
 原 著

子宮筋収縮の移行現象に関する研究

The Transitional Phenomenon in Contraction of Uterine Muscle

東北大学医学部応用生理学教室 (主任 鈴木泰三教授)

助 手 岡 村 桂 介 Keisuke OKAMURA

緒 言

妊娠の維持及び分娩に於て子宮筋の果たす特異な役割を解明することは、生理学的にも又臨床医学の分野にも極めて重要であり、従来幾多の報告が為されて来ている。即ち子宮筋が性ホルモンの影響を受ける事は古くから知られて居り^{1)~4)}、Dale⁵⁾ と Cushny⁶⁾ は猫の妊娠子宮で所謂“Pregnancy Reversal”を見出し、妊娠が子宮筋の Adrenaline に対する反応を逆転するのを認めて、妊娠と子宮の反応性との間の関連性に関する一つの問題を提供した。其後 Keye⁷⁾ は発情期と黄体期とで豚豚出子宮の運動に著明な差があることを知り、更には Van Dyke と Gastavson⁸⁾ に依つて、黄体抽出物を動物に注射し実験的に“Pregnancy Reversal”を再現する事に成功した。又 Knaus⁹⁾、Reynolds 及び Allen¹⁰⁾、Reynolds¹¹⁾ は、黄体より抽出された Progesterone を用いて、それを投与した子宮ではその収縮性が抑制されているのを認めた。このような妊娠時に於ける収縮性の低下は、妊娠によつて起る内分泌の変化、就中黄体ホルモンによつて誘起され、妊娠の維持という点に於て極めて合目的であると説明される。しかしKeye⁷⁾はProgesteroneを投与して作った Progesterone優位の子宮で、Estrogen優位のものより自発収縮の活潑なものを観察し、Henry 及び Browne¹²⁾ も Progesterone 優位の人子宮では、決して常に無収縮状態ではないと反論している。これに対して Reynolds¹¹⁾ は、得られた結果が相異するのは実験方法の差異及び被験動物の内分泌状態が不一致の為であると述べ、適切な実験方法と一定した内分泌条件を作り出せば、常に同一の結果が期待出来ると云う¹³⁾。今日では Progesterone が自発収縮のある Estrogen 優位の子宮に作用して、それを抑制する如くに働くと云う観察が趨勢を占めるに至っている。近年、Csapo¹⁴⁾¹⁵⁾ はこれまで骨格筋生理学で既に得られた知見と方法¹⁶⁾とを平滑筋の分野に応用して各種の実験を行い、子宮筋も Molecular 及び Cellular level に於ては、骨格筋と極めて

類似している事、基本構造と活動機能が性ホルモンに依つてどの様に変化し、又どの程度ホルモンが子宮筋個々の特質に影響を及ぼすかに就いて幾多の知見を得た。そのうちで、Csapo 及び Corner¹⁷⁾ は兎子宮の「階段現象」なるものが性ホルモンと特異的な関係にある事を見出した。階段現象は、蛙の灌流心臓を用いた Bowditch¹⁸⁾ に依つて最初に記載されたが、近年 Hajdu及び St. Gyorgyi¹⁹⁾ により更に進展をみた現象であつて、この現象の観察は筋生理学研究の有力な手段である。Csapo 等によれば Estrogen 優位の子宮では、蛙心で観られたと同様な現象—即ち、電気刺激の頻度と筋収縮高が相関々係を為し、頻度の増加につれて張力が大となる為、これを「陽性階段現象」と名附けた—を観察し、Progesterone 優位の子宮では、両者が逆の相関を示す所謂「陰性階段現象」を見出した。陽性階段現象は骨格筋、心筋及び一般平滑筋で認められるが、Progesterone 優位の子宮筋に特異的にみられる陰性階段現象は極めて特有なもので、Progesterone の子宮筋への作用機序を解明する一つの鍵ともなる興味ある現象と思われる。近年、筋細胞の興奮及び収縮の機構が新しい生理学の立場から再検討されて居る事を考え、本論文ではこの新しい立場に立つて陰性階段現象を中心として Progesterone の子宮筋に対する作用を検討する実験を行い、2, 3の知見を得たので茲に報告する。

実験材料及び方法

1. 実験材料

実験動物には体重1500~2500 g前後の白色非妊娠家兎を用いた。家兎子宮は内分泌の影響を強く受けるので、その内分泌的条件を一定にする為に、被験動物は総て始め卵巣を剔除し、剔除後約2週間放置した。次いで、これらの動物を2群に分つて内分泌的処置を行つた。即ち、1群には Estradiol benzoate 25 γ /kg/day を約7日間注射して Estrogen 優位の子宮を作り、他の1群には前述と同量の Estrogen と共に Progesterone 1 mg/kg/day

を7日から10日間筋注して Progesterone 優位の子宮を得た。家兎が幼若の際にはProgesterone優位の状態を作る為に、より長期間（2週間前後）の内分泌的処置が必要である。Progesterone 優位の状態になると Csapo の特異的な階段現象¹⁷⁾、或いは筆者の移行現象が明確となる。

2. 実験方法

A. 子宮片採取並びに保存法

子宮剔除は無麻酔下で型の如くに腹部正中切開を加えて出来るだけ同器官にふれることなく速に取り出す。これを直ちに10℃内外のリンゲル液中に入れて冷暗所に保存し、必要に応じて使用に供した。保存に依る影響の詳細に関しては後述するが、リンゲル液の温度が5℃以下、及び20℃以上に於て保存を続けると数時間で筆者の移行現象が出現しなくなる事があるので注意を要する。

B. リンゲル液の組成

リンゲル液は常に実験当日新調されたものを使用することが望ましい。その組成は次の如くである。NaCl 138 mM, KCl 3.1 mM, MgCl₂ 0.2 mM, CaCl₂ 1.4 mM, Phosphate buffer 5.3 mM, Glucose 5 mM., pHは7.3で実験前後に於てもこの値は不変である。本実験は総て37℃以下で行われた。

C. 記録方法

先ず子宮周辺の結合織等をリンゲル液中で除去する。次いで無刺激且つ非収縮状態で約2 cmの長さにてこれを切断しその両端を夫々絹糸で結び、その一端を張力描記装置の固定支柱下端に結びつけ、子宮片の他の端を可動支柱の下端にゆわえるが、その際可動支柱と筋の間に数cmの糸のたるみを作つて置く。以上の準備をした後これを28℃リンゲル液の100ml入っている液槽に浸して10分間無刺激状態とし、この環境に順応せしめた後実験を開始する。被験子宮片はリンゲル液中で筋の長軸方向に交流刺激を通电して等尺性収縮を生ぜしめ、その際の張力を Transducer (Mechano-electric transducer RCA 5734) に導いて記録した。張力の動きを電氣的変動にかえる Transducer に接続した糸はやや緊張させて可動支柱下端と筋片との間の糸のたるみが無い状態として置く。しかし子宮片には張力が余り加わつてはならず³⁷⁾本実験では総て加える張力は1 gを越えない。液槽は厚さ4 mmのプラスチック製でリンゲル液は Thermostat に依つて一定温度に保持され、この中に酸素ガスを常時通気した。子宮片は通电に依り等尺性収縮をするが、その際発生する張力はTransducer の陽極に及びその変動を増

巾器を経てペン書きオッシログラフに導き記録した。

D. 電氣刺激法

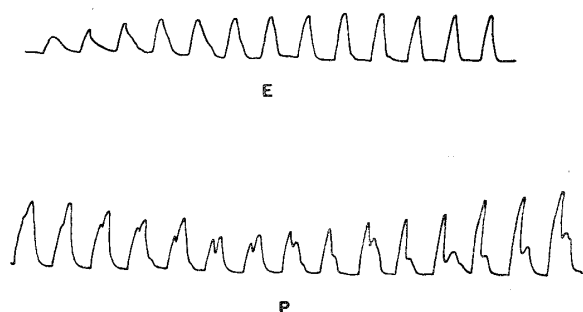
電氣刺激実験を行う際には、刺激条件を規定する事が重要である。筆者は、子宮筋を長軸方向に沿うて交流を通电した。単位刺激の通电時間は5秒間で、頻度は刺激の直後から次の刺激の直前迄40秒である。刺激電圧は2 v/cmとした。この電圧では収縮が最高収縮に近く、且つ長時間刺激でも筋の収縮性を損傷する事がない。

実験結果

1. 移行現象とは何か

Csapo の報告によると、Estrogen 及び Progesterone 優位の剔出家兎子宮をリンゲル液中で一定電圧、一定頻度且つ一定刺激時間で刺激を繰り返すと、前者ではその収縮高が刺激の繰返しと共に次第に増加し、やがて一定値に至る。これを陽性階段現象と名付けている。又後者では逆に収縮高を減ずる陰性階段現象が認められたと述べている（第1図）。しかし筆者はこの Progesterone 優位子宮筋の陰性階段現象を更に詳しく観察すると、刺激の繰返しと共に次第に収縮高を減じ或る時間で最小の収縮となる事は Csapo の述べている通りであるが、しかし時には刺激に対して全く反応せず完全に無収縮状態にすらなる。更に重要なのは、やがて再び序々に収縮高が増して一定値となり安定するに到ることである。筆者は Progesterone 優位子宮筋に電氣刺激を加え始めてから一時張力の下降の時期を経て一時には無収縮の状態となり一再び張力を回復して一定張力に到るまでを「移行現象」と名付け、その詳細を検討した。今、移行現象を下降期、最小収縮期（又は無収縮期）及び上昇期の3つに分ける事にする。この分け方によれば Csapo の陰性階段現象は下降期のみを示している事となる。

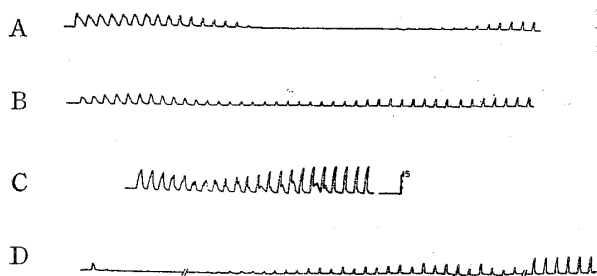
第 1 図



E : Estrogen 優位子宮にみる陽性階段現象。

P : Progesterone 優位子宮の陰性階段現象を含む移行現象。

第2図 移行現象の種々型



A,B,C は夫々第1, 第2及び第3型. Dは Progesterone superdominant uterus でみる波型. 始めの破線は8分間の無収縮期を, 次の破線は60分間不規則波型が続く事を示す. 又スケールは縦軸が張力15 g, 横軸は1分間をさす. A,B,C,D は夫々異なる個体.

A. 移行現象の種々型

移行現象はその程度により3つの型に分けられる(第2図). 第1型は最小収縮期に於て刺激に対して反応が全く認められないもの, 第2型は最小収縮期に於て収縮の低下した状態が認められるが収縮の完全消退はないもの, 第3型は明瞭な最小収縮を欠き下降期より直ちに上昇期に移行するものである. 夫々の型の出現率は, 第1型27%, 第2型51%, 第3型22%であつた. これ等3種類のうち第1型が最も著明な移行現象であり次いで第2型, 第3型の順となる. 内分泌的処置の日数と各型の出現性との間には明確な関連性が認められないが, 投与期日が2週間を越えた場合には時に第2図Dの様な波型が認められる. さて上述の3つの型は移行現象の程度の差であつて, 本質的には同一のものであることは当然である. 全型を通じて最小収縮に至る迄の時間の平均値は約9分であり, 第1型に於ける無収縮期の平均時間は約5分である. 尚電気刺激に対して, 全く反応を欠く無収縮期に於ても Adrenaline (10^{-6} g/ml)や8 V/cmの電気刺激に対しては最大収縮の反応を示すので, 収縮性を完全に失ってしまった状態でない事は明かである.

B. 下降期, 最小収縮期及び上昇期の収縮波型比較

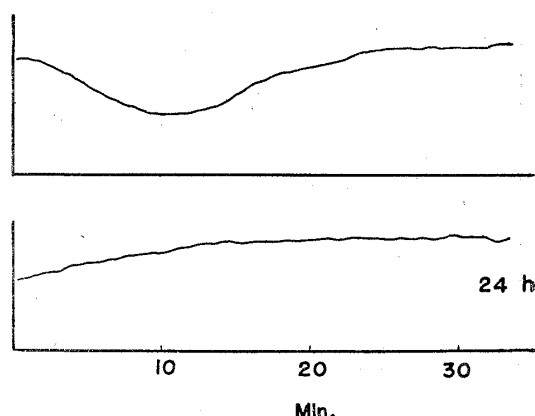
同一電圧の刺激に対する収縮の経過は移行現象の各期で少しく異なる. 下降期並びに最小収縮期の収縮は, 第2図に見る様に電気刺激が加わってから比較的序々に短縮し, 刺激が止むと又ゆるやかに弛緩して来るので個々の収縮持続時間が長い. これに反し上昇期及びその後に見る収縮は刺激に直ちに反応して短縮し, 刺激が切れると速やかに弛緩するので収縮, 弛緩共に急峻であり収縮持続時間も短い. 又下降期の最大収縮高と上昇期以後の

最大収縮高を比較するならば, 後者は前者に等しいか, 或は後者の方が大となるがその逆は一例も存在しなかつた.

2. 保存に依る波型の時間的变化

移行現象は剔出直後の子宮に於て最も良く現われるが, 保存法が良いと数時間後でも出現する. 即ち子宮片は10°C内外のリンゲル液に入れて冷暗所に保存すると, 移行現象が最も良く保持される. しかしこの様な保存法でも保存により全く影響を受けないわけではない. 即ち剔出後30分以内では, 第2図の第1型の様な移行現象も数時間保存すると次第に第2型となりやがては第3型となり, 遂には同現象は出なくなる. この様にして同一個体の移行現象も時間と共に変化して行き, 最小収縮に至る時間も短縮するが延長する事はない. 保存に至適と思われる10°Cリンゲル液中でも12時間以上では同現象はまれにしか現われず, 24時間氷室保存で完全に消失する(第3図).

第3図 保存に依る波型変化



縦軸は収縮高, 横軸は時間, 曲線は個々の収縮高の頂点を結んだもの. 以下各図は夫々同一個体.

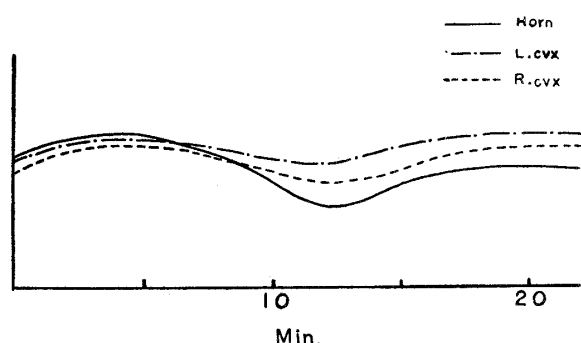
3. 子宮部位と出現性

同一個体に於ける子宮の部位と移行現象の出現との関係を調べた. その結果は原則的には本現象が筋の任意の一片で認められる時はその個体の子宮筋総ての部位でも同様に出現し, 又最小収縮に至る時間も略等しくなる関係が成立する(第4図). 一般に子宮角部は子宮頸部より明瞭な移行現象を示し, 又前者の方がより長く同現象を保持する傾向にある.

4. 再現性について

移行現象は同一筋片に於て何度も繰返して生ずるかどうかを第1型, 第2型及び第3型の移行現象を示す各片について再実験した. その結果は10分, 30分及び2時間

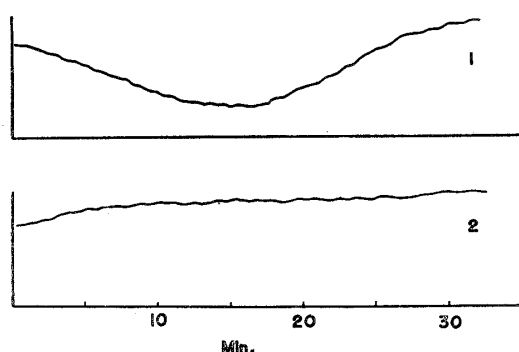
第4図 子宮部位と出現性



実線は子宮角部，点線は右の，又破線は左の子宮頸部に近接する部分からのもの。

休止後に於ても再現性はなく同現象は全く一過性であり，繰返しがきかない事が明かとなった。これは休止期に新しいリングル液と交換しても又液温を10°C前後に保持して休止させても結果は同様であつた(第5図)。

第5図 再現性



2は1と同一筋片。1に引き続き行つた2では移行現象が現れない。即ち再現性がない。

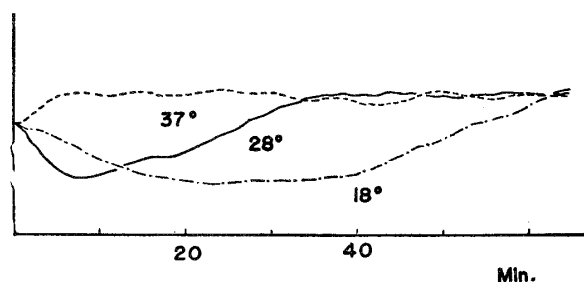
5. 温度の影響

液槽のリングル液の温度を18°C, 28°C及び37°Cとして移行現象の温度に対する影響を見た。その結果，移行現象は28°Cの液温で最も良く認められ，18°Cにすると同現象は存在するが最小収縮に至る時間が延長する傾向にある。液温37°Cでは本現象出現が不明瞭になった(第6図)。

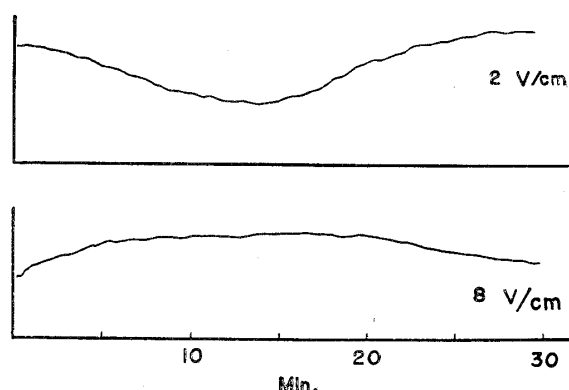
6. 刺激電圧

次に刺激電圧の大きさに依つて移行現象が如何なる影響を受けるかに就いて観察した。電圧の大きさは従来の報告²⁷⁾²⁸⁾に依ると，2 V/cm 附近では興奮系，即ち細胞膜に作用するものであり，8—10 V/cm になると Myoplasmic excitation を引き起すと云う。本現象は 2 V/cm の刺激電圧で発現し，電圧を 8—10 V/cm に上昇した時

第6図 温度の影響



第7図 刺激電圧の影響：8 V/cm では現れない

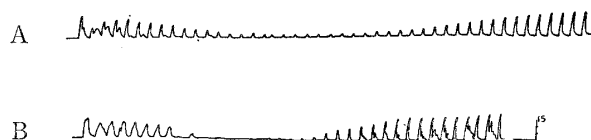


には認められなかつた。故に移行現象は細胞膜の特質によるものと推測される。尚刺激電圧が 2 V/cm でも又 8 V/cm となつても夫々の最大収縮高はほぼ同じ大きさであつた(第7図)。

7. 刺激電流方向

電流の方向は通常は子宮片の長軸に対し軸方向 (longitudinal) に加えられた。これに対して，軸に直角方向 (transverse) に通電した結果を見ると，後者の方が Progesterone 効果の大なる移行現象が得られた。この解釈は容易ではないが，Progesterone 優位の子宮では，興奮の伝導性が低下していることも重要な因子と考えられる(第8図)。

第8図 刺激電流方向



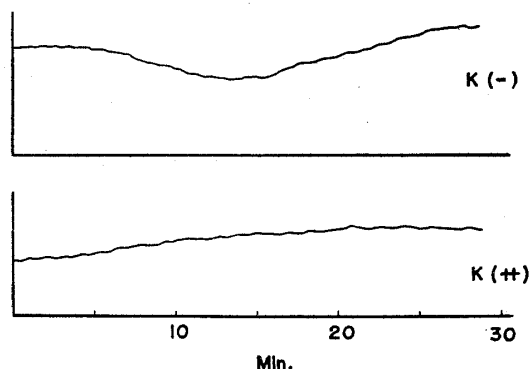
A は longitudinal, B は transverse に刺激が加えられた場合を示す。

8. 「カリウム」イオンの影響

リングル液中の K イオンを増して子宮筋を脱分極状態にすると，移行現象は出現しない。これはリングル液中

のKイオン濃度が9mMの附近で既に起つた。即ち本現象は細胞膜の分極性と大いに関連のある事が判る。反対にリンゲル液中からKイオンを全く除いた液中では30分後でも尚移行現象は保持された(第9図)。

第9図 カリウムイオンの影響

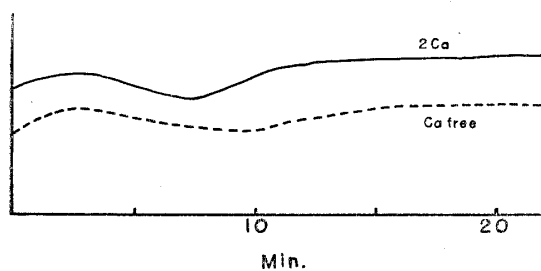


上はK無し、下は正常の3倍量のKを含むリンゲル液。

9. 「カルシウム」イオンの影響

筋の収縮性と最も深い関連性を持つCaイオンがこの現象に如何なる態度を示すかを検討する為に、リンゲル液中のCaイオンを除去した場合、及びCaイオンを正常の2倍にした場合に於ける移行現象を観察した。即ちこれ等の液に夫々10分、30分及び2時間浸して置き、その後にて繰返し刺激を行うと移行現象は依然として保持された。故にCaイオンは本現象の出現に主役的役割を演じているとは考えがたい。刺激直前に上述の液と交換しても結果は同様である(第10図)。

第10図 カルシウムイオンの影響

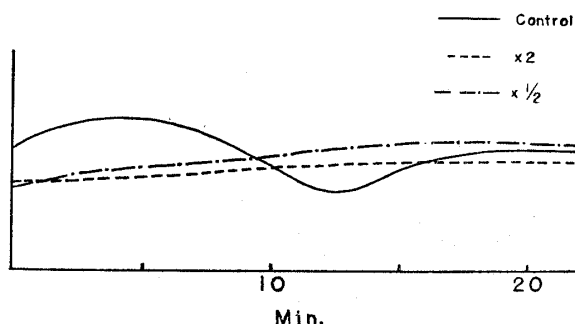


実線は正常の2倍量のCaを含み、点線はCa無しのリンゲル液。

10. 高張及び低張リンゲル液の影響

骨格筋に於ては、高張液は筋細胞の興奮性と収縮性との連結を遮断することが認められ又、低張液も興奮性に影響することが知られている。本現象の実験に於てリンゲル液のNaClを $\frac{1}{2}$ 及び2倍とした夫々低張及び高張り

第11図 高張及び低張リンゲル液の影響



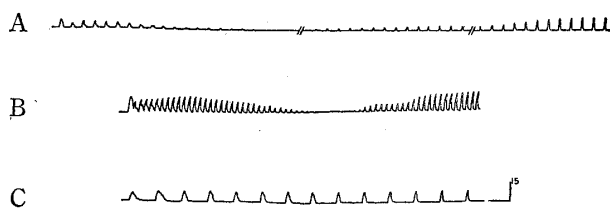
実線は正常リンゲル液、点線は高張、波線は低張リンゲル液。

ンゲル液を作り、これ等の液に筋を浸して置いてから反復刺激を行う実験をした。その結果は浸してから30分から2時間経過後には同種液中で移行現象は消失する事が認められた(第11図)。

11. 刺激頻度及び単位刺激の持続時間に依る影響

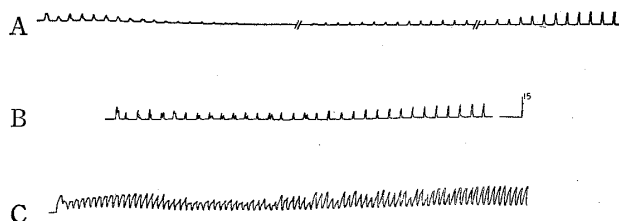
平滑筋に於て電気刺激実験を行う際には、電気刺激の頻度と刺激の持続時間が重要な因子である事は周知の事である。そこで移行現象の発現に対しこれ等の因子がどの様に働くかを見る為に、この因子を夫々変化させその際の現象を観察した。即ち刺激間隔40秒が大体本現象に対しては、至適頻度と考えられ頻度を極度に減じ刺激間隔を80秒位とすると、本現象は認め難くなる(第12図)。

第12図 刺激頻度に依る影響



Aはコントロールで始めの破線は7分間の無収縮期、次の破線は6分間の小収縮の連続を示す。Bは頻度が2倍、Cは $\frac{1}{2}$ になった場合の波型。

第13図 単位刺激の持続時間に依る影響



Aは前図と同一。Bは持続時間が2秒。Cは12秒で、しかも頻度は正常の2倍。

しかし逆に頻度が2倍となつたものでは明瞭に本現象は存在している。この場合は筋の収縮回数が頻度に応じて多いので最小収縮に至る時間も当然短縮し、上昇期も早く出現する傾向にある。他方単位刺激の持続時間は通常5秒であるが、これが長すぎても短かすぎても本現象は不明瞭になる傾向を示す(第13図)。

考 按

妊娠並びに分娩の生理学的過程に於て、子宮筋は時にはその収縮性を抑制し、時にはその収縮性を亢進して常に合目的々に動いているが、かかる合目的性は内分泌の調整によつて行われている事は既によく知られている。この様な子宮筋に対する内分泌的調整の機構を生理学的立場より、又生化学的立場から究明すべく、幾多の研究が為されているが^{20) 21) 22)}、特に近年、細胞生理学上の新しい立場から為された報告がある。即ち Csapo^ら^{22) 23)}は子宮筋の収縮性に対する各種イオンの作用に関する研究から、性ホルモンは先ず、子宮筋の細胞膜に於ける興奮性に影響してその収縮性を変化せしめ、更には子宮筋内の収縮系たる Actomyosin の量的変化ももたらす事を明かにした。又、後藤及び Csapo^ら^{24) 25)}、剔出家兎子宮に微小電極法を用いて細胞膜電位を測定し、性ホルモンの持続的作用なしには膜静電位は小さいが、Estrogen はその膜電位を増大して正常活動に充分な電位とし、Progesterone は更にこれを増強して、却つて膜を過分極に至らしめ、これに依つて子宮筋の興奮性を抑制するのであらうと云い、Progesterone による子宮興奮性の抑制は結局 Hyperpolarization block である事を明かにした。又 Marshall²⁶⁾ は、ラッテで同様の実験をして Estrogen 投与により、膜電位は増大し筋片は規則的な収縮を営む様になり、それに併い活潑な活動電位の放電を示し、又 Pace maker の局在が明かとなり、それが子宮角部及び頸部の狭い範囲に限られると云う。これに更に Progesterone を追加すると膜静電位は一層増大するが、収縮性は却つて減少し、活動電位は過分極の為にしばしば abortive となり、細胞間の活動の非同期性が強まり、Pace maker の局在も不明瞭になると云う。この様に細胞内電極法の知見は、子宮筋に対する Estrogen 及び Progesterone の影響を細胞膜の膜静電位の変動を介して起るものである事を示した。又一方 Csapo¹⁷⁾ は子宮筋の階段現象が Estrogen と Progesterone では質的変化を示す事を明かにし、Estrogen 優位の際には陽性階段現象を又、Progesterone 優位では陰性階段現象を示す事を報告した。この陰性階段現象は Sc-

hofield¹³⁾ に依り in situ でも出現する事が確認された。この階段現象に対する Estrogen 及び Progesterone の影響は極めて特異的であるので筆者は更にその点を詳細に検討した。Csapo^ら^{17) 35) 36)} の謂う陰性階段現象は筆者の述べる移行現象の一部、即ち下降期を示すに過ぎず、階段現象よりむしろ長く移行現象を観察する事が重要であると考ええる。この移行現象の機序を明かにすべく行つた実験の成績によれば、細胞膜の興奮性を介さず直接収縮系に作用する大きさの電圧で、所謂 Myoplasmic excitation^{27) 28)} を行わしめると、本現象は出現しない事から移行現象は筋細胞膜の興奮系の特質を介して行われていると考えるべきである、更に外液Kイオン濃度を上昇せしめる事より筋細胞を脱分極せしめると、本現象が消え、外液Kイオンの極めて少いリンゲル液中では余り影響されない事²⁹⁾ も又、細胞膜の分極性が移行現象の出現に重要である事を示している。特に子宮角部が最も明瞭な移行現象を示すのは、その部で Progesterone-effect が大きい為で、他所より過分極の割合も高く、ここに存在する Pace maker が為に抑制されているとすれば一応うなづける。さて、如何なる機序によつて Progesterone 優位の子宮筋ではかかる特異的な現象が現われるのであろうか。それに対する1つの考え方としては、最初或る程度過分極状態にあつた膜電位が、繰返し収縮を行う事によつて何等かのメカニズムで更に一過性に過分極の度を増し、再び序々に脱分極するのではないかと云う推理も出来る。そうすれば標準より長期間 Progesterone 投与をした Progesterone superdominant の子宮では、更に過分極が大となり従つて第2図Dの如く最初から電気刺激に反応しない事もうなづけよう。やがて収縮が現われて来る所謂上昇期は、膜が電気刺激に依り賦活され、Na, K, Cl イオン等^{30) ~ 34)} の Carrier が正常の活動を営み始める様になると考える。しかしこの様に過分極の大きい子宮では、上昇期及びそれ以後の収縮波型が極めて不規則であり、それは過度の分極の為に細胞間の活動の非同期性が強まつた結果であり、又かなり長時間刺激後には、不規則であつた収縮波型がその高さを増して一定化するの、膜の脱分極への移行と細胞間の活動が同期性を増強した為であると推察する。更に再現性の問題も、始めの実験で膜が過分極の状態より脱して、既に或る程度至適の分極状態になつた為に刺激を止めて時間を待つても過分極とならないから、移行現象は再現しないとも考えられる。保存により本現象が序々に変化して来るのは、保存した為に分極性が変化して来

ている事と関連しているものと思う。刺激頻度及び持続時間についても、結局は膜の分極性と各種イオンCarrierの活動の相関に影響されるものと思われ、頻度が標準のそれより多くなれば、より早く分極状態も変化し、イオンCarrierの働きも早期に現れるので、最小収縮に至る時間及び最小収縮期が短くなると考える。この様に移行現象の本態は主として細胞膜の分極性の推移と考える根拠が強いものと言える。しかしながら、本現象の総てを興奮系に由来すると解釈するのには無理があり、興奮系—収縮系連結 (Excitation-contraction coupling)、細胞間の興奮伝達系等の動静も考慮されねばならない。例えば電流刺激方向の問題では、Progesteroneの伝導抑制²²⁾が重要な因子であろうし又保存液温や実験時のリンゲル液温が本現象の出現に関与するのは、その興奮及び収縮系のメタボリズムの面であろうと考えられ、高温では、各種イオンのCarrier活性化がより速くであり、メタボリズム促進と共に脱分極も生じ易いのに対し、低温ではこの逆となるので、最小収縮に至る時間も延長し、個々の収縮波型も急峻ではない。尚Caイオンや高張及び低張リンゲル液の移行現象への作用機序は不明であり、今後の研究に待たねばならないが、骨格筋への二者の作用と比較して興味ある問題であろう。

結 論

1. Progesterone 優位の 別出家兔子宮筋をリンゲル液中で反覆電気刺激して、その収縮性を記録し、その特異的な収縮の推移状況を移行現象と名付け、その機構を解明する実験を行った。
2. 移行現象を三型に分類したが、第1型で最もProgesterone-effect が大きいと思われる。
3. 下降期及び最小収縮期の収縮波型は、上昇期及びそれ以後の波型と異った様相を呈する。
4. 本現象はリンゲル液に筋を保存する時、序々に変化し長時間保存で同現象は消失する。
5. 本現象は子宮角部で最も明瞭に現われ、且つ他の部より長く同現象を保持し得る。
6. 本現象に再現性は無い。
7. 本現象は実験時のリンゲル液温が28℃で最適であり、37℃では不明瞭となる。
8. 刺激電圧は2 V/cm が至適で、8 V/cm では出現しない。
9. 刺激電流の方向は筋片に対して longitudinal でも transverse でも出現する。
10. Kイオン増加による脱分極で本現象は出なくなる。

る。

11. Ca イオンはこの現象に関しては重要ではない。
12. 高張及び低張リンゲル液はこの現象をさまたげる。
13. 刺激頻度及び持続時間は本現象出現の為に重要な因子である。
14. 以上の観察より、移行現象の本態は主として細胞膜の分極性の推移と考えられる。しかし Progesterone に依るメタボリズムの低下及び伝導抑制も考慮されなければならない。

稿を終るに臨み、恩師鈴木泰三教授の懇篤なる御指導と御校閲に心から感謝し、又教室員各位の御協力に謝意を表します。尚本論文の一部は第46回東北医学会総会及び第3回平滑筋研究会に於て発表された。

(本研究はその費用の一部を文部省科学研究費並びにロックフェラー財団よりの学術研究費によった。茲に記して感謝する。鈴木泰三)

文 献

- 1) Fraenkel, L.: Arch. f. Gyn., 91 : 705 (1910).
- 2) Hammond, J., and Marshall, F.H.A.: Reproduction in the rabbit. Oliver and Boyd, London (1925).
- 3) Allen, W.M. and Corner, G.W.: Am. J. Physiol., 88 : 340 (1929).
- 4) Butenandt, A., Westphal, U. and Cobler, H.: Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft., 67 : 1611 (1934).
- 5) Dale, H.H.: J. Physiol., 34 : 163 (1906).
- 6) Cushny, A.R.: J. Physiol., 35 : 1 (1906—7).
- 7) Keye, J.D.: Bull. Johns Hopkins Hosp., 34 : 60 (1923).
- 8) Van Dyke, H.B. and Gustavson, R.G.: J. Pharm. and Exper. Therap., 37 : 379 (1929).
- 9) Knaus, H.: Arch. Gynäk., 141 : 374 (1930).
- 10) Reynolds, S.R.M. and Allen, W.M.: Am. J. Physiol., 102 : 39 (1932).
- 11) Reynolds, S.R.M.: Physiology of the Uterus. 2nd ed. Paul B. Hoeber Inc., N.Y. (1949).
- 12) Henry, J.S. and Browne, J.S.L.: Am. J. Obs. and Gyn., 45 : 927 (1943).
- 13) Schofield, B.M.: J. Physiol., 129 : 289 (1955).
- 14) Csapo, A.: Am. J. Physiol., 160 : 46 (1950).
- 15) Csapo, A.: Pregnancy Wastage, ed. Engle, E.T. Springfield, Illinois, U. S.A. Thomas (1953).
- 16) Szent-Gyorgyi, A.: Chemical Physiology of Contraction in Body and Heart Muscle. New York: Academic Press. (1953).
- 17) Corner, G.W. and Csapo, A.: Endocrin. 51 : 378 (1952).
- 18) Bowditch, H.P.: Arbeiten aus der Physiologischen Anstalt zu Leipzig, pp. 139—176 (1871).
- 19) Hajdu, S. and Szent-Gyorgyi, A.: Am. J. Physiol., 168 : 159 (1952).

—20) *Kostyo, J.L.*: *Endocrin.*, 60 : 33 (1957). —
21) *Eschbach, W. and Negelein, E.*: *Arch. Gynä-*
kol., 188 : 84 (1956). —22) *Csapo, A.*: *Modern*
Trends in Obs.-Gyn. (2nd Series) p. 20 (1955).
—23) *Coutinho, E.M. and Csapo, A.*: *J. Gen.*
Physiol., 43 : 13 (1959). —24) *Goto, M. and Csa-*
po, A.: *Biol. Bull.*, 155 : 335 (1958). —25) *Goto,*
M. and Csapo, A.: *J. Gen. Physiol.*, 43 : 455
(1959). —26) *Marshall, J.M.*: *Am. J. Physiol.*,
197 : 935 (1959). —27) *Csapo, A.*: *Nature*, 173 :
1019 (1953). —28) *Csapo, A.*: *Recent Progress*
in Hormone Research, 12 : 405 (1956). —29) 鈴

木泰三 : 医学のあゆみ, 33 : 564 (1960). —30) *Ho-*
dgkin, A.L.: *Biol. Rev.*, 26 : 339 (1951). —31)
Holman, M.E.: *J. Physiol.*, 141 : 464 (1958). —
32) *Holman, M.E.*: *J. Physiol.*, 137 : 77 p(1957).
—33) *Burnstock, G. and Straub, R.W.*: *J. Phy-*
siol., 140 : 156 (1958). —34) *Kao, C.Y. and Glu-*
ck, S.: *Am. J. Physiol.*, 200 (4) : 658 (1961).
—35) 羽金 : 日産婦誌, 11 : 1023 (1959). —36) 加
藤 : 日産婦誌, 13 : 49 (1961). —37) *Burnstock, G.*
and Prosser, C.L.: *Am. J. Physiol.*, 198 (5) :
921 (1960).

(No. 1447 昭36・12・1 受付)