

子宮筋構造（電子顕微鏡的観察）よりみた 子宮収縮方法についての一考察

東京医科歯科大学医学部産科婦人科学教室

加藤 宏 一 石田 雅 巳

概要 妊娠末期ヒト子宮の glycerol 処理筋を用いて電子顕微鏡により Myofilament の走行を観察し、骨格筋の構造と対比しつつ、その収縮機構に関する機能的考察を行い、これを様式化して弾力編み説と仮称した。

緒 言

骨格筋の収縮弛緩機構の解明は、生化学的には Szent-Györgyi らにより驚異的進歩をなし、特に弛緩機構に関しては江橋らにより精細な研究がなされている。さらに形態学的には H.E. Huxley が電子顕微鏡で Myosin, Actin の Filament を追求することにより sliding 学説を確立した。しかし、子宮筋については、いまだに骨格筋の研究解明に比較すると、かなりの遅れを認めざるを得ない。同じ平滑筋でも子宮筋は、腸管、その他の平滑筋とはその機能上まったく異なつた働きをするものであり、構造的にも異なることが当然予想される。

子宮筋の筋線維束の走行に関しては、多くの検討が行なわれているが、われわれの glycerol 筋を用いての個々の muscle fiber 構造の電子顕微鏡的観察は、子宮筋収縮機構解明への形態学的面からの approach になると考え以下の実験を行つた。

実験材料及び方法

1) 実験材料

妊娠末期、帝王切開術施行時のヒト子宮筋をできるだけ新鮮な状態で細かい筋束に分け、これを 0℃で50% glycerol 液に48時間浸し、以後新たな50% glycerol 液に移して、-20℃に保存する。このようにして得たものを glycerol 筋として使用した。

2) 実験方法

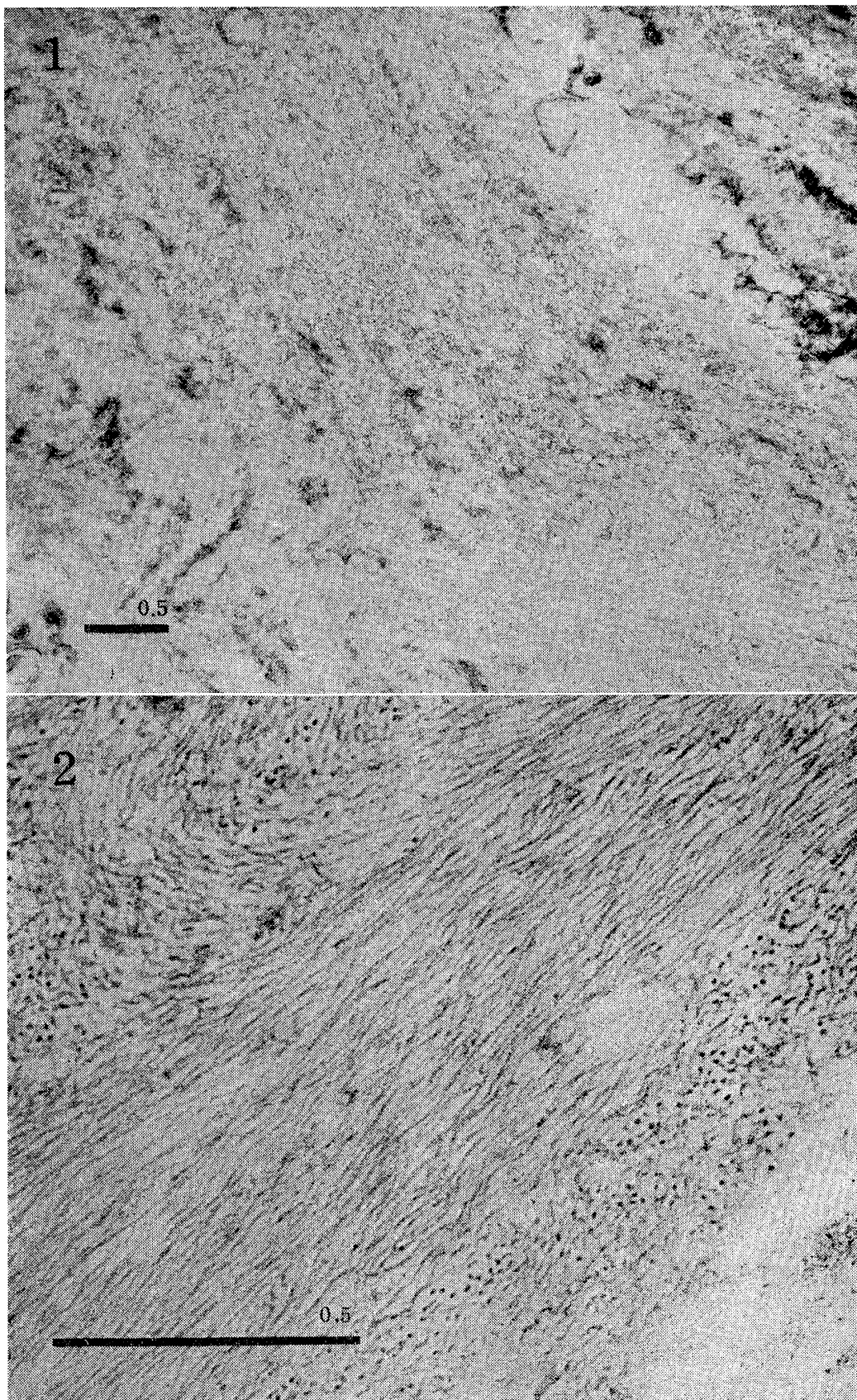
上述のごとくにして作製した glycerol 筋をNa-

リン酸緩衝液 (pH 7.2) で24時間、数回液を交換しつつ洗滌し、細切後2% OsO₄ (Na-リン酸緩衝液) で2時間固定、以後アルコール系列による脱水後 Epon 包理を行なつた。ミクロトームは日立 MT-I 型、電子顕微鏡は日立 HU-11DS (75KeV) を用いた。

実験結果および考按

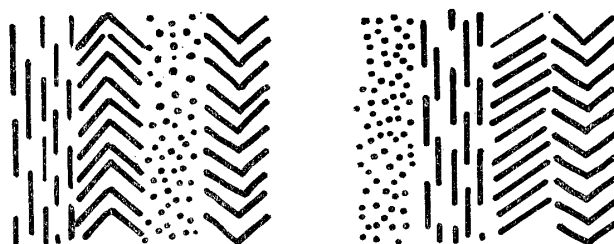
実験結果は写真1, 2に示すごとくである。glycerol 筋は細胞蛋白質を変性させずに細胞膜を破壊し、可溶性物質を抽出する溶媒として用いられているが、Szent-Györgyi 法では溶解性蛋白質の約50%が抽出され、ATPおよびその他の塩類はほとんど完全に失われるといわれている。したがって glycerol 筋は主として不溶性蛋白である Actin-Myosin系より成るものと考えられている。しかも、Actomyosin(AM) は完全な筋線維の構造を保っているとされており、glycerol 筋はAM系筋モデルとしては構造的にいつても、あるいはAM系の特徴であるATPによる収縮の性質からいつても、最も生筋に近い位置にあると認められている。

さて、骨格筋は glycerol 筋を用いなくても電子顕微鏡学的に Actin-Myosin 系の排列は整然としており、Actin, Myosin の判別および機能的な意味づけは H.E. Huxley の定説が確立している。すなわち、干渉顕微鏡により、収縮する時は I-Band が狭くなり、同時に収縮時の張力発生は細い Filament と太い Filament の重なり距離に完全に比例することを証明した。また、電子



顕微鏡による研究で Actin と Myosin の存在場所を確立し, Myosin から出ている手が櫂のような運動をすると, 細い Actin Filament が一方向に送られて, その結果, 筋肉が収縮するという事実を認めた. では, 子宮筋ではどうであろうか. 妊娠末期の子宮筋を用いると, 非妊時に比べて筋線維が増大しているため, 生筋のまま鏡検しても Myofilament の様子をほぼ認めることができる. 同じ平滑筋である腸管の場合, Myofilament はほとんど一方向に走っていて錯綜した様子はあまりない, 核も細長く, 縦軸に沿った像も認められるが, 子宮筋ではこのような細長い核は認められず, また一定の方向性を判然とつかみとることはできない. また, 筋細胞の大きさから比較すると, 腸管では長さ 200μ , 子宮筋では長さ約 50μ で, 妊娠末期では最大 500μ , 幅 6μ である. そこで子宮筋に対して glycerol 処理をして, 筋を裸の状態を観察しようと試みた. すなわち, 写真では Myofilament は縦断, 横断または斜断の部分が入り乱れ, 一見方向性がない. しかし, 精細に観察すると, それらは大体一つの Myofilament の束になつて走っていることが分る. 写真1には Z-Band のような所もみられるがこれらはまったく一定の規則性はない. Myofilament の走行の意義を考えてみよう. すなわち, 球形の子宮全体が収縮して子宮内容物を子宮外へ押し出すわけである. 層をなした筋線維束そのものの走行もちろん子宮筋収縮弛緩の機能に合目的的に働いているわけであるが, さらに一つ一つの muscle fiber にもこのような構造をもっていることは, 分娩という巨大なエネルギーの働く現象にも誠に無理なく自然が適応していることが分る. もちろん, 妊娠末期になつて増加し, 分娩後急速に消失するという膠原線維も子宮筋の補強に役立つと思われる. また, 前述の腸管などで Myofilament がほとんど一方向に走っていることは, 腸管の運動はもっぱら蠕動という縦または横の2方

図1 子宮筋筋原線維模型(弾力編み説 Scheme)



向であることから考えても, 子宮筋の合目的性はうなづける. 子宮筋にある Z-Band のような部分 (dense patch) が機能的に如何なる働きがあるかは不明である. Myofilament の収縮弛緩の力学的な足がかりという見方もできるかもしれない. 最後に, われわれは以上の事実を基にして, 子宮筋に於ける Myofilament の構造に関する scheme を一試案として考案してみた (図1).

すなわち, 綾織りのごとくなつたこれらの myofilament の走行を毛糸編み中の弾力編みのごとくなつていてと考え, 子宮筋収縮方法に対し, われわれは仮にこれを弾力編み説を提案する. しかし, さらに精細に検討する必要があると思うが, このように種々の方向の束が綾織りのごとくからみ合い層をなしているとするれば, 全体的な筋線維束の走行による合目的的な収縮はもちろん, 個々の筋細胞も非常に大きな変化や力に耐えられるわけであり, 妊娠分娩という大きな形態学的, 物理学的な変化にもまったく適応できると考えられる.

結 論

子宮筋より作製した glycerol 筋を用いて電子顕微鏡学的に観察し, その Myofilament の構造より子宮筋収縮方法につき一試案を考案し, その方法を弾力編み説と仮称した.

擱筆するに際し, 御協力を頂いた東京医科歯科大学生物硬組織研究施設, 水平敏知教授, 内田和子助教授, 山科正平学士, 二重作豊学士に感謝致します.

(No. 2392 昭45・9・1 受付)