

# ギプス固定による神経活動電位への影響について

清水 匠太・長須 達也・甲斐 範光

帝京短期大学 ライフケア学科

## 【抄録】

【はじめに】ギプス（プラスチック）包帯固定は骨折、脱臼など外傷時の患部に用いる外固定の一つである。外傷治療で高頻度で使用される。固定によって患部周辺の関節、筋は長時間の不動、同一肢位の状態となり筋や腱の萎縮、短縮が生じるとされる。要因として、筋紡錘、腱紡錘の機能的変化、求心性インパルスの供給の阻害による末梢神経障害が示唆され、固定による末梢神経障害は運動機能に影響を及ぼすことが予想される。そこで本研究では、前腕のギプス固定による感覚神経活動電位の変化を検討することを目的とした。

【方法】健常成人7名（男性4名、女性3名）に対して、ギプス固定条件（Normal）とギプス固定条件（Cast）の2条件において、右前腕に対して正中神経上の知覚神経活動電位測定を行った。基準電極として中指に指電極を装着し、肘関節近位に刺激電極を貼付した。電気刺激は、5秒間に1回の刺激を連続で3回おこなった。電気刺激をした際の活動電位より、積分値、最大値と最小値の差を求め、3回の平均値を採用した。

【結果】NormalとCastの積分値の比較において、数値の減少を認めるも有意な差を認めなかった。NormalとCastにおける最大値と最小値の差の比較においては、有意ではないが減少を認めた。

【考察】本研究ではギプス固定による感覚神経活動電位への影響を測定した。Normalと比較してCastにおいて、積分値の減少、最大値と最小値の差の減少により、電位振幅の低下が示唆された。結果より、ギプス固定による軽度の阻血により神経機能が変化し、感覚神経活動電位が低下した可能性が示唆された。

【キーワード】ギプス固定、感覚神経、阻血

## I. 緒言

ギプス（プラスチック）包帯固定は、骨折、脱臼、打撲、捻挫など外傷時の患部に用いる外固定の一つである。炎症、外傷、術後における局所の安静、骨折や脱臼の整復位の保持、変形の矯正、装具や義肢制作の採型など目的は多岐にわたり使用される。一方で、骨突出部の圧迫による褥瘡の発生、外傷後の腫脹増強による循環障害、末梢神経障害などの発生に注意が必要である。また、外傷後の固定においては負傷患部の安静のために関節、筋は長時間の不動、同一肢位の状態となり、ギプス固定により筋や腱の萎縮、短縮が生じるとされ、短縮位で固定された筋の筋性拘縮、廃用性萎縮など様々な弊害が生じる可能性が示唆されている<sup>1)</sup>。ギプスを

用いた関節固定による運動器への影響については多くの報告があり、筋重量についてのラットによる報告では<sup>2)</sup>、固定2週間後に筋線維サイズの減少により筋湿重量が約30%減少するとされる。関節の固定によって筋や骨は萎縮し、筋内の結合組織の増加、柔軟性や耐久性の低下など様々な弊害をもたらすとされ<sup>3)</sup>、ラットにおけるヒラメ筋への固定において、筋紡錘、腱紡錘に機能的変化が示唆されたと報告されている<sup>4)</sup>。筋萎縮は、筋の不動化あるいは脱神経によって起こるとされ<sup>4)</sup>、中居ら<sup>5)</sup>は、固定により、筋が短縮位で不動化されることで解剖学的な長さ自体が短くなり、筋性拘縮へと進展する病態において、錘外筋線維や筋膜の変化、筋内の受容器である筋紡錘の関与を推察している。そのため、筋性拘縮や廃用性萎縮の要因の一つに、

末梢神経の関与があると考えられる。

神経伝導については、神経伝導検査 (nerve conduction study) を実施することが広く知られており、電気刺激を用いて人為的に末梢神経を興奮させ、神経や支配筋に生じた活動電位を体表面上から記録し、末梢神経の機能を客観的に評価する検査である<sup>6)</sup>。

伝導速度、潜時、振幅、波形を測定することにより、末梢神経障害の有無、病変の部位、病態の鑑別、重症度などを調べ臨床診断と治療に役立てることを目的としている<sup>7)</sup>。伝導検査には、複合筋活動電位 (Compound muscle action potential : CMAP) と、知覚神経活動電位 (Sensory nerve action potential : SNAP) がある<sup>8)</sup>。感覚神経伝導検査に関しては、末梢神経幹を電気刺激し、その遠位または近位の神経幹から神経活動電位を記録する<sup>8)</sup>。神経の伝導速度に影響を与える因子としては、体温の影響、軸索直径、絞輪間の距離、神経の部位による差、年齢による変化、虚血による変化が関与するとされる<sup>9)</sup>。小林<sup>10)</sup> は、ギプス固定による軽度の圧迫は血管周囲軟部組織が浮腫を生じさせるとしている。

ギプス固定による運動器への影響についての報告は多くあるが、ギプス固定と神経活動の変化についての報告は確認できなかった。そこで本研究では、前腕のギプス固定において感覚を含む神経活動電位の変化を検討することを目的とした。

## II. 対象と方法

### 1. 対象

整形外科的疾患および明らかな神経・筋疾患のない健常成人7名 (男性4名、女性3名) を対象とした。[年齢は18歳～39歳 (平均21.4±7.7) 身長は1.66±6.5m、体重は58.6±9.0であった。]

### 2. 方法

#### (1) 実験手順

ギプスなし条件 (以下 :Normal) および右前腕部のギプス固定 (以下 :cast) の条件にて右上肢についての測定を行った。肘関節近位に刺激電極を添付し、感覚神経について指電極を用いて測定を行った。

#### (2) 計測機器・測定

感覚神経の測定は、正中神経とし知覚神経活動電位測定として指電極 (日本光電工業社製) を使用し、中指近位指節間 (PIP) 関節上、中指遠位指節間 (DIP) 関節上に装着した。

電気刺激は、モジュール型刺激装置 (UNIQUE MEDICAL 社製 NS-101) を使用し、30V を5秒間に1回の頻度で行った。刺激電極は、電極を装着する前に医療用微擦サンドペーパーを用いて5k $\Omega$ 以下に皮膚インピーダンスを減少させ、その後に両面接着テープを使用して、皿電極 (皮膚表面電極10 $\phi$  日本光電社製) を密着し貼付した。電極位置は、肘関節近位で上腕二頭筋腱内側に貼付した。生体増幅装置 (RMP-6008M, 日本光電社製) を使用し、筋電図の信号は、A-D変換機 (Power Lab4: AD社製 Instruments) を用いてサンプリング1kHzで記録し、後日解析ソフト (Lab Chart7:AD社製 Instruments) で解析した。測定した全波形を全波整流後、電気刺激から0.5秒間の積分値 ( $\mu\text{v} \cdot \text{sec}$ ) 及び、最大値と最小値 ( $\mu\text{v}$ ) の差を求めた。3回の平均値を採用して、本研究における正規化を図った。

#### (3) 前腕部固定方法

右前腕部の固定にはALCARE社製プラスチックギプス (キャストライト $\alpha$ )、ギプス用綿包帯 (オルテックス)、メリヤス編みチューブ包帯 (ストッキネット) を使用し、被験者の肘関節より8cm遠位前腕部からMP関節手前までを手関節中間位にて固定した。

#### (4) 統計方法

測定で得られた値は全て平均値 $\pm$ 標準偏差 (Mean $\pm$ 標準偏差) で表し、統計処理にはEZR<sup>11)</sup>を用いた。筋活動量の比較は、正規性の検定を行った後、正規性があつた場合は対応のあるt検定を、なかつた場合はWilcoxonの符号付き順位検定を用いて比較した。有意水準は5%未満とした。

### 3. 倫理的配慮

対象者には本研究の趣旨と内容、個人情報漏洩への注意などを十分に説明した。また、研究の参加には自由意志であり、研究同意の撤回がいつでも可能なことを説明し、書面にて同意を得てから開始した。

### III. 結果

#### 1. Normal と Cast における積分値の比較

Normal では  $1.38 \pm 0.82 \mu\text{v}\cdot\text{sec}$ , Cast では  $0.91 \pm 0.34 \mu\text{v}\cdot\text{sec}$  であり, Cast 群において減少を認めるも, 有意な差は認めなかった ( $p=0.078$ )。Figure1 に示す。

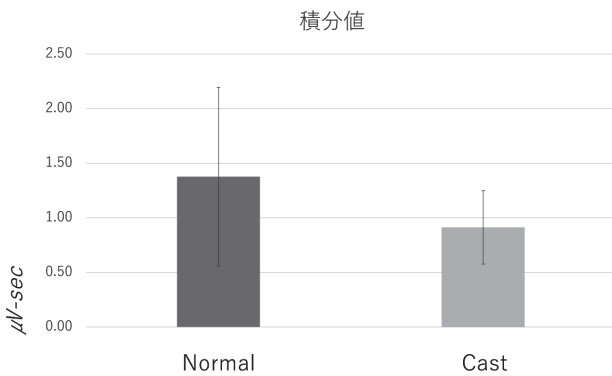


Figure 1. 積分値の比較【キャスト固定なし (Normal) とキャスト固定条件 (Cast)】

#### 2. Normal と Cast における最大値と最小値の比較

Normal と Cast の最大値と最小値の比較を Figure 2 に示す。Normal の値は,  $23.25 \pm 10.09 \mu\text{v}$ , Cast では  $11.88 \pm 8.15 \mu\text{v}$  であり, Cast 測定において有意ではないが, 減少傾向を認めた ( $p=0.08$ )。

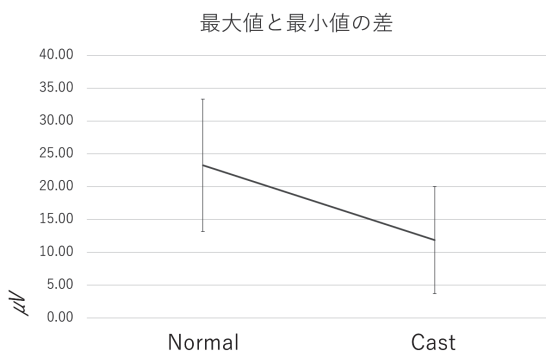


Figure 2. 最大値と最小値の差【キャスト固定なし (Normal) とキャスト固定 (Cast)】

### IV. 考察

本研究の目的は, 前腕における感覚神経活動電位の変化を検討することであった。前腕部にギプス固定を行った結果, Normal と比較して積分値, 最大値と最小値の値に有意差はないが減少傾向を認めた。活動電位の振幅について, 駆血帯を用いた阻血状態においては, 神経の興奮

性に著明な変化を示し, 伝導速度の減少, 感覚電位振幅の低下, 持続の延長がみられると報告される<sup>9)</sup>。

組織の阻血は組織灌流を低下し, 組織低酸素血症を来すことによって, エネルギー補給のための嫌気性代謝が活性化, 血中の乳酸が増加し, 酸性化 (アシドーシス) に陥るとされる<sup>12)13)14)</sup>。アシドーシスでは, インパルスの伝導速度の低下を招くとされる<sup>12)15)</sup>。

本研究において, 積分値, 最大値と最小値の差において, 各被験者で, 数値の大きさにばらつきを認めるが, Normal に対して Cast の数値は減少傾向であった。そのため, 電位振幅の幅がギプス固定によって低下したと考えられる。小林<sup>10)</sup> は, ギプス固定による軽度の圧迫は関節血管内にうっ血を生じ, さらに血管周囲軟部組織が浮腫を生じさせるとしている。

本研究においても, ギプス固定をおこなったことで軽度の圧迫が生じ, 微小な阻血が生じた可能性が考えられた。

また, 典型的な cotton loader position による固定については, 手関節部における静脈及びリンパ灌流を阻害し, 機械的浮腫を起こすと報告されている<sup>16)</sup>。

浮腫は, 中枢疾患, 整形外科疾患, 呼吸循環疾患などの患者に合併して起こる症状の一つであり, 浮腫の長期間の放置は疼痛, 関節可動域制限, 筋力低下などの機能障害を引き起こすことがある<sup>17)</sup>。

浮腫の原因は心不全や腎不全などの全身疾患と, 慢性静脈不全やリンパ浮腫など局所的疾患に分けられる<sup>18)</sup>。様々な原因で生じるが, 本質的には細胞外液の過剰状態であるとされ<sup>19)</sup>, 浮腫に関与するアルブミンと水の経毛細血管漏出の増加につながるメカニズムは, 毛細血管血流と毛細血管圧の増加, 血漿膠質浸透圧の低下に起因していると考えられている<sup>18)</sup>。

本研究においても, 前腕部のギプス固定により, 局所的な機械的浮腫を生じさせた可能性が考えられる。活動電位による浮腫の影響として高橋ら<sup>20)</sup> は, 記録電極と電位発生源の距離が長くなることで, 神経伝導検査に対して正しい波形より振幅が低くなると報告しており, 感覚神経活動電位についての振幅の低下について<sup>21)</sup> は, 個々の神経線維の伝導速度が少しずつ変動し, 打ち消しあう現象 (Phase cancellation) が顕

著に生じるとされている。

結果より、ギプス固定において振幅の低下が認められ、浮腫の影響が示唆された。しかし、本研究では、castによる固定について肘関節を含まず行った。そのため、先行研究にあるような機械的浮腫が生じず、有意な差とならなかった可能性がある。また、導出電極部位を指とし、感覚神経伝導の測定を行ったが、活動の大きさから一部に運動神経を含む混合神経を活動電位となった可能性が考えられる。

本研究の結果から、肘関節を含まない前腕のギプス固定により、混合神経活動電位が抑制された可能性が示唆された。そのため、ギプスの固定は固定による筋収縮、運動神経活動のみならず、感覚神経へも影響が生じた可能性がある。筋肉の正常の物質代謝は、筋の正常の収縮活動性によって維持される<sup>22)</sup>。ギプス固定により筋収縮が制限された部位に対しては、感覚神経の活動にも着目していく必要性が考えられた。さらに検証をするため、血流や筋活動などを含め、ギプス固定による固定範囲、挙上肢位についての検討を行う必要があり今後の課題である。

#### 【謝辞】

稿を終えるにあたり、実験に協力いただきました皆様に深謝いたしますとともに、適切なご助言ご指導をくださいました東邦大学名誉教授室増男先生に心より深謝申し上げます。

#### 【文献】

- 1) Booth, F.W. "Time course of muscular atrophy during immobilization of hindlimbs in rats," *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise. Physiol.*, 43:656-661, 1977
- 2) 榎間春利・甲斐悟ら, ギプス固定によるラット下腿の萎縮と回復 *理学療法学*, 27(5), 174-179, 2000
- 3) Kannus P. Jozsa L. et al, "Effect of immobilization and subsequent low and high-intensity exercise on morphology of rat calf muscle. *Scand J Med Sci Sports* 8(3), 160-171, 1998
- 4) 武田功・元田弘敏ら, ラット, ヒラメ筋の廃用性萎縮における筋紡錘・腱紡錘の機能的変化 *理学療法* 23, 学会特別号, 1996
- 5) 中居和代・沖田実ら, 関節固定がラットヒラメ筋の筋紡錘に及ぼす影響 *理学療法学*,

27,2(0), 316, 2000

- 6) 佐々木信博・上野幸司ら, 高精度体成分分析装置 (InBody S20) を用いた血液透析患者の体液量評価: 生体電気インピーダンス (BIA) 法は DW の指標になり得るか? *透析会誌* (40)7, 581-588, 2007
- 7) 一般社団法人 日本臨床衛生検査技師会 神経生理検査技術教本, p150
- 8) 長谷川修, 神経伝導検査必携ハンドブック X-Knowledge, p20, 2014
- 9) 木村淳・幸原伸夫, 神経伝導検査と筋電図を学ぶ人のために 第2版 医学書院 p82, 2012
- 10) 小林 寛, 固定性関節拘縮に関する関節鏡病理組織研究, *日医大誌*, 27, 2292-2297, 1960
- 11) Kanda, Y. Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZ' for medical statistics. *Bone Marrow Transplant* 48,452-458,2013
- 12) 松井 広 脳内情報を担う pH の役割: アストロサイト光操作法を用いた新展開 *日本薬理学雑誌*, 148(2), 64-68, 2016
- 13) 小川 久雄・吉村 道博ら, 3. 体液性・代謝変動 *日本内科学会* 85(1)12-15,1996
- 14) 小澤 澁司・福田 康一郎 標準生理学 第7版 医学書院 p25, 2009
- 15) 山田 雅弘 網膜神経回路における H<sup>+</sup> 負帰還信号の分子機構としての V-ATPase 比較生理生化学 30(4), 138-193, 2013
- 16) 安倍浩之・池田勘一ら, 橈骨遠位端骨折患者の回復過程における浮腫と筋力の関係 第26回日本患肢の神経活動電位に対する阻血の影響に対して, *理学療法士学会誌*, 第18巻学会特別号, p98, 1991
- 17) 岸幸夫, 浮腫発生のメカニズム *理学療法*, 14(10), 775-780, 1977
- 18) 上田陽之, 浮腫の理学療法の確立を *理学療法*, 14(10), 773, 1977
- 19) 時岡浩二・河村浩平ら, 生体電気インピーダンス分析を用いて廃用性浮腫の特徴を知る〜心不全, 下肢閉塞性動脈疾患との比較, 薬剤性浮腫との相違〜 *日本フットケア・足病医学学会誌* 4(3), 160-164, 2023
- 20) 高橋 修・高橋 宣成ら, 浮腫があるときは、神経伝導検査のデータに影響があるのでしょうか? *検査と技術* 43(8)2015

- 21) 黒川勝巳, 田中英司ら, 末梢神経伝導検査における振幅比, 持続時間比, 面積比の加齢による変化 日本老年医学会雑誌 32(8・9)1995
- 22) 立野勝彦・灰田信英・染矢富士子, 神経・筋の Trophic interaction – 後根切離による影響 – リハビリテーション医学 24(3), 1987

# Effects on neural action potentials during cast immobilization

Shota SHIMIZU • Tatsuya NAGASU • Norimitsu KAI

Department of Life Care, Teikyo Junior College

---

## **【abstract】**

**【Purpose】** Cast (plastic) bandage immobilization is a common external fixation method used to stabilize the body after traumatic injuries such as fractures or dislocations. However, immobilization after trauma can lead to joint and muscle stiffness, resulting in muscle atrophy and tendon shortening. This immobilization can also cause peripheral nerve damage, potentially affecting motor function. The aim of this study was to assess the changes in sensory nerve action potentials following forearm cast immobilization.

**【Method】** Median sensory nerve action potentials were measured in the right forearms of seven healthy adult male and female subjects. Two conditions were assessed: no casting (normal) and cast immobilization (cast). A reference electrode was placed on the middle finger, and an active electrode was positioned proximal to the elbow joint. Electrical stimulation was applied three times in succession, with a 5-second interval between each stimulation. The integral value, calculated as the difference between the maximum and minimum values of the action potentials, was determined, and the average of the three measurements was used for analysis.

**【Results】** There was no significant difference in the mean integral values between the normal and cast conditions. However, a non-significant decrease was observed in the difference between the maximum and minimum values when comparing the two conditions.

**【Discussion】** This study measured the effects of cast immobilization on sensory nerve action potentials. A decrease in the amplitude of action potentials was noted in the cast group compared with the normal group. It is suggested that forearm immobilization in a cast caused mild inhibition and edema, which affected nerve function and reduced sensory nerve action potentials.

**【Key words】** Cast immobilization, Sensory nerve, ischemia