などには3名の間に大差はなかった．

図6にはドロップジャンプ後の筋痛が5以上のレベルになった3名を示した．外側広筋の筋痛の結果であるが，Nのピークは12時間後，Aのピークは12〜24時間後であるのに対し，Jは12時間後以降も痛みが増し，48時間後が最大となっていた．

図7は膝つき腕立伏せについてみたものであるが，Wにはレベルは低いものの3日半後に痛みのピークが出るという特徴的な変化が認められた．またYのように直後の痛みが大きい者もいた．

図8はアームカールに伴なう変化である．M,

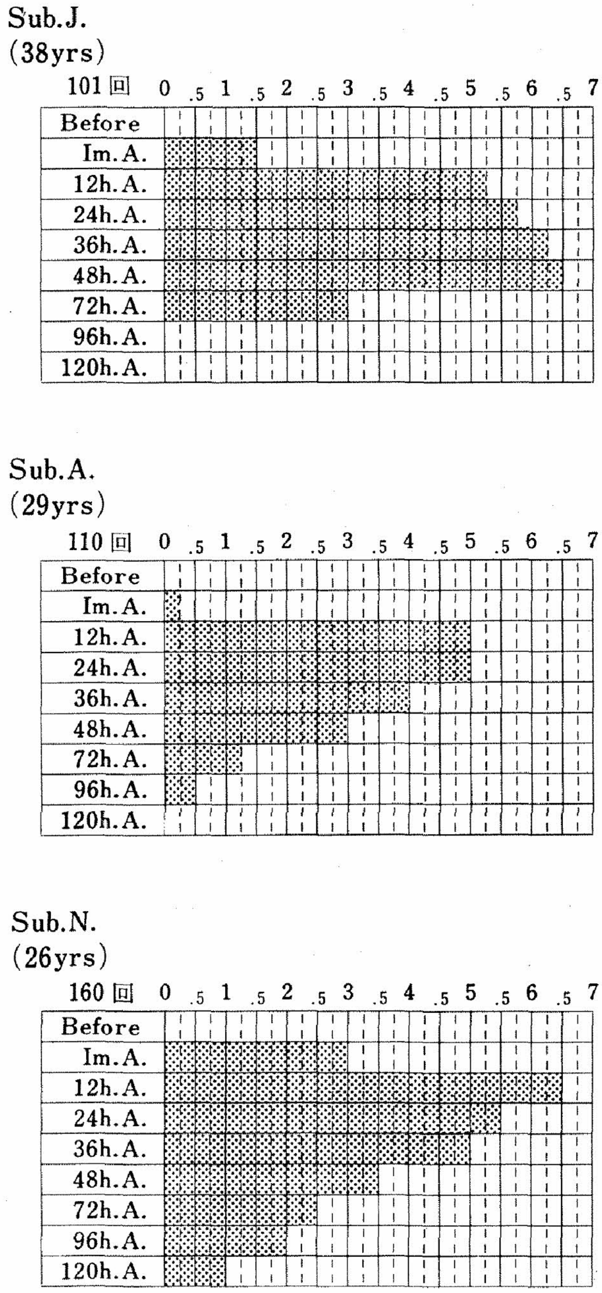


図6　ドロップジャンプ後の筋痛レベルの変化

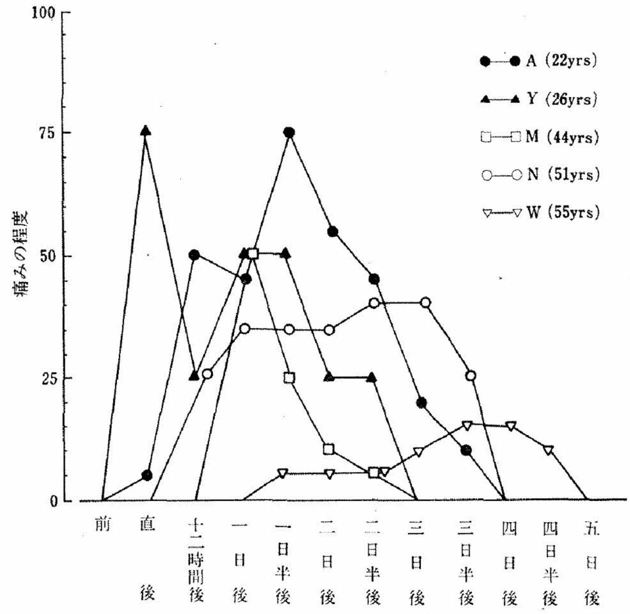


図7　膝つき腕立伏せ後の筋痛レベルの変化

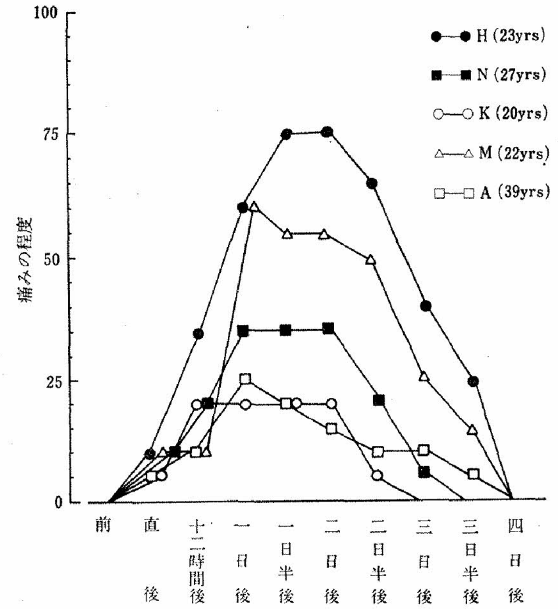


図8　アームカール後の筋痛レベルの変化

Hのように激しい筋痛が出た例は少なく，他の多くの被験者もK，A程度であった．また年齢との間に一定の傾向は見い出せなかった．

図9はNが4種目の運動を行った後の筋痛の発生状況を比較したものである．直後おいてかなりの痛みを感じた運動では筋痛のピークも早く，直後ではそれほど筋痛がない運動では筋痛も遅くなる傾向が認められ，また直後で痛みを感じる運動ほどピーク時の痛みも激しかった．

考　　察

「加齢に伴って筋痛が遅れて出る」という事実は口頭による調査からはほぼ実証されたと考えることができる．しかしここで注目しなければならないのは，20歳代ですでに以前と比べて遅くなっているという回答であろう．また，どれくらい遅れるかについて年齢による一定の傾向が見い出せなかったのは，年齢という因子以外の要因が多々あることを示した結果といえよう．

当初，20歳では12時間後，40歳代では1日半後，60歳代では2日半から3日後位になるのではないかと予測したが，**図3**から**図8**に示した結果を総合的に見てもこの予想を裏づけたデータはほとんどなかった．**図3**や**図5**に示したように筋の部位によって筋痛の発生状況が異なるところはおもしろい事実だと思われる．このように部位による差異が生じる要因としては，筋線維タイプの違いによって筋痛も異なるという報告[1]も参考になると思われる．また Concentric や Isometric な筋収縮を伴なう運動よりも， Eccentricな筋収縮の運動で筋のダメージも大きく[2,9,11]，筋痛も生じやすい[5,6,12] という報告によれば部位によって運動時

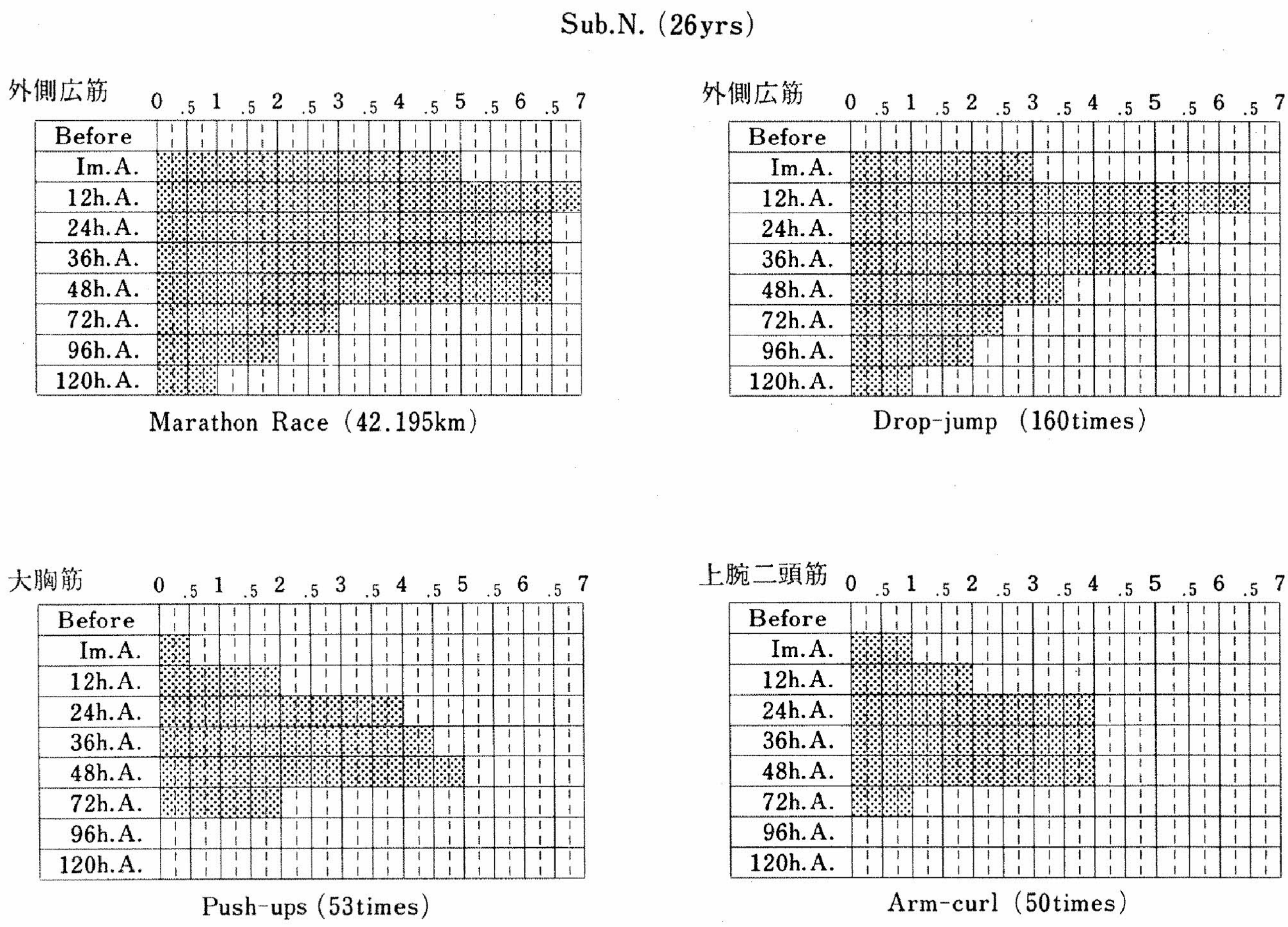


図9　4種類の異なった運動後の筋痛発生状況の比較

の筋収縮の様式が異なっていたために，筋痛の程度や発生時期に差が生じたものとも考えられる．

本研究の第一の目的であった筋痛が加齢に伴って遅れるという事実は経験的な回答からは実証されたが,一部言葉を訂正する必要があるだろう.つまり加齢に伴って遅れるのではなく,「加齢すると遅れることがある」のが事実ではないだろうか．

本研究では10歳代，それも中学生や高校生を対象としなかったが，中学生，高校生での筋痛の発生時期を調べる必要もあると思われる．仮に20歳代であっても中学生，高校生の時と比べると筋痛の発生時期が遅くなるという事実があるのかもしれない．しかしそれ以上に運動の違いにも注目しなければないと思われる．

図 9 に示したように同じ被験者であっても運動の違いによって筋痛の発生状況も異なっていた．とくに筋に大きなストレスとなるような運動後には早い時期からかなり激しい筋痛が生じるのに対し，比較的筋へのダメージも少ないと思われる運動後では，筋痛も遅れ気味であったという事実に照らし合わせると，いわゆる「以前は早く筋痛が出た」として覚えている筋痛時に行った運動は前者のような運動であり，最近行う運動の多くは後者のような運動になっているとも考えられる．

とくに加齢に伴い，思い切って運動することに対する不安があったり，後のことを考えて運動をセーブするようになり，筋にオーバーストレスを与える位の運動はほとんどしなくなっているのではないかとも考えられる．

図 3 や**図 4** に示した多くの被験者で年齢に関係なく筋痛のピークが一致していたのは，ついハッスルしすぎたり，回りにつられて動きすぎてしまったりしたための結果とも考えられる．しかし被験者の中には他の被験者に比べて筋痛の発生時期が遅れていると認められる者もおり(**図 5 〜 7**)，加齢による影響も少なからずあり，また日常での運動習慣との関連もあると考えられ，縦断的な研究の必要性が示唆された．

筋痛の原因については諸説あり， DeVries[7]の Spasm theory や乳酸の影響[4]も無視できない．痛みの種類によってその原因も異なるのかもしれない．たとえば運動直後ですでに感じるような激しい痛みの際には Frién ら[8]が報告しているような筋の損傷が原因の痛みであるのに対し，直後は「だるい」程度で時間がたって次第にはっきりしてくるような痛みでは，血流量の変化[3]や腫脹[7]などが関係しているのかもしれない．

今回実験的に筋痛を生じさせるような運動を負荷した際にも，ほとんど筋痛が生じなかった被験者がいたが，その運動に対する経験や日常のトレーニング状況なども筋痛と大きく関わっており，個人差についても考えていく必要があると思われる．

筋痛というスポーツ活動にはつきものである現象をどう捉えるかという根本的な問題も未解決である．現実には筋痛があってもトレーニングが続けられることは多いと思われる．そしてそのような状況でも自然と筋痛が消失していくという事実もある．また筋のトレーニングには必ずといってよいほど筋痛が伴う．もしかしたらこの筋痛は筋のトレーニング効果を生むためには不可欠なものなのかもしれない．これらに関しても今後さらに検討していく必要があるだろう．

また「疲れが年をとると遅れ，回復も遅い」という事実も何故なのかわかっていない．「疲労」の本態は未解明のままであり，筋痛もこの例外ではない．今後さらに疲労あるいは筋痛という問題に対しての研究が進めば，筋の老化度と筋痛にも positive な関係を見い出せるのかもしれない．

結　　論

本研究の実験結果からは，筋痛が加齢に伴って遅れるという事実は実証できなかった．また筋痛の発生時期ならびにそのピークと年齢とにも一定

の傾向は見い出せなかった．筋痛の発生時期やそのピークは運動の種類によって異なり，また筋の部位によっても異なることが示唆された．

また筋痛の程度は日常の運動習慣やその運動に対する慣れの程度などによっても異なっていた．今後さらに筋痛の発生時期についての縦断的な研究をしていく必要があると思われるが，筋痛の発生時期と筋の老化度との関係は，本研究では明らかにならなかった．

文　献

1) Abraham, W.M.; Facters in delayed muscle soreness. *Med. Sci. Sports,* **9** : 11—20 (1977)

2) Armstrong, R.B., R.W. Ogilvie, and J.A. Schwane; Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *J. Apple. Physiol.,* **54** : 80—93 (1983)

3) Bobbert, M.F., A.P. Hollander, and P.A. Haijing Factors in delayed onset muscular soreness of man. *Med. Sci. Sports,* **18** : 75—81 (1986)

4) Borg, G., G. Ljunggren, and R. Ceci; The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. *Eur. J. Appl., Physiol.,* **54** : 343—349 (1985)

5) Byrnes, W.C., R.M. Clarkson, and F.I. Katch; Muscle soreness following resistance exercise with and without eccentric contractions. *Res. Quart. Exer. Sport,* **56** : 283—285 (1985)

6) Byrns, W.C., P.M. Clarkson, J.S. White, S.S. Hsieh, P.N. Frykman, and R.J. Maughan; Delayed onset muscle soreness following repeated bouts of downhill running. *J. Appl. Physiol.,* **59** : 710—715 (1985)

7) DeVries, H.A.; Quantitative electromyoglaphic investigation of the spasm theoly of muscle pain. *Am. J. Physiol. Med.,* **45** : 119—134 (1968)

8) Fridén, J., M. Sjöström, and B. Ekblom; A morphological study of delayed muscle soreness. *Experientia,* **37** : 506—507 (1981)

9) Fridén, J., M. Sjöström, and B. Ekblom; Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *Int. J. Sports Med.,* **4** : 170—176 (1983)

10) Hough, T.; Ergographic studies on muscular soreness. *Ame. J. Physiol.,* **7** : 76—92 (1902)

11) McCully, K.K., and J.A. Faulkner; Characteristics of lengthning contractions associated with injury to skeletal muscle fibers. *J. Appl. Physiol.,* **61** : 293—299 (1986)

12) Newham, D.J, K.R. Mills, B.M. Quigley, and R.H.T. Edwards; Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions. *Clin. Sci.,* **64** : 55—62 (1983)

13) Schwane, J.A., and R.B. Armstrong; Effect of training on skeletal muscle injury from downhill training in rats. *J. Appl. Physiol.,* **55** : 969—975 (1983)

14) Talag, T.S.; Residual muscular soreness as influenced by concentric, eccentric, and static contractions. *Res. Quart.,* **44** : 458—469 (1973)