

日本外科寶函

第25卷 第4号

ARCHIV FÜR JAPANISCHE CHIRURGIE

XXV. BAND, 4. HEFT, 1. JULI, 1956.

 原 著

固定の筋緊張並に興奮性に及ぼす影響に関する 筋電図学的研究

慶応義塾大学医学部整形外科学教室 (主任 岩原寅猪教授)

助手 岩 瀬 守 広

(原稿受付昭和31年5月10日)

ELECTRO-MYOGRAPHIC RESEARCH HOW THE FIXATION GIVES THE INFLUENCE TO THE MUSCLE-TONE AND MUSCLE-EXCITABILITY

From the Department of Orthopedic Surgery, School of Medicine, Keio Gijuku University.
(Director : Prof. Dr. TORAI IWAHARA)

MORIHIRO IWASE

In order to expound the contracture by the investigation about the influence which are given by the fixation to the muscle tone and muscle excitability, the following physiological research were taken place.

Experimental Method

A rabbit with the weight of about 2.5 kg. was applied for the experiment. The extremity of lower limb was fixed by Gips and other one was remained free contrastively.

- A Group: The lower extremity was fixed in order to let the gastrocnemiusion to get the extension in the middle amount between B and C group.
- B Group: The lower extremity was fixed in order to let the gastrocnemiusion to take the extension in the larger amount.
- C Group: The lower extremity was fixed in order to let the gastrocnemiusion to take the extension in the relaxed situation.

Further more, to study the influence of the fracture in the same condition of above stated method, the fracture was given on the tibia of rabbit, and fixed it on the same methods of A, B, C group which specified correspondingly in 3 groups A',

B', C' and then the gastrocnemius being exposed gradually, and by using the cathode ray oscillograph inspected stretch reflex of gastrocnemius; threshold of stimulation of action current at the time of direct stimulus and indirect stimulus; intensity of electric current at the maximal twitch; and refractory period, we reached to the conclusion stated in the following:

- 1) By the fixation, muscle has the character of less rellexivity and excitability.
- 2) And the amount of decrease is ordered from larger extension to smaller one as B, A to C.
- 3) Muscle is mainly suffered at the part of muscle fibre and end-plate.
- 4) Else more, the change of the muscle spindle and the reflex way in spinal cord is considered and the muscle spindel is functionally specified into two faculty.
- 5) At the case of fixation after fracture, reflex function and stimulativity is both decreased more than that of fixation only.
- 6) In the case of fixation after fracture, muscle fibre is suffered in much degrees, especially the change in the end-plate is remarkably considered.

目 次

第1章 緒 言

第2章 固定肢位の筋緊張に及ぼす影響に就て

- 第1項 実験目的
- 第2項 実験方法
- 第3項 実験成績
- 第4項 小 括

第3章 骨折固定肢位の筋緊張に及ぼす影響に就て

- 第1項 実験目的
- 第2項 実験方法
- 第3項 実験成績
- 第4項 小 括

第4章 固定肢位の筋興奮性に及ぼす影響に就て

- 第1項 実験目的
- 第2項 実験方法
- 第3項 実験成績
- 第4項 小 括

第5章 骨折固定肢位の筋興奮性に及ぼす影響に就て

- 第1項 実験目的
- 第2項 実験方法
- 第3項 実験成績
- 第4項 小 括

第6章 固定肢位、骨折固定の筋不応期に及ぼす影響に就て

- 第1項 実験目的
- 第2項 実験方法
- 第3項 実験成績
- 第4項 小 括

第7章 総括的考察

第8章 結 論

文 献

第1章 緒 言

整形外科の臨床に於いて肢体を長時日にわたり固定する事は治療手段として極めて多いが、これが諸組織殊に筋肉に重大な影響を及ぼし所謂固定性筋拘縮を発生させる事は周知の通りである。

筋拘縮は筋機能上甚だ好ましくない状態であるからこれを出来るだけ避けるために、如何なる肢位が固定期間中筋を最も生理的状态に保ち、固定除去後にみられる筋拘縮を最小限にし得るかに就いて多くの研究、

工夫が為されている。

元来固定には免荷と一定肢位への保持との2つの目的がある。

骨、関節結核の場合は大多数が所謂良肢位に固定され関節可動性を一応廃絶する事が目的であるから筋機能に対する考慮は左程重要でないが、骨折時の固定は骨折端の良好な接合を保持する事と筋群を固定除去後可及的に拘縮の状態より遠ざける事との2目的があり、これが或る場合にはしばしば相反して来る事がある。

又骨折部修復後、相反する収縮条件にある拮抗筋を両者共に温存するのは困難な場合があつて、骨折部再転位防止の為に1筋を弛緩させればその拮抗筋は伸展される矛盾を来すことが多く、肘関節顆上部附近や股関節等の如く多くの拮抗筋群が存在する部位にては一しおこの感が深い。

固定肢に於ける筋群の緊張状態は筋群の各々の受ける影響の総和に外ならないが、1筋を中心として考えれば、該筋が他動的に伸展される如く保たれたか又は弛緩するが如く保たれたか、或は両者の中間かの3者に尽きる。

従つて或る固定肢位の筋に及ぼす影響とは伸展、弛緩、中間の3種のうちのいづれかに保たれた筋群の受けた各々の影響の総和となる。

故に固定肢位の筋に及ぼす影響は上記3肢位の筋の態度を明らかにする事により自から解決されよう。

骨折固定時の筋代謝に関しては教室今井の研究により解明された如く骨折による出血、浮腫等が固定中の筋群に種々の代謝障害を与え、之が更に筋拘縮の発生にも関与し、其の際の肢位に応じて受ける影響も異なるものと考えられる。

かく1筋を中心として筋の固定状態及び、骨折等の外傷の影響を探究する事が筋拘縮の状態を理解する最も基礎的な道である事が分る。

歴史上筋拘縮を先づとり上げたものとしては Volkman (1875) が挙げられる。氏は固定包帯の圧迫により長期持続的に血流が閉塞される為に生ずる局所性貧血が筋拘縮の本態であると説いて筋原説の鼻祖となつたが氏の云うものは緊縛によつて生じた特殊な拘縮であつて固定性拘縮とは異なる。

Meyer A. W. (1921) は上腕神経叢麻痺に併発した上腕骨々折患者のギプス固定除去後、筋拘縮の発生せざりし事より、又蛙、猫を使用した Meyer H. H. 等の実験を基として固定包帯によつて生ずる筋拘縮は神経反射性のものとした。

私は固定による筋拘縮が 1) 筋原性のものか反射性のものか、2) 伸展、中間、弛緩の3肢位に於いて筋拘縮の発生程度はいづれが高度であるか、3) 外傷性因子、之を例えば骨折による出血、浮腫、壊死等が筋に与える影響が肢位の如何によつてどう異なるか等を解明すべく本研究を行つた。

従来の研究は病理組織学的のものが多いが筋拘縮の如き筋の収縮、弛緩に関する機能状態の研究には生理

学的方法が勝り、これには生化学的、電気生理学的方法があるが、就中筋の反射、興奮性一刺激に対する反応性の研究には電気生理学的方法に及ぶものはない。

近時優秀なる増幅器の発達と記録用陰極線オシログラフの発明により生体発電現象の研究は飛躍的進歩を遂げたが、筋生理学に於いても筋活動時の電気現象一筋電図はその主流を占めている。

よつて私は上記筋拘縮の研究を筋電図を応用して行つた。

第2章 固定肢位の筋緊張に及ぼす影響に就て

第1項 実験目的

筋は生理的状态に於いては伸展によつて反射的に収縮する性質が有る。

これは筋、筋紡錘体、上行性神経伝導経路、脊髓内反射路、下行性神経伝導経路、運動神経終板、筋の順を追つた一連の反射路によつて形成された経路に伸展、刺針等の機械的刺激が適刺激になるとき起るもので該経路の一部にても障害があればこの反射は障害される。

この反射は一般に張反射 stretch reflex と呼ばれ抗重力筋によく発現し、該筋の緊張状態と密接な関係を有する。

故に筋緊張を測定する場合張反射は好個の標示となり得、又反射性収縮は筋電図により明瞭に記録し得る。よつて張反射を指標として筋緊張を追求した。

第2項 実験方法

体重2.5 kg内外の健康白色家兎を使用し、一側下肢のみを伸展、中間、弛緩の3肢位に予め製作せるギプス靴に容れ、其の上より強く緊縛せざる如く包帯にて固定し他肢は自由として対照に供する。

A群、膝関節軽度屈曲、足関節軽度背屈、この肢位では腓腹筋は下記B、C群の中間の筋伸展状態にあり所謂中間位とする。

B群、膝関節極度伸展、足関節極度背屈、この肢位では腓腹筋は他動的に伸展位を保つ。

C群、膝関節極度屈曲、足関節極度底屈、この肢位は腓腹筋に対して弛緩位である。

かくの如く腓腹筋を中心として関節の可動範囲内にてA、B、C3群に分け夫々固定飼育する。

岩田 (1925) は家兎に於ける良肢位は特異的であるとして、家兎の所謂歩行準備姿勢一肢関節屈曲、膝関節

極度屈曲，足関節軽度背屈を以て中間位としたがこれは下肢筋群総和より見ての上であり1腓腹筋にあつては上記3肢位が各々中間，伸展，弛緩の状態である。

固定飼育中はかくの如くギブス靴に固定せる兎を更に飼育固定台上に固定し全身状態の保持に努め，可及的長時時間の観察に備える。

此等の家兎を固定直後から5週迄，遂時的に固定除去，腓腹筋露呈，リングルガーゼにて同筋を柔かく包み接地し，腓腹筋腱を踵骨附着部より切断し，断端をぜんまい秤に連絡する。

このぜんまい秤を1, 2, 3 kgと牽引する事により筋線維の受くる他動的伸展から生ずる反射的収縮，所謂張反射を筋電図により求める。

動作電位は先端を除き他は絶縁せる針状電極を筋中に刺入，之を容量抵抗結合3段増幅器を通じて陰極線オツシログラフに導き写真記録する(図1)。

検査動物は腹臥位に固定する。

又電極の位置により記録される活動電位の大きさは異なるのでスパイク放電の振幅比較は行わずスパイク放電の頻度を対照と比較する。

刺入部位は対照側となるべく同一部位を選び，又教室森田(盛祿)の指摘せる如く家兎の腓腹筋はRanvierの所謂白筋の如き外観を呈して居るが，極力筋色調の同一部を選ぶ(図2)。

第3項 実験成績

A. 中間位固定群

張反射は時間的経過と共に障害され，高度の牽引によつてのみスパイク放電が出現する様になる。

固定後3日間に於て対照側に比較して既に明かにスパイク放電の減少を認めるが異常波形は無い(図3)。

固定後第2週に於ては牽引を加えている間即牽引により筋の長さが変化している間(phasic)だけ反応が現れ，筋を引き伸し終つた後(tonic)には反応が出現しなくなる。

B. 伸展位固定群

固定後3日間にてA群同様反射は障害されるが3肢位中最も高度である。

固定後1週間にてtonicのものは出現しなくなり放電数が少く，スパイクの持続(ブラウン管横軸上のスパイクの幅)

図1 張反射測定装置

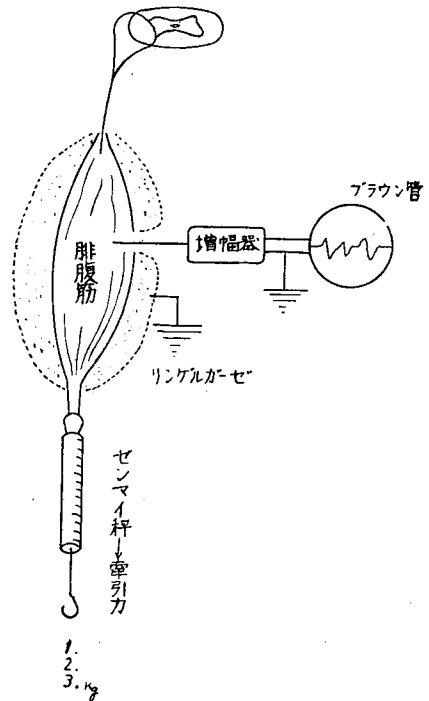
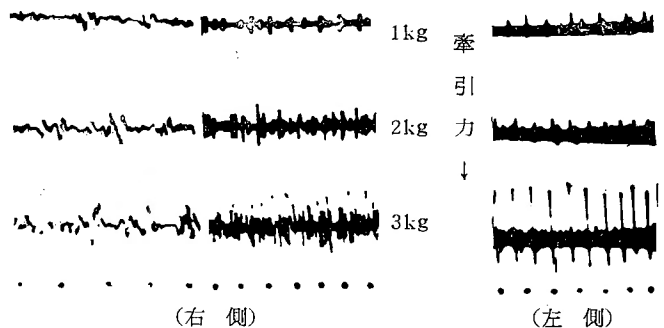


図2 正常家兎腓腹筋の張反射



(右側) 牽引力の増強により放電スパイク数の増加が分かる。正常家兎にては左右等しい。
ブラウン管の描引速度は遅速の二種類として波形の観察。スパイク数の計算を行う。以下時標は20ミリセカント。

図3 3日間中間位固定の張反射

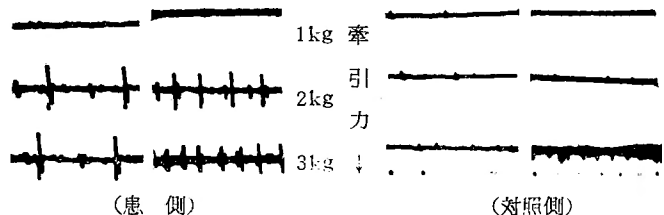


図4 6日間伸展位固定の張反射

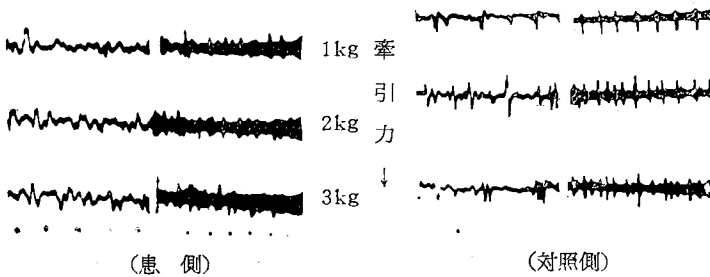


図5 3日間弛緩位固定の張反射

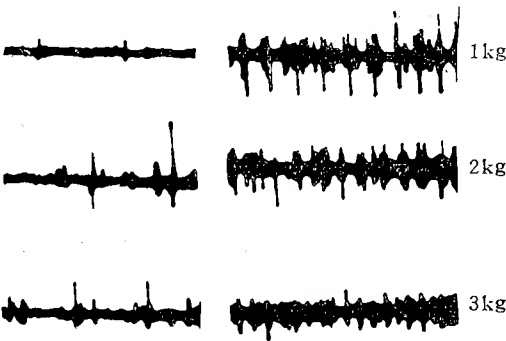


図2の正常家兎張反射に較べスパイク数は多く反射は出現し易い。

が著明に延長する(図4)。

固定後第2週にては更に張反射によるスパイク出現は微弱となる。

C. 弛緩位固定群

A, B群と異つた態度をとる。即固定3日後、反射は対照側よりも出現し易い(図5)。

固定後第2, 3週に於ても対照側に較べて大差ない。

第4項 小 括

以上の実験成績より固定肢位の差異により張反射の出現はかなりの差異がある事が分かる。即

(1) 筋の伸展位固定によつて張反射は著明に低下する。

此の場合1週以上の固定により筋のスパイク持続は延長し、筋興奮伝導時間の延長が認められる。

更に張反射は phasic のもののみ出現し、この事により伸展位固定にては固定後第1週にては筋線維自体の機能的変化が証明される。

(2) 弛緩位固定の場合張反射は固定後早期(約3日間)に於ては一過性に対照側より出現し易くなり、又長期固定により対照側と著明の差異を認めない。

伸展位同様長期固定(3週間)

により tonic のものは出現し難くなるが対照との差はさほど顯著でない。

(3) 中間位固定にては張反射発現は障碍されるが伸展位固定程著明でない。

しかしながら中間位は伸展、弛緩両者の中間的筋緊張状態を保つのではなく、反射の比較的早期よりの消失の面からむしろ伸展位に近い存在である。

(4) 過度の伸展位固定は筋の反射を早期より低下せしめ、弛緩位固定は反射低下に防止的に作用する。

第3章 骨折固定肢位の筋緊張に及ぼす影響に就て

第1項 実験目的

骨折による外傷性因子例えば出血、浮腫、壊死等が筋緊張に影響を与える事は考えられるが、固定肢位の変化により如何に変遷があるかを知らんとして次の実験を行つた。

第2項 実験方法

第1実験に於けると同様2.5kg 内外の白色家兎の1側下腿骨を観血的に骨折せしめ、キルシュナー鋼線を用いて骨髓内固定後前記3肢位のギブス靴に固定する。

以下実験手技は同様であるが骨折時はその出血、浮腫等の状態によつて腓腹筋の侵襲度も同一筋内にて一定ならざる場合も生ずるので数ヶ所より誘導して過誤の無き様に務めた。

又骨折後中間、伸展、弛緩の3肢位固定群を夫々A', B', C'群と命名する。

第3項 実験成績

A'. 骨折後中間位固定群

骨折固定後第3日に於ては張反射の出現を認めない、対照側は著明の放電がある。

第1週、張反射が出現する。

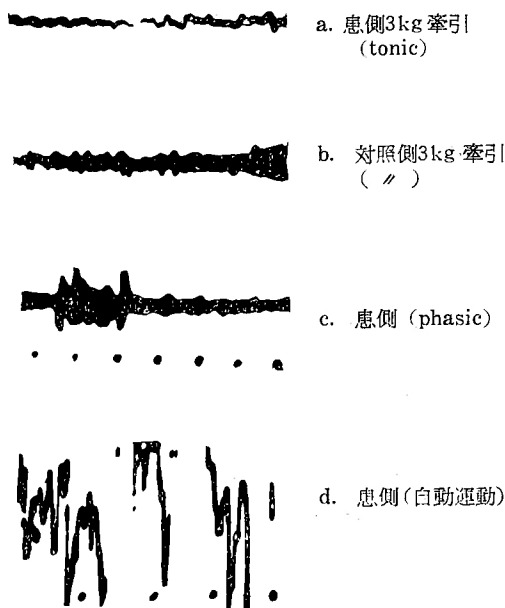
第2週、張反射は対照側と大差ない。

第3週、張反射は低下して居る。

図6の如く骨折後固定肢は強い牽引によらねば張反射は出現し難く、aの如くスパイクの持続は延長する。

tonic phase には張反射は出現し難いが phasic ph-

図6 20日間骨折後中間位固定の張反射



ase には c の如き動作電圧を認める。

自動運動時には d の如き大なるスパイクが出現するので脊髄より高位中枢に於ける遠心路には障害が無い。

B'. 骨折後伸展位固定群

骨折固定後3日、張反射は対照側に比し明かに出現し難い。

第1週、相違は殊に著明となる。

第2週、Phasic のものが時々出現するのみである (図7)。

C'. 骨折後弛緩位固定群

骨折固定後1週以内、反射は対照との差をほとんど認めない。

第2, 3週は幾分低下するが対照側に近づいている。

第4項 小 括

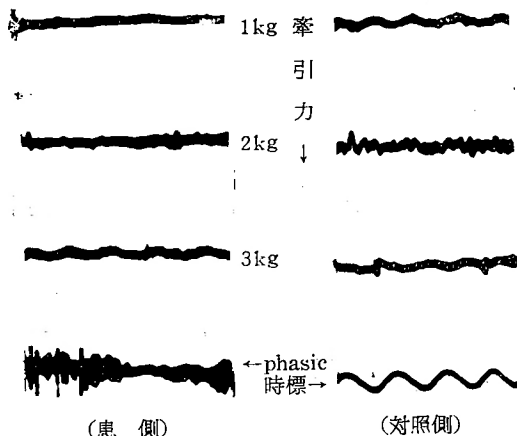
(1) 固定のみの場合に較べて全般的に張反射は出現し難くなり、骨折の合併は張反射に対して抑制的と考えられる。

(2) 骨折後中間位固定にては一時反射は消失するが1週を境として浮腫等の吸収されるに従つて反射も出現する。

(3) 伸展位固定にては張反射は辛うじて出現するのみで、1週にても中間位の如き反射の恢復を見ない。

伸展位固定による反射の抑制が、骨折後1週前後に

図7 2週間骨折後伸展位固定の張反射



現われる骨折による局所的障害の恢復機転よりも遙かに高度の為であろう。

(4) 弛緩位固定に於ては、弛緩位固定の反射保持と骨折の反射抑制とが相殺して対照側に較べて大差ない。

第4章 固定肢位の筋興奮性に及ぼす影響に就て

第1項 実験目的

固定、固定肢位の変化による筋緊張の変遷、並に骨折固定時の変化に就て既に知り得たが筋の総合的機能に關与するものは単に反射性因子のみならず筋自体の興奮性もあつかり、単純でない。

筋線維自体の興奮伝導速度の遅延は既に証し得たが反射路は更に筋紡錘体、知覚神経上行路、脊髄内反射路、運動神経下行路、運動神経終板とありこれ等を分離観察し、障害された反射弓のうちの何処に障害部が存するかを明かにする為に次の実験を行つた。

第2項 実験方法

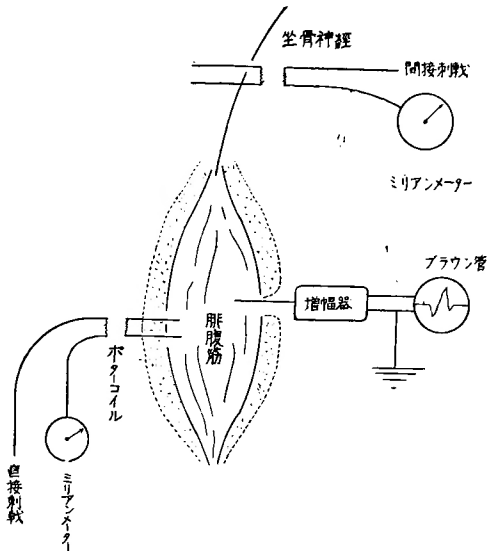
前述同様飼育したA, B, C3群の腓腹筋を露呈、活動電位の誘導は前に述べたと同様に行う。

刺激はポーターコイルに放電管電流を流した単一電撃を用い、腓腹筋への直接刺激並に坐骨神経よりの間接刺激によつて生ずる活動電位を目標として極大収縮、極小収縮時の刺激電流強度を一次コイルに流れる電流計で表わし (ミリアンメーター使用) 対照側と較べて、その興奮性の高低を求める (図8)。

第3項 実験成績

正常家兎に於ては直接、間接刺激とも極大、極小収

図8 直接、間接筋刺激装置



縮時刺激電流量の左右差は著明でない。

即直接刺激にて極大の左右差2mA; 極小1mA, 間接刺激にては両者とも0.5mAでこの範囲内が実験誤差と考えられる。

正常家兎に於ては表1の如くであるが更に3日間固定にてもA, B, C群とも直接、間接刺激により極大、極小とも大差ない(表2)。

B群に於ては1週以降は直接刺激に於ける極大、極小収縮時刺激電流量とも大となり筋興奮性は明かに低下して居る。

C群に於ては第3週に於ても直接、間接刺激にて対

表1 正常家兎筋興奮性

		右		左	
極大	極小	18	1.5	20	1
極大	極小	14	1.5	13	1
		直刺	間刺	直刺	間刺

以下単位ミリアンペア

表2 3日間三肢位固定の筋興奮性

		A				B				C			
		患		対		患		対		患		対	
極大	極小	15	2	23	1	9.5	0.5	9	0.5	17	5	17	5
極大	極小	7.5	1	5	1	5	0.5	6	0.5	12	0.5	13	0.5
		直刺	間刺	直刺	間刺	直刺	間刺	直刺	間刺	直刺	間刺	直刺	間刺

照と大差ない。

第4項 小括

(1) 中間、伸展、弛緩の3固定肢位とも直接刺激実験によれば筋興奮性は時日の経過に従つて低下する。

(2) 伸展位固定に於ては特に筋興奮性の低下が著明である。

第1週以降は間接刺激による筋興奮性の低下も証明される。

(3) 弛緩位固定は筋興奮性の低下が最も軽度で第3週にても対照側と較べて大差がない。

(4) 間接刺激による変化は中間、弛緩肢位固定に於ては伸展位固定程著明でない。

(5) 一般に直接刺激に於ては閾値、極大電流量間の変動が、間接刺激に於けるよりも大である。

第5章 骨折固定肢位の筋興奮性に及ぼす影響に就て

第1項 実験目的

第3の実験の成績が骨折の合併により如何に変化するかを調べる為に次の実験を行つた。

第2項 実験方法

前と同様飼育せるA', B', C' 群を実験3と同じ方法にて直接、間接刺激を与え、その極大、極小収縮時の刺激電流を測定し対照と比較する。

骨折の合併により腓腹筋の侵害部が一様でない為可及的に広範囲の部分より誘導したのは実験2の場合と同様である。

直接刺激の刺激部位も数ヵ所を選ぶ。

第3項 実験成績

A', B', C' 3群とも直接刺激に於て対照側よりも固定全期間中極大、極小刺激電流とも大となつて居る(表3)。

間接刺激は一般に微量刺激電流によつて良く動作電圧が出現し、対照側と大差は認めない、C'群に於てはA', B' 群に較べて直接刺激による対照との差が軽度である。

表3 3日間骨折後三肢位固定の筋興奮性

A'					B'				C'			
	患		対		患		対		患		対	
極大	9	3	10	7.5	20	0.5	23	0.5	15	1	?	4
極小	3	0.5	3	2	17	0.5	20	0.5	12	1	32	4
	直刺	間刺	直刺	間刺	直刺	間刺	直刺	間刺	直刺	間刺	直刺	間刺

第4項 小括

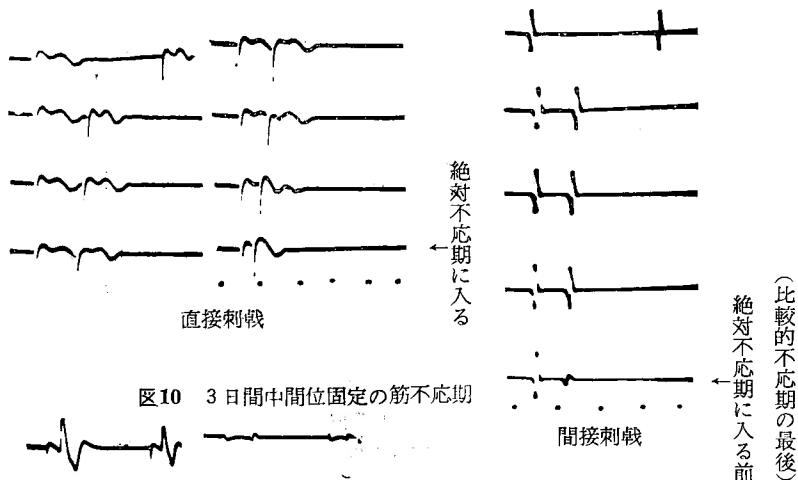
以上の実験により骨折の合併は更に筋興奮性を一層低下させるが、骨折後弛緩位固定に於ては伸展、中間位固定に較べて比較的その程度は軽い。

第6章 固定肢位、骨折固定の筋不応期に及ぼす影響に就て

第1項 実験目的

実験3, 4より固定、骨折により筋の受ける影響は反射性因子中特に筋線維又は運動神経終板が障碍される事が判つたが反射経路中には更に筋紡錘体、末梢神経脊髄内反射路があり之等の障碍部位を一層明確にする為更に刺戟を2回与え、その不応期を調べ筋の収縮能力恢復時間を測定した。

図9 正常家兎腓腹筋の筋不応期



単一刺戟に較べて、第2刺戟を与える刺戟間隔はブラウン管掃引速度により精密に計算し得る。

第2項 実験方法

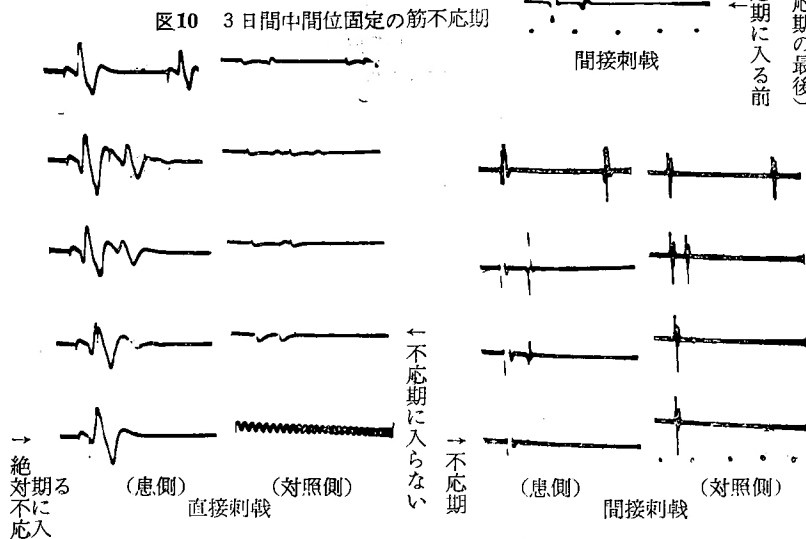
A, B, C群, 更にA', B', C'群に対して前回同様腓腹筋に直接、間接刺戟を与え刺戟の強度は極大収縮時の3~5倍とし、筋の第Ⅱ刺戟により絶対不応期に入る時間々隔を求めて対照と比較した。

第3項 実験成績

正常家兎腓腹筋の不応期は直接刺戟、約8ミリセカント、間接刺戟、約16ミリセカントである(図9)。

固定によりA, B群は2~3日目にて直接刺戟による不応期の延長を認める。

図10の如く直接刺戟にては固定肢が不応期に入つた時間々隔では



直接刺戟の時標は1000サイクル

対照側は比較的不応期にも入っていない。

間接刺激にては患側、対照側とも時間々隔が等しく不應期延長は無いが固定第1週にてはB群に於ける間接不應期延長が認められ、同時に直接刺激にても著明の変化を証する(図11)。

C群にては間接刺激の不应期延長は直接刺激と大差ない(図12)。

骨折の合併によつて筋不应期は直接、間接刺激とも単純固定時より一層延長するが特に間接刺激の変化が著しい(図13, 14)。

第4項 小 括

固定により筋興奮性特に収縮恢復時間は延長し、その低下が証明されるが特に筋線維、運動神経終板に早期に発現し伸展位固定に於て著しく、弛緩位にては比較的程度である。

骨折の合併は之等の変化を更に大ならしめ運動神経終板に於ける変化が著明である。

第7章 総括的考察

以上の研究に於いて私は固定時、固定及び肢位の変化によつて筋の受くる影響に就て実験的に検索し反射性筋緊張因子と筋自体の興奮性の面よりこの問題を追求した。

既述の如く筋自体の変化が固定性筋拘縮の主体であるとする Volkmann(1875), Leser(1875), Peterson(1888), Hildebrand(1908), Bardenheuer(1911)等の学説と反射性因子を重んずる Meyer(1921)等の2説が古来より主流を為し、次いで Spiegel(1925), 浜(1930)等の固定性筋拘縮に対する中枢神経の影響に関する実験的研究がある。

Volkmannは蛙を使用した実験で固定非動性とした筋の組織学的研究から局所の阻血がギプス固定による筋拘縮の本態としたが今日氏の云うが如き過度の圧迫ギプス固定は施行されず阻血のみにてそ

図11 6日間伸展位固定の筋不应期

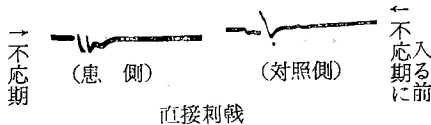
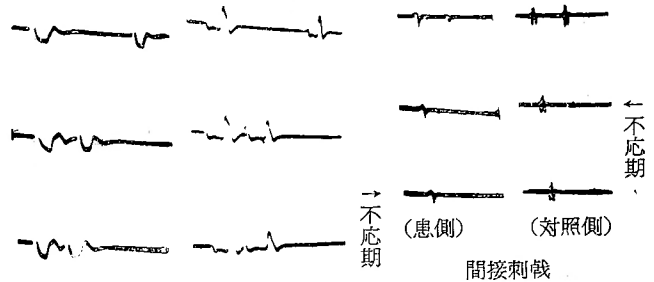


図12 3日間弛緩位固定の筋不应期

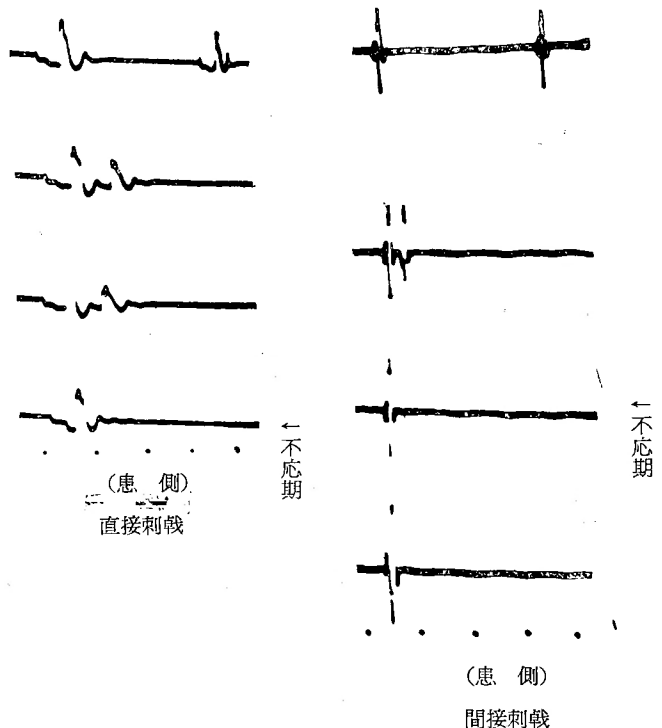


図9と較べ大差ない

図13 20日間骨折後中間位固定の筋不応期

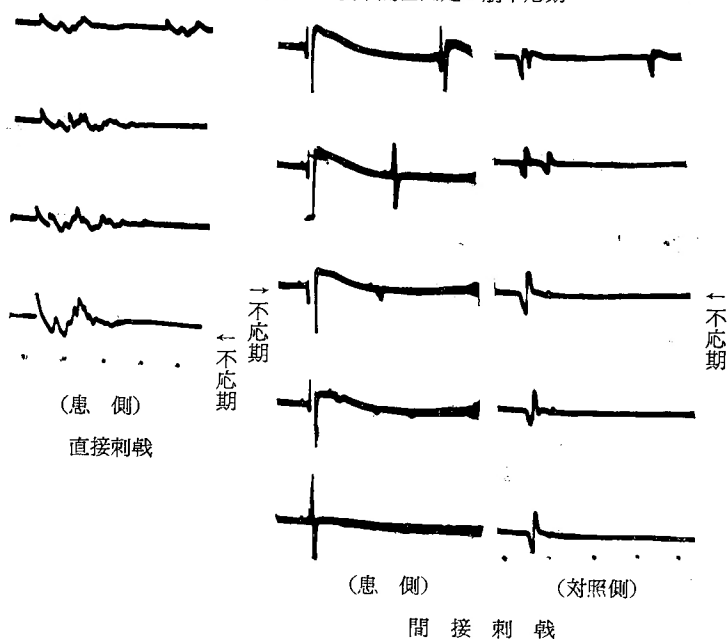
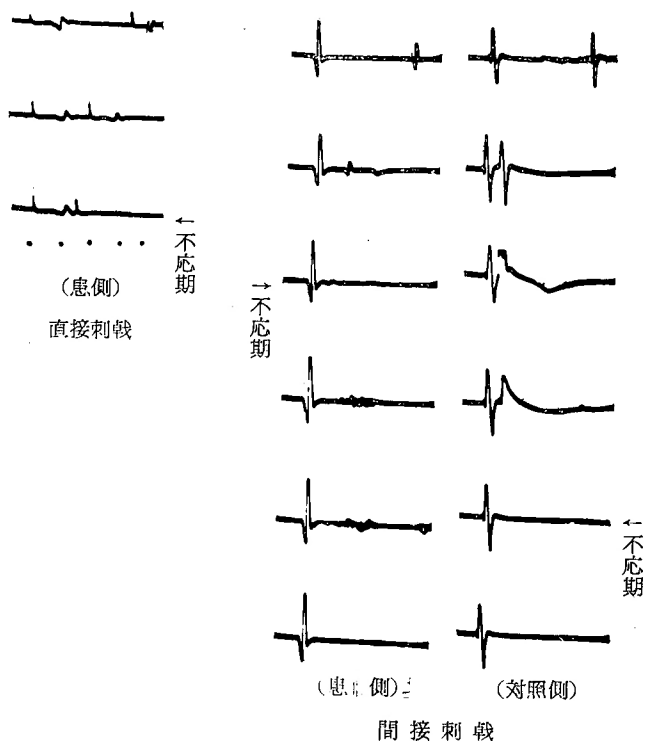


図14 2週間骨折後伸展位固定の筋不応期



の本態を説明せんとする事には遽に賛成し難く、しかも私の実験対象とした固定性筋拘縮とは異なる。

Hildebrand, Bardenheuer はこの点更に局所の圧迫状態を追求して圧迫による植物神経系統に対する影響を重視したが本態的には筋原説に組みした。

然しながら筋がある一定の硬度を保つて、即筋緊張の正常なる維持のもとに生活現象を営んで居る以上、筋拘縮の研究に反射性筋緊張との関連は切り離す事の出来ない問題で私も筋拘縮の研究の一部としてこれを採り上げた。

殊に動物実験に於いては正常な所謂筋緊張と拘縮に於ける非可逆的な筋の固さを本質的に区別するのは従来の実験手技にては相当困難で、筋原説後期の Bardenheuer 等や又 Meyer 等の研究に於いてもこの点判然としていない。

筋電図を応用した張反射の測定により明瞭に筋緊張状態の変化を追求し得る。

Meyer の如く固定後支配神経切断にて生ずる筋の見かけ上の弛緩により、筋拘縮は純反射性のものであるのは誤りもはなはだしく、後述の如く私の実験はこの点を明かにしている。

沢井(1923)は、実験的研究により筋拘縮は 1) A. W. Meyer の云う神経反射と 2) 初期の神経反射に基づく所謂筋肉攣縮と 3) 後期に来る阻血—血行障碍後の筋の癱痕性攣縮とが本態と説き 3) の場合を非恢復性とした。

反射の相当度関与する事は森田(盛祿)(1954)の明かにしたところで、氏は家兎の実験的骨折牽引中筋緊張の状態を筋電図より追求し

て、架台上に固定せる家兎にては時日の経過と共に反射は漸次低下し、牽引時過大負荷による持続牽引は反射を低下せしめ牽引重量には至適量のある事を結論した。

氏の実験対象は骨折牽引時の反射であり私の固定性拘縮とは相違するが、かく種々の筋に対する操作により反射の低下するのは明かに実験1により知ることができる。

筋緊張は筋の複雑な収縮作用に関係し、収縮準備状態としても意義があり筋自体の収縮性も切り離しては考えられない。

実験3よりみて固定により影響を受くるのは反射性のものゝみでなく、筋自体の興奮性も低下し単に反射、興奮性の一つ一つが単独に障害されるのではないが固定性拘縮の極めて初期に於て筋線維の機能低下は確実である。

筋組織中に於いて筋線維に次いで著明の変化を生ずるのは実験5により理解出来る如く運動神経終板である。しかしその変化は多少に拘らず筋線維にも機能的障害の証明される時期に出現するのであつて、この事は従来の組織学的研究法にては証し得なかつた所である。

この時期に於いて phasic の張反射のみ出現する事は筋→上行性神経路→脊髄→下行性神経路→筋の回路に於いて上行路、脊髄内のいづれかに於いて tonic の反射を司る機転が障害された事を物語るものであり、この事より今日形態学的に類別不可能なる筋紡錘体が機能的に分離し得るのではないかと予想する。

以上の如き筋拘縮の成立機転に於いて相関する興奮性、反射性の2者の中で反射は更に緊張性反射と自律神経性反射とに分離観察し得ようがこの標示となるのは筋萎縮の問題であらう。

岩田(1924)は固定による筋萎縮の発現に関して非動性萎縮のみならず反射性因子の関与を重要視して居るが、この温血動物に於いて一層困難な自律系の分離は又将来の問題として残つている。

固定性拘縮に対する中枢神経の影響に就て浜(1930)は家兎、犬を使用した実験的研究に於いて大脳皮質、髄質、更に他の脳幹の焼灼実験により筋拘縮に対する影響は無いとし、又脊髄、腰部膨大部横断により脊髄内反射弓を破壊すれば後肢の緊張、氏の云う筋拘縮は出現せずとした。

私の実験2に於ける如く phasic のものゝみが出現

する様な張反射の低下して居る時期に実験家兎に疼痛性刺激を加えれば大なる自動運動々々電圧を証明する事より脊髄以上の高位中枢の遠心性経路は著明な影響の無い事が判る。

筋紡錘体よりの上行性神経伝導興奮も脊髄内反射路の障害により様相を変える事は考えられるがこの場合張反射の低下より観ても前、後角細胞の機能的障害が問題となるが恐らくは固定による脊髄内の還元反射時 reduced reflex time の延長又は加重現象 summation、疏通現象 facilitation 等の乱れが存在して反射の低下に関与する事が予想されるが今後更に解明すべき点である。

固定肢位による変化は固定後3日間に於て伸展、中間、弛緩位の順に反射、興奮性とも変化し固定の影響が早期より及ぶ事を知つたが弛緩位固定にては3日間にては反射は反つて一過性に出現し易い。

一般に伸展位は反射に抑制的に、弛緩位は保持的に働き中間位は両者の中間というよりも幾分伸展位に偏している。

最近吉川(1953)は過度伸展位に置かれた鶏筋の組織学的変化に関する研究により組織学的変化から運動神経終末に起る変化は最も早期、且つ高度で固定後10日余にして正常像を示す軸索、神経終末は全く見られぬが筋紡錘、Weismann線維は9日目頃より軽度の変化を示すに過ぎぬとした。

私の実験1, 3, 5よりみて運動神経終板は伸展位固定にて著明に障害されるが氏の云う終末に於ける変化の大なのには驚く。

伸展位にても全期間、間接刺激による筋興奮性の完全喪失は認めず機能的にはこの時期には障害の量的な差にすぎず、氏の云う如き変化が生体内にて存在すれば牽引療法時当然非可逆的な筋拘縮が証明されねばならないであらう。

吉川は更に過度弛緩位固定にては神経終板は1週間より変化を示すが伸展位固定よりも遙かに軽度であり、又筋紡錘、Weismann線維は一般筋線維に比して強い抵抗を示していると述べている。

私の弛緩位固定にても反射、興奮性ともに比較的良好に保つて居る。

以上を要約するに固定性拘縮にあつては筋原説、反射説ともいずれも、ものゝ二面であり一方を欠いた成立はあり得なく、Fick (1927) も両者が共に存在するとなし、固定の初期に於ては筋原性 myogenic Na-

tur が重大な役割を為すとして中間説を説いたが実験 1,3,5より筋線維, 運動神経終板に初期より障碍が起る事が判明し, 又弛緩位にて筋機能を良好に保つ事を証した。

骨折後の固定に於ては骨折の出血, 浮腫, 壊死等は筋緊張, 興奮性に対し抑制的に働き又出血, 浮腫の吸収と共に筋機能の恢復を来す。

最後に重要な問題はかくの如く実験的には弛緩位が筋機能に対して良好に働くが之が臨床的には如何なる意義を有するかと云う事である。

抑々ギプス固定時には拮抗筋が多数関与する以上1筋の伸展位固定は他筋に対しては弛緩位となり骨折ギプス固定時骨折部再転位を防止する為筋力学的研究より肢位を考按し, 又屢々所謂中間位が用いられるのは周知の事で, 対抗筋の機能をも成るべく良好に保持し筋群全体の機能の総和を良好ならしめるのには中間位にしくはないと考えられる。

実験的弛緩位とは家兎にあつては足, 膝関節の特異性より過弛緩位にはなり得ず, 又完全なる弛緩とは附風腿の離断を要し, かゝる事の生理的に不可なるは勿論の事である。

よつて固定時には筋群全体の各々が良好なる筋緊張を保持し過伸展されぬ肢位が最も良く, 又筋拘縮の防止に役立つ。

第8章 結 論

固定肢位並に骨折固定の筋機能に及ぼす影響を知る為, 中間, 伸展, 弛緩の3肢位固定, 及び骨折後固定せる家兎腓腹筋から固定直後より約5週に互り遂時的に, 筋電図を指標として張反射, 筋興奮性を追求した結果次の結論を得た。

- (1) 固定により筋は反射, 興奮性ともに低下する。
- (2) 固定による筋の反射, 興奮性の低下は伸展, 中間, 弛緩位の順に高度であり, 弛緩位は筋機能低下を阻止的に働き伸展位は之と反対で, 中間位は兩者の中間にあるが伸展位に近い。
- (3) 筋は主に筋線維, 運動神経終板が障碍され, 殊

に筋自身の変化は初期より認められる。

(4) 反射経路中では他に筋紡錘体, 脊髓内反射路の変化が考えられ, 又張反射中 tonic phase のものが比較的初期より消失することから筋紡錘体を tonic に作用するものと phasic 時に作用するものとに類別し得るのではないかと予想する。

(5) 骨折後固定にては反射, 興奮性とも単純固定時より一層低下する。

(6) 骨折固定にて筋線維も高度の障碍を蒙るが, 特に運動神経終板に変化が著しい。

(7) 正常関節可動域の許容する範囲内では筋が弛緩位に固定される程筋機能障碍が軽微である事は骨折片の転位傾向を可及的小ならしめる為筋の張力を最小に保持すべきであると云う要請とも合致する。

(稿を終るに臨み終始御親切な御指導, 御校閲を賜つた恩師岩原教授に深甚の謝意を捧げ, 変らざる御支援, 御鞭撻を下さつた教室池田助教授, 泉田講師並に神戸大生理学教室須田教授, 林研究所牛山博士に対して衷心より感謝の意を表する。)

文 献

- 1) 岩田清臣: 日外宝, **3**; 1, 大15. 2) 浜良三: 日整会誌, **5**; 139~148, 昭5. 3) 中村弘: 日外会誌, **24**; 192, 大12. 4) 平山遠: 日外会誌, **25**; 77, 大13. 5) 角田隆: 京都府立医大誌, **1**; 1, 昭2. 6) 飯島清: 日外宝, **1**; 503, 大13. 7) 吉川栄一: 日外宝, **22**; 276, 374, 昭28. 8) 沢井為三: 日外会誌, **24**; 91, 大12. 9) 森田盛祿: 日整会誌, **28**; 526, 昭29. 10) 田崎一二: 神経繊維の生理学, 河合書店, 東京, 昭24. 11) Meyer A. W.: Dtsch. Zschr. f. Chir., **162**; 122, 1922. 12) Derselbe: Gvrenzgeb. d. Med. Chir., **35**; 651, 1922. 13) Beck O.: Arch. f. Klin. Chir., **120**; 61, 1922. 14) Langley: J. of Physiol., **52**; 15, 1918. 15) William & John: J. of Neurol. Neurosurg. & Pschy., **17**; 183, 1955. 16) Fulton, John F.: Textbook of Physiology, Saunders, London, 1949.