

体力医科学に関する最近のトピック No. 13 :
骨格筋の縦方向の肥大とそれを促すトレーニング方略

前大 純朗（立命館大学）

骨格筋量は、すぐれた運動パフォーマンスの獲得や自立した日常生活の遂行だけではなく、代謝や免疫機能の維持、ならびに種々の疾患予防にも大きく関与する¹⁾。骨格筋量の増加（筋肥大）は、主に筋線維や筋原線維の面積または数の増加（横方向への肥大）によると考えられているが²⁾、最近の研究³⁾では、ショウジョウバエの成長過程の骨格筋において、個々のサルコメアが直列方向に沿って二分し、2つのサルコメアに分かれる現象（すなわち縦方向への肥大）がライブイメージングで捉えられている。これについて著者らは、骨格筋の成長や収縮に伴う張力および局所損傷がそのようなサルコメア新生を誘発すると推察している³⁾。この現象が哺乳類、とりわけヒト成人の運動トレーニングへの適応として生じうるかは不明であるが、サルコメアにおける張力発生や局所損傷、それに伴う構造再編という一般原理は、骨格筋の直列方向のリモデリング（筋束長の増加・縦方向への肥大）を説明し、ひいては羽状筋における筋横断面積の増加に寄与する²⁾有力なメカニズムの候補となる。

運動トレーニングによるサルコメア新生、およびそれを促すトレーニング方略について、これまで主に動物（哺乳類）を対象に研究が行われており、筋が伸ばされながら力を発揮する伸張性運動が注目されてきた。しかしながら、最近のシステムティックレビュー・メタ解析⁴⁾は、長い筋長（筋伸張位）での高い能動または受動張力がサルコメア新生を引き起こす主要刺激となる一方、伸張性運動そのものは主要因ではない可能性が高いことを示唆している。

筋伸張位でのトレーニングのサルコメア新生に対する効果について、ヒトで直接的エビデンスを得ることが今後の課題であるが、Maeoらはこれまでに関連する研究として、二つの関節を跨ぐ二関節筋の特性に着目し、筋伸張位となる種目（姿勢）でトレーニングを行うことで、筋短縮位でトレーニングを行う場合に比べて筋肥大（筋体積増加）効果が増すことを、ハムストリングス（座位＞伏臥位でのレッグカール）⁵⁾や上腕三頭筋（上肢挙上位＞下垂位でのエルボーエクステンション）⁶⁾などで報告している。これらの研究では筋束長やサルコメア数に関する情報を持たないが、サルコメア新生（縦方向への肥大）が羽状筋における筋横断面積の増加をもたらした²⁾、筋体積のより大きな増加に寄与している可能性がある。今後、筋伸張位でのトレーニングによる筋肥大効果を、そのメカニズムと合わせて検証することで、筋肥大により効果的なトレーニング方略が確立されることを期待したい。

【参考文献】

- 1) Sartori R et al. Mechanisms of muscle atrophy and hypertrophy: implications in health and disease. *Nat Commun.* 12:200, 2021.
- 2) Jorgenson KW et al. Identifying the structural adaptations that drive the mechanical load-induced growth of skeletal muscle: a scoping review. *Cells.* 9:1658, 2020.
- 3) Rodier C et al. Muscle growth by sarcomere divisions. *Sci Adv.* 11:eadw9445, 2025.
- 4) Blazeovich AJ et al. Triggering sarcomerogenesis: Examining key stimuli and the role attributed to eccentric training-Historical, systematic, and meta-analytic review. *J Sport Health Sci.* 14:101073, 2025.
- 5) Maeo S et al. Greater hamstrings muscle hypertrophy but similar damage protection after training at long versus short muscle lengths. *Med Sci Sports Exerc.* 53:825-837, 2021.
- 6) Maeo S et al. Triceps brachii hypertrophy is substantially greater after elbow extension training performed in the overhead versus neutral arm position. *Eur J Sport Sci.* 23:1240-1250, 2023.