

## 報 告

## 不動期間の延長に伴うラット足関節可動域の制限因子の変化

—軟部組織 (皮膚・筋) と関節構成体由来の制限因子について\*—

岡本眞須美<sup>1)</sup> 沖田 実<sup>2)</sup> 加須屋 茜<sup>3)</sup>  
 中野 治郎<sup>4)</sup> 鍛塚 幸子<sup>5)</sup> 西田まどか<sup>6)</sup>  
 友利幸之介<sup>1)</sup> 吉村 俊朗<sup>2)</sup>

## 要旨

本研究では、関節可動域 (ROM) の制限因子を皮膚と筋で構成される軟部組織とそれ以外の関節構成体に分け、これらが不動期間の延長に伴ってどう変化するのかを検討した。Wistar 系雄ラット 50 匹を 25 匹ずつ実験群と対照群に分け、実験群は両側足関節を最大底屈位で 1, 2, 4, 8, 12 週間 (各 5 匹) ギプス固定した。そして、ギプス除去直後と皮膚切開後、下腿三頭筋切除後の足関節背屈角度を測定し、ROM 制限が各々の実験処置でどの程度改善するのかを割合で求めた。その結果、いずれの不動期間とも ROM 制限は皮膚切開によって 10% 程度改善するが、下腿三頭筋切除では不動 1 週後で 80.5%, 2 週後で 63.8%, 4 週後で 54.7%, 8 週後で 35.5%, 12 週後で 25.4% 改善した。したがって、ROM の制限因子としては、1 ヶ月程度の不動期間では軟部組織の変化に由来した制限が優位で、不動期間が 2～3 ヶ月におよぶと関節構成体の変化に由来した制限が優位になることが示唆された。

キーワード ラット, 関節可動域, 軟部組織

## はじめに

日常の臨床において、関節拘縮 (以下、拘縮) はギプスや装具などによって関節が不動化された場合や長期臥床などが原因で関節運動が減少した場合にしばしば認められる。そして、拘縮が一旦発生するとその治療には多くの時間と労力を要し、現在でも効果的な治療法が確立されているとは言い難い。

一方、拘縮の発生機序に関するこれまでの見解は、主に関節構成体の変化を中心に述べられており、初期には関節包および関節内の結合組織の増殖と癒着とが関節可動域 (Range of motion; 以下、ROM) 制限に関係し、進行すると関節包の狭小化が起これ、関節軟骨の変性壊死と重なって関節腔内の線維性癒着、骨性強直へと発展していくと考えられている<sup>1)2)</sup>。しかし、市橋ら<sup>3)</sup>は、ラット膝関節を最大屈曲位で 30 日間外固定した後の伸展方向の ROM 制限は、皮膚を切開すると 16.6%, ハムストリングスと腓腹筋を切除すると 42.0% 改善し、関節の不動によって生じた ROM 制限は、皮膚や筋といった関節構成体以外の軟部組織の変化がかなりの割合で関与していると報告している。したがって、拘縮の発生機序には、これまで論じられている関節構成体の変化だけでなく、皮膚や筋などの軟部組織の変化も大きく影響していると推察される。また、不動期間が長期化するほど ROM 制限が著しくなり、拘縮が進行することは周知の事実であり、不動期間の延長に伴って ROM の制限因子も変化することが予想される。しかし、不動期間と ROM の制限因子の関係を縦断的に観察した研究は、われわれの知る限りでは Trudel らの報告<sup>4)</sup> 以外にはなく、この報告では、不動 2 週後以降は関節構成体の変化が

\* Effects of Immobilization Period on Restriction of Soft Tissue and Articulation in Rat Ankle Joint

- 1) 長崎北病院 総合リハビリテーション部  
Masumi Okamoto, RPT, Konosuke Tomori, OTR: Department of Rehabilitation, Nagasaki KITA Hospital
  - 2) 長崎大学 医学部 保健学科  
(〒 852-8520 長崎県長崎市坂本 1-7-1 沖田 実)  
Minoru Okita, RPT, Toshiro Yoshimura, MD: Nagasaki University, School of Health Sciences
  - 3) 浅ノ川総合病院 リハビリテーション科  
Akane Kasuya, RPT: Department of Rehabilitation, Asanogawa Hospital
  - 4) 井上病院 リハビリテーション科  
Jiro Nakano, RPT: Department of Rehabilitation, Inoue Hospital
  - 5) 虹ヶ丘病院 リハビリテーション科  
Sachiko Kuwatsuka, RPT: Department of Rehabilitation, Nijigaoka Hospital
  - 6) 長崎百合野病院 リハビリテーション科  
Madoka Nishida, RPT: Department of Rehabilitation, Nagasaki Yurino Hospital
- (受付日 2002年8月16日/受理日 2003年10月11日)



図1 ギプス固定の方法

ROMの主要な制限因子であると結論付けられている。ただ、Trudelら<sup>4)</sup>が行っている関節の不動方法はプレートによる内固定法であり、この方法では手術侵襲による関節炎の発生が危惧され<sup>5)</sup>、これがROMの制限因子に影響している可能性がある。したがって、不動期間とROMの制限因子の関係については未だ基礎的データが不足していると考えられ、この点を明らかにすることは拘縮の治療を進める上での重要な資料を提供すると思われる。

加えて、これまでわれわれはラット足関節を最大底屈位でギプス固定する方法で拘縮の実験モデルを作製し、このモデルにおいても不動期間が長期化するほどROM制限が著しくなることを確かめている<sup>6)</sup>。しかし、不動期間の延長に伴ってROMの制限因子が変化するかどうかは明らかにできておらず、先行研究においてもラットの足関節を検索材料にこの点を明らかにした報告はない。

そこで本研究では、ROMの制限因子を皮膚と筋によって構成される軟部組織とそれ以外の関節構成体に分け、ラット足関節の不動期間の延長に伴って各制限因子の関与がどのように変化するかを検討することを目的とした。

## 材料と方法

### 1. 実験動物

実験動物には、8週齢のWistar系雄ラット50匹（体重：232～264g）を用い、これらを無作為に25匹ずつ実験群と対照群に振り分けた。実験群の各ラットは、両側の足関節を最大底屈位の状態で、前足部から膝関節上部までギプス固定し<sup>6)7)</sup>、足趾は浮腫の発生を確認するために露出させた（図1）。また、ギプスの緩みや浮腫

の発生を確認した際には、適宜巻き替えを行い、1, 2, 4, 8, 12週間（各5匹）継続してギプス固定を行った。なお、ギプス固定後もラットは前肢にて飼育ケージ内を移動でき、水と餌は自由に摂取させた。

一方、対照群のラットは、実験群の各不動期間のラットと週齢を合わせるために9, 10, 12, 16, 20週齢時（各5匹）まで通常飼育した。

### 2. 実験方法

各不動期間が終了した後は、ラットの腹腔内にペントバルビタールナトリウム（40mg/Kg）を投与し、麻酔を行った。そして、固定していたギプスを外し（図2-a）、ギプス除去直後の両側足関節の背屈角度を後述する方法で測定した（図3）。

次に、ラットを腹臥位とし、両側後肢後面の皮膚を膝窩部から踵部まで縦切開した（図2-b）。皮膚切開後は、皮膚と筋膜の剥離は行わず、両側足関節の背屈角度を同様の方法で測定した（図3）。その後は、両側の腓腹筋を起止腱から停止腱まで全切除し（図2-c）、腓腹筋切除後の両側足関節の背屈角度を測定した（図3）。さらに、両側のヒラメ筋についても起止腱から停止腱まで全切除し（図2-d）、ヒラメ筋切除後の両側足関節の背屈角度を測定した（図3）。なお、筋の切除の際には関節内に外科的処置を加えないよう注意して行った。

一方、対照群においては、皮膚の切開や筋の切除は行わず、麻酔下で両側足関節の背屈角度を測定した。

なお、今回の実験はすべて長崎大学医学部附属動物実験施設で行い、長崎大学が定める動物実験指針<sup>8)</sup>に基づいて実施した。

### 3. 足関節背屈角度の測定方法（図3）

足関節背屈角度の測定は、Okitaら<sup>9)</sup>や中田ら<sup>10)</sup>の報告に準じ、二人の検者で行った。また、データの再現性をできる限り一定にする目的で、測定に際しての各検者の割合は常に同一とした。具体的な測定方法は、まず麻酔下でラットを側臥位にした後に検者の一人が徒手にて股・膝関節を90°屈曲位に固定し、後肢筋群に筋収縮が惹起されないことを確認した。そして、その検者が強制的な力を加えないよう注意しながら母指で足関節を他動的に背屈させ、抵抗を感じた角度を最大背屈角度とした。背屈角度の測定に際しては、基本軸を膝関節裂隙中央と腓骨外果を結ぶ線、移動軸を腓骨外果と第5中足骨頭を結ぶ線とし、もう一人の検者が腓骨外果に分度器の中心を合わせ、最大背屈角度を5°単位で読みとった。なお、測定は3回行い、その最大値をデータに採用した。

### 4. 分析方法（表1）

実験群、対照群ともに各不動期間（各週齢時）で検索

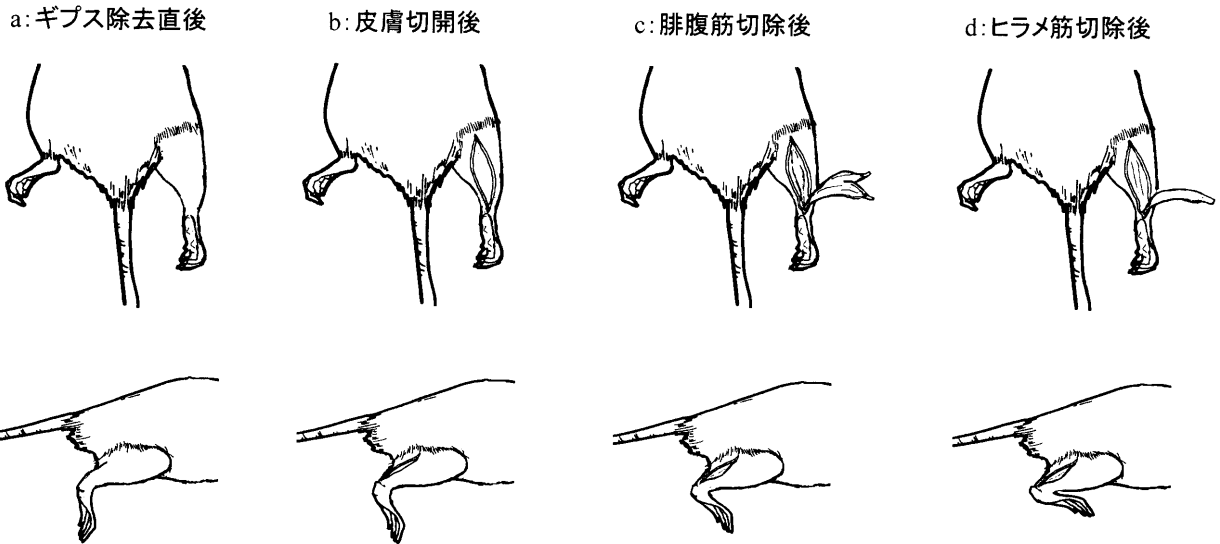


図2 皮膚切開ならびに筋切除の方法

ギプス除去直後 (a) の足関節背屈角度を測定した後に、後肢後面の皮膚を膝窩部から踵部まで縦切開し、背屈角度を測定した (b)。その後は、腓腹筋を起止腱から停止腱まで全切除し (図では停止腱を温存)、背屈角度を測定した (c)。さらに、ヒラメ筋についても起止腱から停止腱まで全切除し (図では停止腱を温存)、背屈角度を測定した (d)。なお、皮膚切開後は皮膚と筋膜の剥離は行わず、筋切除の際は関節内に外科的処置を加えていない。

表1 各パラメータの算出方法

1) 全ROM制限 (A)	; 対照群の背屈角度の平均値ーギプス除去直後の背屈角度
2) 皮膚切開によって改善したROM (B)	; 皮膚切開後の背屈角度ーギプス除去直後の背屈角度
3) 腓腹筋切除によって改善したROM (C)	; 腓腹筋切除後の背屈角度ー皮膚切開後の背屈角度
4) ヒラメ筋切除によって改善したROM (D)	; ヒラメ筋切除後の背屈角度ー腓腹筋切除後の背屈角度
5) 下腿三頭筋切除によって改善したROM (E)	; C + D
6) 残存したROM制限 (F)	; A - (B + E)
7) 皮膚切開によって改善するROMの割合 (G)	; (B ÷ A) × 100 (%)
8) 下腿三頭筋切除によって改善するROMの割合 (H)	; (E ÷ A) × 100 (%)
9) 残存するROM制限の割合 (I)	; (F ÷ A) × 100 (%)

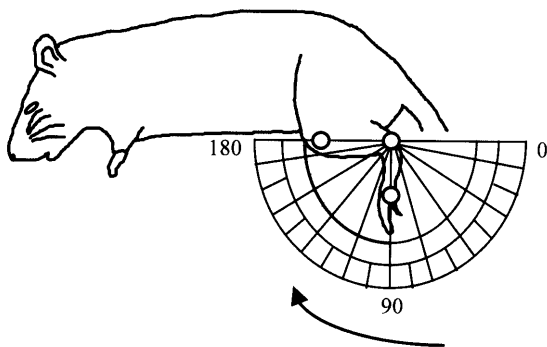


図3 足関節背屈角度の測定方法

足関節背屈角度の測定にあたっては、基本軸を膝関節裂隙中央と腓骨外果を結ぶ線、移動軸を腓骨外果と第5中足骨頭を結ぶ線とした。そして、腓骨外果に分度器の中心を合わせ、図に示す0～180°の範囲の背屈角度を5°単位で測定した。

した関節数は各々10関節である。分析としてはまず、前記の方法によって測定した足関節背屈角度を基に、表1に示す式により各不動期間におけるギプス除去直後のROM制限 (以下、全ROM制限という) と皮膚切開、腓腹筋切除、ヒラメ筋切除によって改善したROMを算

出した。そして、腓腹筋切除とヒラメ筋切除によって改善したROMを合計し、これを下腿三頭筋切除によって改善したROMとし、加えて、下腿三頭筋切除後に残存するROM制限も算出した。

次に、各不動期間における全ROM制限を各々100%とし、皮膚切開と下腿三頭筋切除によって改善するROMの割合と残存するROM制限の割合を算出した。

### 5. 統計処理

表1に示すA, B, ならびにE～Iの各パラメータが不動期間の延長に伴って変化するのかを検討するため、各不動期間を要因とした一元配置分散分析 (以下、ANOVA) を適用し、危険率5%未満をもって有意差を判定した。

### 結 果

#### 1. 全ROM制限 (表2, 図4)

対照群の足関節背屈角度は、すべてのラットにおいて実験期間を通じて個体内、個体間でばらつきを認めず、

表2 各実験処置後のROMの変化

不動期間	ギブス除去直後		皮膚切開後		腓腹筋切除後		ヒラメ筋切除後		実験処置後 残存したROM制限
	背屈角度	全ROM制限	背屈角度	改善したROM	背屈角度	改善したROM	背屈角度	改善したROM	
1 週後	119.0 ± 3.2	41.0 ± 3.2	123.0 ± 3.5	4.0 ± 2.1	139.0 ± 3.3	16.0 ± 3.9	156.0 ± 4.6	17.0 ± 3.5	4.0 ± 4.6
2 週後	106.0 ± 9.7	54.0 ± 9.7	113.0 ± 9.5	7.0 ± 3.5	130.6 ± 11.3	17.8 ± 5.7	147.0 ± 13.0	15.6 ± 5.3	13.0 ± 12.9
4 週後	79.5 ± 8.6	80.5 ± 8.6	90.0 ± 8.2	10.5 ± 3.7	110.0 ± 8.2	20.0 ± 5.8	134.0 ± 5.2	24.0 ± 6.6	26.0 ± 5.2
8 週後	66.3 ± 4.3	93.8 ± 4.3	75.4 ± 4.5	9.2 ± 2.9	92.9 ± 2.6	17.5 ± 5.4	108.8 ± 6.1	15.8 ± 5.1	51.3 ± 6.1
12 週後	56.5 ± 8.5	103.5 ± 8.5	65.0 ± 9.4	8.5 ± 3.4	74.0 ± 9.1	9.0 ± 3.2	91.0 ± 10.8	17.0 ± 5.4	69.0 ± 10.6

単位：(度)

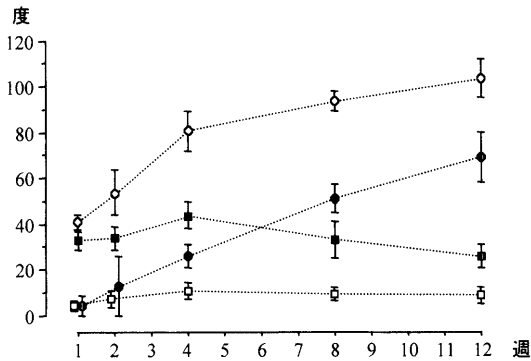


図4 各実験処置で改善したROMと残存したROM制限

- 全ROM制限
- 皮膚切開によって改善したROM
- 下腿三頭筋切除によって改善したROM
- 残存したROM制限

160°と一定していた。一方、実験群の足関節背屈角度は、すべての不動期間とも対照群より減少しており、各不動期間の全ROM制限は平均で、不動1週後が41.0°、2週後が54.0°、4週後が80.5°、8週後が93.8°、12週後が103.5°であり、ANOVAで有意差が認められた ( $F_{(4, 45)} = 136.6, p < 0.01$ )。

## 2. 皮膚切開, 下腿三頭筋切除によって改善したROMと残存したROM制限 (表2, 図4)

皮膚切開を行うと、不動1週後は検索した10関節中8関節に、不動2週後以降は検索したすべての関節にROMの改善を認めた。そして、各不動期間における改善したROMは平均で、不動1週後が4.0°、2週後が7.0°、4週後が10.5°、8週後が9.2°、12週後が8.5°であり、ANOVAで有意差が認められた ( $F_{(4, 45)} = 6.3, p < 0.01$ )。

次に、腓腹筋を切除すると各不動期間とも検索したすべての関節にROMの改善を認め、同様に、ヒラメ筋を切除しても各不動期間とも検索したすべての関節に改善を認めた。そして、各不動期間において下腿三頭筋切除によって改善したROMは平均で、不動1週後が33.0°、2週後が34.0°、4週後が44.0°、8週後が33.3°、12週後が26.0°であり、ANOVAで有意差が認められた ( $F_{(4, 45)} = 12.2, p < 0.01$ )。

一方、各不動期間において残存したROM制限は平均

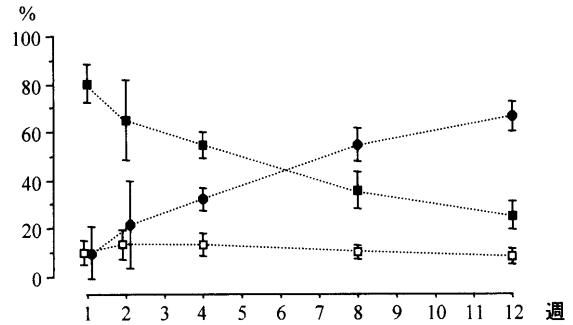


図5 各実験処置で改善したROMの割合と残存したROM制限の割合

- 皮膚切開によって改善した割合
- 下腿三頭筋切除によって改善した割合
- 残存したROM制限の割合
- 残存したROM制限の割合

で、不動1週後が4.0°、2週後が13.0°、4週後が26.0°、8週後が51.3°、12週後が69.0°であり、ANOVAで有意差が認められた ( $F_{(4, 45)} = 103.6, p < 0.01$ )。

## 3. 皮膚切開, 下腿三頭筋切除によって改善するROM制限と残存するROM制限の割合 (図5)

各不動期間において、皮膚切開によって改善するROMの割合は平均で、不動1週後が9.8%、2週後が13.1%、4週後が13.0%、8週後が9.8%、12週後が8.3%であり、ANOVAでは有意差は認められなかった ( $F_{(4, 45)} = 2.3, p > 0.05$ )。

一方、各不動期間において下腿三頭筋切除によって改善するROMの割合は平均で、不動1週後が80.5%、2週後が65.4%、4週後が54.8%、8週後が35.4%、12週後が25.4%であり、ANOVAで有意差が認められた ( $F_{(4, 45)} = 55.0, p < 0.01$ )。

また、各不動期間で残存するROM制限の割合は平均で、不動1週後が9.7%、2週後が21.5%、4週後が32.2%、8週後が54.8%、12週後が66.3%であり、ANOVAで有意差が認められた ( $F_{(4, 45)} = 51.8, p < 0.01$ )。

## 考 察

今回の結果では、実験群の足関節背屈方向のROMは対照群に比べ不動1週後に41.0°減少した。さらに、

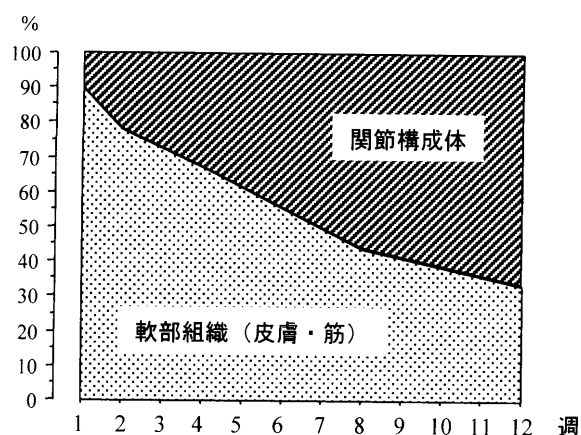


図6 不動期間とROMの制限因子の関係を示した模式図

各不動期間の全ROM制限を各々100%とし、皮膚切開と下腿三頭筋切除によって改善したROMの割合の合計を軟部組織由来の制限因子の割合、残存したROM制限の割合を関節構成体由来の制限因子の割合とした。

ROMは不動期間の延長に伴って有意に減少し、12週後では103.5°減少していた。したがって、今回の実験モデルにおいては不動期間の延長に伴う拘縮の進行が認められたといえる。

次に、後肢後面の皮膚を膝窩部から踵部まで縦切開することで、不動1週後は検索した10関節中8関節に、不動2週後以降は検索したすべての関節にROMの改善を認めた。また、皮膚切開の後に腓腹筋を全切除すると各不動期間とも検索したすべての関節にROMの改善を認め、さらに、ヒラメ筋を全切除すると同様に改善を認めた。したがって、各不動期間とも皮膚や筋といった軟部組織に由来したROM制限が存在していることが示唆された。先行研究において、関節を不動化した際の筋の変化としては、筋長や筋節長の短縮<sup>(6)7)11)12)</sup>、筋内の結合組織の増加<sup>(13)14)</sup>、コラーゲン線維の構築変化<sup>(6)7)</sup>やコラーゲン分子内・分子間の架橋結合の生成<sup>(15)16)</sup>などが報告されており、これらの変化が筋の柔軟性や伸長性を低下させる要因であるといわれている。したがって、筋に由来するROM制限にはこのような変化が影響していると考えられる。一方、皮膚性の拘縮については、熱傷による皮膚の癒痕拘縮以外はほとんど検討されておらず<sup>1)</sup>、不動による変化は明らかにされていない。ただ、臨床場面においてギプスや装具などによって関節が不動化された際の皮膚の状態を観察すると、柔軟性や伸長性の低下が認められ、このような皮膚の変化もROM制限の一因になっていると推測される。

皮膚切開によって改善するROMと下腿三頭筋切除によって改善するROMを比較すると、すべての不動期間とも下腿三頭筋切除の場合が大きく、全ROM制限に対する各々の割合を比較しても同様の結果であった。ただ、今回の結果は、皮膚切開の後に筋を切除して得られたデータであり、これは皮膚と筋が単独で関与している要素

と重複して関与している要素が混在している可能性がある。つまり、筋の切除後に皮膚を切開した場合でも今回と同様のデータが得られれば、皮膚と筋各々がROMの制限因子としてどの程度関与しているかが明らかになると思われるが、この点については今後検討が必要である。

次に、皮膚切開、ならびに下腿三頭筋切除によって改善したROMが不動期間の延長に伴ってどう変化するかを検討した結果、不動4週後まではどちらも増加していたが、不動4週後以降は、皮膚切開の場合はほぼ横這いで、下腿三頭筋切除の場合は減少していた。特に、不動8週後、12週後では下腿三頭筋を切除しても不動4週後ほどROMが改善しないことから、この時期においては皮膚や筋以外の要素が制限因子として強くなっていると推測される。そして、実際に下腿三頭筋切除後に残存するROM制限の変化をみると不動期間の延長に伴って有意に大きくなっており、不動8週後、12週後では皮膚切開と下腿三頭筋切除によって改善するROMよりも残存するROM制限が大きかった。市橋ら<sup>3)</sup>やTrudelら<sup>4)</sup>の報告を参考にすると、全ROM制限に対する皮膚切開や筋切除によって改善したROMの割合は、この両者で構成される軟部組織由来のROM制限の割合と考えられ、同様に筋切除後に残存したROM制限の割合は関節構成体由来のROM制限の割合と考えられる。そこで、今回の結果を基にROMの制限因子を皮膚・筋によって構成される軟部組織とそれ以外の関節構成体に分け、不動期間の延長に伴ってこれらの制限因子がどのように変化していくのかを模式的に示した(図6)。すなわち、不動4週後までは軟部組織に由来する制限が関節構成体に由来する制限より優位であるが、不動8週後、12週後になると軟部組織よりも関節構成体に由来する制限が優位になるといえよう。しかしながら、Trudelら<sup>4)</sup>によれば、ラット膝関節を屈曲位でプレート固定することで生じる伸展方向のROM制限は、筋を切除すると不動2週後で51.2%、4週後で37.0%、8週後で27.6%、16週後で17.4%、32週後で6.3%改善したと報告しており、この結果から、不動2週後以降は関節構成体の変化がROMの主要な制限因子であると結論付けている。そして、この結果を今回の結果と比較すると不動2週後以降と早い時期から関節構成体の影響が強く現れており、この要因としては、検索した関節の違いや関節固定の方法の違いなどが考えられ、特に後者の影響が関係しているのではないと思われる。つまり、Trudelら<sup>4)</sup>が行ったプレートによる内固定法は手術侵襲による関節炎の発生を抑えることが難しいとされ<sup>5)</sup>、これが影響し、ギプス固定の場合より早期に関節構成体に変化をおよぼした可能性がある。

以上のことから、不動によって起こる拘縮のROM制限は、1ヶ月程度の不動期間では皮膚、筋といった軟部

組織の変化に由来するところが大きいですが、不動期間が2～3ヶ月におよぶと軟部組織の影響よりむしろ関節構成体の影響が強くなり現れてくることが示唆された。したがって、拘縮の治療においてはこのことを念頭において適切なアプローチを選択、実施することが重要と思われる。

### 文 献

- 1) 安藤徳彦：関節拘縮の発生機序．リハビリテーション基礎医学第2版．上田 敏，千野直一・他（編），医学書院，東京，1994，pp 213-222.
- 2) 安藤徳彦：関節拘縮の発生機序．総合リハ 5：141-148，1977.
- 3) 市橋則明，武富由雄・他：膝関節可動域制限に関与する皮膚と筋の影響．理学療法学 18：45-47，1991.
- 4) Trudel G, Hanse K, *et al.*: Contractures secondary to immobility: Is the restriction articular or muscular? An experimental longitudinal study in the rat knee. Arch Phys Med Rehabil 81: 6-13, 2000.
- 5) 武村啓住，細 正博・他：ラット膝関節拘縮2週後における関節包及び関節軟骨の組織病理学的変化．理学療法科学 16: 71-76, 2001.
- 6) 沖田 実，吉村俊朗・他：拘縮の病態とストレッチング．理学療法探求 3: 29-36, 2000.
- 7) 沖田 実，吉村俊朗・他：関節固定がラットヒラメ筋の筋内膜コラーゲン線維網の構築におよぼす影響．理学療法学 24: 23-30, 1997.
- 8) 長崎大学医学部附属動物実験施設：動物実験施設利用の手引き，1995.
- 9) Okita M, Yoshimura T, *et al.*: Effects of short duration stretching on disuse muscle atrophy in immobilized rat soleus muscles. J Jpn Phys Ther Assoc 4: 1-5, 2001.
- 10) 中田 彩，沖田 実・他：持続的伸張運動の実施時間の違いが関節拘縮の進行抑制効果におよぼす影響—マウスにおける実験的研究—．理学療法学 29: 1-5, 2002.
- 11) Tabary JC, Tabary C, *et al.*: Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster casts. J Physiol 224: 231-244, 1972.
- 12) Williams PE, Goldspink G: The effect of immobilization on the longitudinal growth of striated muscles fibres. J Anat 116: 45-55, 1973.
- 13) Williams PE, Goldspink G: Connective tissue changes in immobilized muscle. J Anat 138: 343-350, 1984.
- 14) Jozas L, Kannus P, *et al.*: The effect of tenotomy and immobilization on intramuscular connective tissue. J Bone Joint Surg 72B: 293-297, 1990.
- 15) 須釜 聡，立野勝彦・他：関節固定が筋肉コラーゲンに及ぼす影響—ラットのヒラメ筋におけるコラーゲンの生化学的分析—．PTジャーナル 29: 345-348, 1995.
- 16) 須釜 聡，立野勝彦・他：関節固定が筋および腱組織コラーゲンの可溶性に及ぼす影響—ラットの筋・腱組織におけるコラーゲンの生化学的分析—．理学療法学 23: 72-79, 1996.

## 〈Abstract〉

**Effects of Immobilization Period on Restriction of Soft Tissue and  
Articulation in Rat Ankle Joint**

Masumi OKAMOTO, RPT, Konosuke TOMORI, OTR  
*Department of Rehabilitation, Nagasaki KITA Hospital*

Minoru OKITA, RPT, Toshiro YOSHIMURA, MD  
*Nagasaki University, School of Health Sciences*

Akane KASUYA, RPT  
*Department of Rehabilitation, Asanogawa Hospital*

Jiro NAKANO, RPT  
*Department of Rehabilitation, Inoue Hospital*

Sachiko KUWATSUKA, RPT  
*Department of Rehabilitation, Nijigaoka Hospital*

Madoka NISHIDA, RPT  
*Department of Rehabilitation, Nagasaki Yurino Hospital*

The objective of study was to determine the restriction of soft tissue and articulation of rat ankle joint mobility following immobilization. Fifty male Wistar rats were divided randomly into experimental (n=25) and control (n=25) groups. In the experimental group, bilateral ankles of each rat were immobilized in full plantar flexion with a plaster cast; immobilization of the ankle joint was maintained for 1, 2, 4, 8 and 12 weeks. After each immobilization period, rats were anesthetized with pentobarbital sodium; subsequently, ROM on dorsiflexion of ankle joints was measured. Similarly, ROM on dorsiflexion of ankle joints was measured following skin incision and myotomy of transarticular triceps muscle of calf. The proportion of the ROM increase after skin incision was approximately 10% for each immobilization period; in contrast, following myotomy, ROM increase was 80.5% at 1 week, 63.8% at 2 weeks, 54.7% at 4 weeks, 35.5% at 8 weeks and 25.4% at 12 weeks after immobilization. The present investigation suggests that the limitation of ROM of joints at 1 month following immobilization may be derived from soft tissular (skin and muscle) changes and arthrogenic limitation may increase at 2-3 months after immobilization.