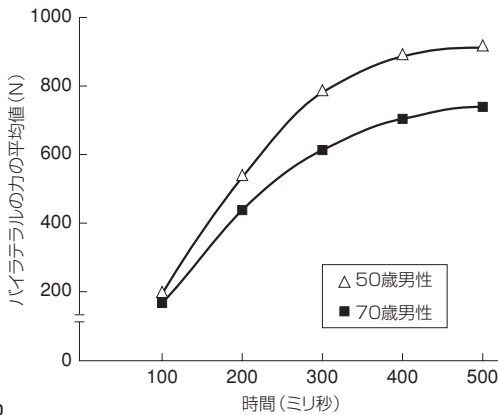
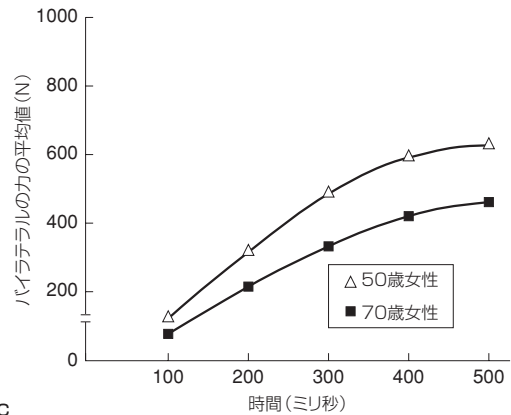


a



b



c

図 11.3 筋力の立ち上がり曲線 (バイラテラル)

a: K. Hakkinen and A. Hakkinen, "Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages," *European Journal of Applied Physiology* 62: 410-414. © Springer-Verlag, (1991) より許可を得て掲載。

b, c: Hakkinen, W.J. Kraemer, and M. Kallinen et al., "Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women," *Journal of Gerontology and Biological Science* 51A: B21-B29. 著作権 © The Gerontological Society of America. より許可を得て掲載。

(屈曲と伸展)に関係なく生じると報告しているが、Janseenら(2000)は、上半身に比べて下半身のほうが筋量が大幅に減少すると指摘している。YoundとStokes、Crowe(1984)は、70代の女性の大腿四頭筋の横断面積は、20代の女性の77%であることを示した。一方、加齢に伴い筋横断面積が減少するだけでなく、筋内脂肪が増加するが、これはとくに女性において顕著である(Imamura et al. 1983)。また、高齢者では、筋内の非収縮性要素が若年者の約2倍にまで増加する(Kent-Braun, Ng, and Young 2000)。

Izquierdoら(2001)は中年男性(42歳)と高齢男性(65歳)を比較し、高齢男性は中年男性に比べスクワット1RMが14%、最大アイソメトリック筋力が24%、大腿四頭筋の筋量が13%少なく、さらにテストステロン濃度も低いことを示した。このように、加齢に伴い筋力が低下し続けることは、多くの生理学的要因と関係している。

筋量の低下は、個々の筋線維サイズの減少と筋線維の喪失のいずれか、またはその両者によるものであると考えられる(Frontera et al., 1988; Larsson 1982; Lexell et al. 1983; Lexell, Taylor, and Sjoström 1988)。また、タイプII筋線維(速筋)の老化に伴う選択的喪失が考えられ、パワーの発揮能力に対してネガティブな影響を及ぼすものと考えられる。さらに、加齢によって、筋横断面積あたりの筋力低下も生じるようであり、これは加齢に伴って収縮性タンパクに何らかの内因性異常が発生することが原因であると考え

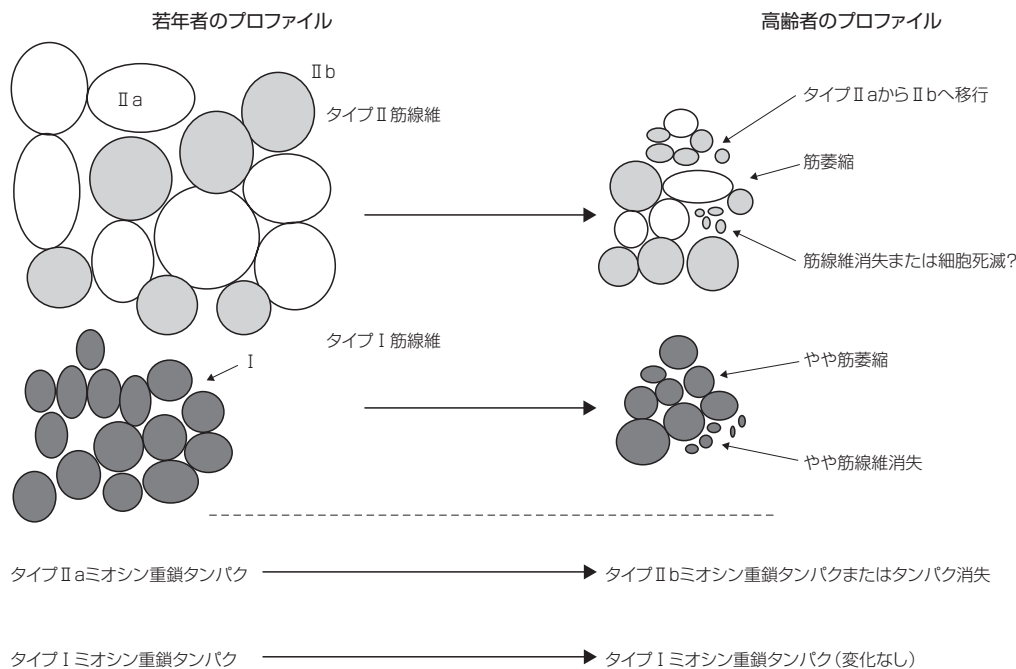


図 11.4 加齢による筋線維とミオシン重鎖の理論的变化

られている (Frontera et al. 2000)。図 11.4 で、加齢に伴う筋線維の基本的変化を概説した。たとえば、高齢男性 (70 ~ 73 歳) の剖検試料における外側広筋中央部の筋線維の数は、若年男性 (19 ~ 37 歳) よりも約 23 % 少ない (Lexell et al. 1983)。筋線維数の減少はタイプ II 筋線維においてさらに顕著であり、身体活動の少ない若年男性では平均 60 % であったタイプ II 筋線維が、80 歳では 30 % にまで減少する (Larsson 1983)。

筋量減少のメカニズム

加齢に伴って筋線維が失われる理由は完全には明らかにされていないが、次のように説明することが可能である。身体の中の全細胞には、遺伝的素因によって定められた最小限の大きさというものがある。細胞がその大きさ以下に縮むと、細胞は死滅することがある。加齢による筋線維の喪失は、筋細胞が死滅した、あるいは神経系との接合が失われた結果として、脱神経支配につながるために生じると考えられる (Häkkinen,

Kallinen, and Komi 1994)。一部の筋線維は老化によって失われるが、ほかの筋線維はその活動を維持または増大させる結果、再神経支配されるため失われることはない。筋線維が死滅したあと、脂肪または線維性の結合組織と入れ替わる。筋線維が喪失すると、個々の運動単位が力を発揮する機能的能力が低下し、筋全体の基本的な代謝機能に影響する (筋量の減少によるカロリー消費量の低下など)。

運動単位の喪失

運動単位の喪失あるいはほかの神経学的変化が、加齢に伴う筋力低下の一因となっている可能性がある。単一運動単位の筋電図 (EMG) を用いた Nelson と Soderberg、Urbscheit の研究 (1984) によって、若年者では通常小さな運動単位が用いられる状況でも、高齢者 (79 歳) では大きな運動単位が用いられていることが観察された。これは、高齢者では小さな運動単位が喪失していることを示唆している。後年の研究で Doherty ら (1993) は、健康で活動的な人においても、加齢による筋力低下の主要なメカニズムは運動単位の喪失によるものであることを指摘した。同研究