

207

強縮収縮時における萎縮筋の収縮特性

大西智也¹⁾・藤野英己²⁾・武田 功²⁾・祢屋俊昭³⁾
仁木恵子⁴⁾

- 1) 医療法人交詢医会大阪リハビリテーション病院
- 2) 鈴鹿医療科学大学保健衛生学部理学療法学科
- 3) 吉備国際大学保健科学部理学療法学科
- 4) 吉備国際大学大学院保健科学研究科

key words

萎縮筋・強縮・1/2立ち上がり時間

【目的】骨折後などのギプス固定や長期臥床による骨格筋の不活動によって筋は急速に萎縮する。その主な要因として筋の収縮活動量の減少や張力負荷の低下があると言われている。このような状態は不活動によって生じた廃用性萎縮としてとらえることができる。不活動状態が長期間続いたときの骨格筋の特性については、これまで多くの動物を用いたモデル実験が行われている。萎縮したときのヒラメ筋の最大張力は低下することは多くの研究から解明されている。しかし、最大張力に達するまでの張力変化に関する研究は少ない。そこで、萎縮筋に強縮を与えたときの最大張力の1/2に達するまでの時間（1/2立ち上がり時間）と最大張力が発揮されるのに要する時間（最大張力発揮時間）を測定し、後肢懸垂による後肢の不活動によって生じた萎縮筋とギプス固定によって生じた萎縮筋の相違について検討した。

【対象と方法】10から12週齢のWistar系雄ラット15匹を使用した。これらのラットを無作為に後肢懸垂群（HS群）5匹、ギプス固定群（CAST群）5匹と対照群（CONT群）5匹の3群に分類した。HS群はMoreyの変法を用いて後肢懸垂の負荷を、CAST群は足関節最大底屈位でギプス固定の負荷を2週間行った。負荷後、ラットを麻酔して左後肢のヒラメ筋を摘出した。摘出ヒラメ筋は37℃のクレブス液中（95% O₂, 5% CO₂の混合ガス注入）で保生した。摘出ヒラメ筋の両側を結紮した糸で一端を固定し、他端を張力トランスジューサのフックに吊るした。トランスジューサを歪増幅器に接続し、収縮曲線を記録した。刺激電極には2枚の白金板（約2×5 mm）を用いて、摘出筋の長軸と平行となるようにサンドイッチ状に留置した。電気刺激には最大刺激電圧の2倍の矩形波刺激（持続時間1 msec）を用いて、80 Hzで1秒間筋に与えた。刺激波形及び収縮曲線は4 kHzでA/D変換してコンピュータに記録した。実験終了後に筋湿重量を測定した。

【結果と考察】相対湿重量比（ヒラメ筋湿重量（mg）/体重（g））はHS群が0.39±0.02、CAST群が0.37±0.02となり、CONT群の0.54±0.01に対して有意な減少を示した。最大張力はCONT群の138.9±7.4 gに対してHS群は75.0±4.7 g、CAST群は50.1±3.7 gと有意に減少した。1/2立ち上がり時間を最大張力発揮時間で除した結果、CONT群の6.5±0.2%に対し、CAST群は7.6±1.0%と延長する傾向を示したが、HS群は5.0±0.2%と有意に短縮した。1/2立ち上がり時間は筋力発揮速度の有用な指標となり、多くの筋線維を同時に収縮させる能力に関係があると言われている。つまり、CAST群、HS群の2群は最大発揮張力がCONT群よりも減少したが、CAST群は筋力発揮速度が低下し、逆にHS群の筋力発揮速度は増加した。このようなことから、HS群では刺激に対する反応性の向上がみられ、加重されやすい状態に変化したと考えられるが、CAST群では刺激に対する反応性の低下が生じ、筋線維を同時に収縮させる能力の低下が示唆される。

208

持続的伸張刺激と周期的伸張刺激がラットの除神経筋萎縮に及ぼす影響

縣 信秀¹⁾・小八重明美¹⁾・宮津真寿美¹⁾・河上敬介¹⁾
早川公英²⁾・小林邦彦¹⁾

- 1) 名古屋大学医学部保健学科学療法専攻
- 2) 科学技術振興事業団細胞力覚プロジェクト

key words

筋・除神経・伸張刺激

【はじめに】理学療法の現場で、廃用性筋萎縮の抑制のために筋力増強訓練、ストレッチなどの機械刺激が処方されることがある。これらの方法は経験的に実施されていることが多く、その方法による効果については十分検討されていない。そこでラットを用い坐骨神経の除神経によるヒラメ筋萎縮に対して持続的伸張刺激又は周期的伸張刺激を加え、その有効性について検討した。

【対象と方法】8週齢のWistar系雄性ラット50匹を対照群10匹、除神経群10匹、除神経+持続的伸張刺激群（以下、持続伸張群）15匹、除神経+周期的伸張刺激群（以下、周期伸張群）15匹に分けた。除神経群と持続伸張群と周期伸張群には麻酔下にて左坐骨神経を約2 cm程度切除し、対照群には皮膚と筋を切開し坐骨神経を露出させ、そのまま縫合を行った。持続伸張群は麻酔下にて足関節背屈位固定を30分間行い、周期伸張群は麻酔下にて足関節の他動的背屈運動（足関節最大背屈位で5秒間保持-足関節中間位5秒間保持）を15分間繰り返した。これらを1日1回、週5日、2週間施した。術後2週間で麻酔下にて左のヒラメ筋を剖出し筋湿重量を測定した後、筋を長軸方向に二分し、一方は組織学的分析に、他方は生化学的分析に用いた。組織学的分析は筋の横断凍結切片を作製し、H-E染色を行った後、筋線維断面積を測定した。生化学的分析は筋タンパク抽出後、電気泳動を行い銀染色を施し、各ミオシン重鎖（MHC）アイソフォームの割合の変化を調べた。

【結果】筋湿重量は、除神経群（0.21±0.02 mg/kg）、持続伸張群（0.25±0.04 mg/kg）、周期的伸張群（0.24±0.02 mg/kg）の3群とも対照群（0.39±0.03 mg/kg）に対して有意に小さかった（P<0.001）。しかし持続伸張群、周期伸張群は除神経群に対し有意に大きく（P<0.01）、筋湿重量の減少が抑えられていた。筋線維断面積では、除神経群（801±193 μm²）、持続伸張群（1185±158 μm²）、周期伸張群（1000±172 μm²）の3群とも対照群（2329±333 μm²）に対して有意に小さかった（P<0.01）。しかし、持続伸張群、周期伸張群は除神経群に対し有意に大きく（P<0.05）、筋線維断面積の減少が抑えられていた。MHCアイソフォームのタンパク量比は、速筋型であるtype IIaの割合が除神経群（38±8%）は対照群（26±11%）に対して有意に大きかった（P<0.01）。持続伸張群（31±11%）、周期的伸張群（30±11%）では対照群に対して有意な差は見られなかった。

【まとめ】本結果でも明らかになったように、一般にヒラメ筋のような遅筋では除神経を行うと筋質重量、筋線維断面積は減少しMHCの速筋化が起こる。持続的伸張刺激や周期的伸張刺激を行うと筋湿重量、筋線維断面積の減少は抑えられ、除神経による筋萎縮の進行を抑制する効果がみとめられた。また、MHCの速筋化も抑制される傾向がみられた。