



北海道公立大学法人  
**札幌医科大学**  
Sapporo Medical University

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title 論文題目	前腕肢位と手指屈曲伸展による手根管横断面積の変化と正中神経の移動量の検討
Author(s) 著 者	金子, 翔拓
Degree number 学位記番号	甲第 23 号
Degree name 学位の種別	博士 (作業療法学)
Issue Date 学位取得年月日	2014-03-31
Original Article 原著論文	
Doc URL	
DOI	
Resource Version	Author Edition

前腕肢位と手指屈曲伸展による手根管横断面積の変化と  
正中神経の移動量の検討

Drift of median nerve and change of cross-sectional  
area in the carpal tunnel: influences of forearm  
position and hand gripping

札幌医科大学大学院 保健医療学研究科 博士課程後期  
理学療法学・作業療法学専攻 生体工学分野  
金子 翔拓 Shouta Kaneko

## 目次

I . 緒言 . . . . .	1
I - 1 はじめに . . . . .	1
I - 2 問題提起 . . . . .	3
I - 3 研究目的と意義 . . . . .	3
I - 4 研究仮説 . . . . .	3
I - 5 キーワード . . . . .	3
I - 6 用語の定義 . . . . .	3
I - 6-a 正中神経移動量 . . . . .	3
I - 6-b 正中神経総移動量 . . . . .	4
I - 6-c 長軸 . . . . .	4
I - 6-d 横断面 . . . . .	4
I - 6-e 前腕中間位 . . . . .	4
I - 6-f 手関節中間位 . . . . .	4
II . 先行文献のレビュー . . . . .	4
II - 1 手根管症候群の疫学 . . . . .	4
II - 2 手根管症候群の診断 . . . . .	4
II - 3 手根管症候群の一般的な治療 . . . . .	5
II - 4 手根管症候群に対するスプリント療法 . . . . .	5
II - 5 手根管症候群に対する神経滑走訓練 . . . . .	6
II - 6 手根管症候群に対する MRI 評価 . . . . .	6
II - 7 正中神経の横断滑走について . . . . .	7
II - 8 手根管横断面積の変化について . . . . .	7
II - 9 前腕回内外が手根管内圧や横断面積に与える影響 . . . . .	7
III . 研究方法 . . . . .	8
III - 1 研究デザイン . . . . .	8
III - 2 研究対象と選定基準 . . . . .	8
III - 2-a 対象 . . . . .	8
III - 2-b 取り込み基準 . . . . .	8
III - 2-c 除外基準 . . . . .	8
III - 3 データ収集と手順 . . . . .	8
III - 3-a 実験装置 . . . . .	8
III - 3-b 前腕肢位と他動伸展位からの手指自動屈曲 . . . . .	9
III - 3-c MRI 画像撮像方法 . . . . .	9

Ⅲ－3－d 手根管横断面積と正中神経移動量の計測方法	9
Ⅲ－4 信頼性と妥当性	9
Ⅲ－4－a 信頼性検討	9
Ⅲ－5 データ解析および統計学的手法	10
Ⅳ．倫理的配慮	10
Ⅴ．倫理委員会による研究の承認	10
Ⅵ．結果	11
Ⅵ－1 手根管横断面積の比較	11
Ⅵ－2 正中神経移動量の比較	11
Ⅶ．考察	11
Ⅶ－1 手根管横断面積への影響	12
Ⅶ－2 正中神経の移動量への影響	13
Ⅶ－3 臨床的意義	13
Ⅶ－4 研究限界と今後の課題	14
Ⅷ．引用文献	15

## 図表

研究施設承諾書

研究協力依頼書説明書

研究協力同意書

## I. 緒言

### I-1 はじめに

手根管症候群 (carpal tunnel syndrome; 以下 CTS) は正中神経支配領域の知覚障害と運動障害を病態とする正中神経の絞扼神経障害であり、身体の絞扼性神経障害では最も頻度の高い疾患で、罹患率は人口の 3.8%といわれている<sup>1,2)</sup>。CTS は 50 歳代半ばを中心に 40~60 歳代に認めることが多く、1:2~5 と女性に多い。また利き手での発症が多い<sup>3,4)</sup>。診断は、病歴、身体所見、検査により総合的に行われる。身体所見としては、正中神経領域の知覚障害、Phalen テスト、手根管部の Tinel 徴候、母指球の委縮などが認められる<sup>1,2,3,4,5)</sup>。

CTS の治療は、その病期によって異なるが、一般的にはまず保存的療法が選択され、保存的療法に抵抗する場合は手術療法が選択される。ステロイド注射やスプリントには短期的には一定の効果があり、滑膜の腫張の軽減により手根管内圧が下がり、正中神経への減圧が得られるといわれている<sup>6)</sup>。手術療法の目的は正中神経の除圧であり、観血的手根管開放術や鏡視下手根管開放術が施行される。保存療法との比較研究では、手術療法が保存的療法よりも優れていると報告されている<sup>7,8,9)</sup>。しかしながら、術後の長期経過を追った報告では、手術症例の 57%が術前同様の症状が再発したとの報告があり、術後に再発する症例や遺残症状を呈する症例がいることも事実である<sup>10)</sup>。

一方、CTS の保存的治療手段としての徒手療法がある。その一つに、正中神経滑走訓練による正中神経と腱の直接的モビリゼーションがあるが、これにより手術の必要性を軽減させ<sup>11)</sup>、また、握力の増加と患者満足度との関連が指摘されており<sup>12)</sup>、徒手療法の有用性が報告されている。先行研究により健常群と CTS 群の神経滑走訓練時の正中神経の遠位方向への滑走距離を比較した研究では、遠位方向への滑走距離には差がないことが明らかにされている。しかしながら、CTS 群では正中神経の横断方向への可動性の低下が有意に起こるとされており、CTS 群では正中神経の横断方向の可動性の改善が重要とされてきている<sup>7)</sup>。そのため、近年では手関節運動時や手指屈曲運動時の正中神経の動態について検討がされてきており、手指伸展からの屈曲運動に伴い橈側方向へ移動することが報告されている<sup>13)</sup>。しかしながら、手指の運動と手関節の掌背屈方向への運動時の観察に限られており、前腕回内外を含んだ前腕の肢位については検討されていない。

また、CTS の保存療法にスプリント療法があり、手関節を固定することにより安静に保ち、滑膜の腫張の軽減による手根管内圧の軽減を目的に実施される。固定の際の手関節の肢位は中間位から軽度背屈位が適しているとされ、これらの肢位は手根管内圧の低い肢位として推奨されている<sup>14)</sup>。また前腕回内外における手根管内圧についても検証されており、前腕回内位 45° で最も手根管内圧が高く、前腕回外位でのスプリント固定が推奨されている<sup>15)</sup>。これらの手根管内圧と手根管横断面積に着目し、手根管の横断面積を MRI にて計測し、横断面積の増大と手根管内圧の減少に関連があると報告されている<sup>16)</sup>。臨床試験ではハンドル操作やキーボードタイピングといった前腕回内位での手の使用により症状の増悪が起こりやすいとも報告<sup>17)</sup>があり、前腕回内位では手根管横断面積が減少する可能性が

考えられる。

CTS の MRI 所見の有用性は Mesgarzadeh を筆頭に数多く報告されている<sup>18-27)</sup>。それらの報告によると、(1) 手根管内の正中神経の肥大、(2) 正中神経の扁平化、(3) T2 強調画像での正中神経の高信号、(4) 横手根靱帯の掌側への張り出し、の 4 つが主要な所見であるといわれている。これらの所見は他の理学、検査所見で CTS と明確に判断できない際にも有効である場合があると報告されている。CTS の MRI 評価における計測方法は、Mesgarzadeh らによって報告されてから今日まで、その計測方法が用いられている。有鉤骨・大菱形骨間の距離 (Trapezium-Hamate distance: TH) と、TCL の頂点から TH に下ろした垂線間の距離 (Palmar displacement: 以下 PD)、および TH と PD から算出する Bowing Ratio (PD/TH ; 以下 BR) が遠位手根列における手根管内の評価に用いられている (図 1a, 図 1b)。また、Anderson らによると、遠位手根列における MRI 評価の妥当性が報告されている<sup>28)</sup>。CTS の MRI 所見の有用性として手根管の横断面積を計測する方法もまた、報告されている<sup>29-32)</sup>。それらの報告によると CTS 症例では、横断面積がコントロール群と比較し小さくなると報告されているが、遠位手根列における横断面積が 185~193mm<sup>2</sup> になるといわれている。横断面積は近位手根列と遠位手根列での計測方法があるが、TCL の特徴として distal band が TCL の緊張を保ち、CTS ではこの level において神経伝導速度の遅延や横断面積の狭小化が認められる<sup>33)</sup>と報告されていることから、遠位手根列における横断面積が重要視されている。先行研究では、横手根靱帯をストレッチすることで遠位手根列における横断面積を変化させ、良好な治療成績が得られると報告されてお<sup>34)</sup>、横断面積の変化が症状と関連している可能性が考えられる。

CTS の治療において重要なことは、正中神経の圧迫を取り除き神経内血流量の回復であると諸家が報告しており、手術療法により横手根靱帯を切離し、神経の圧迫を解除する方法が依然として多く用いられているが、先にも述べたように手術症例の 57% が術前同様の症状が再発したとの報告があり、術後に再発する症例や遺残症状を呈する症例がいることも事実であり<sup>10)</sup>、近年は保存療法による治療に着目されてきている。しかしながら、どの肢位で最も正中神経が横断方向に移動するか、また、前腕回内外位における手根管の横断面積がどのように変化しているかについては検証が少ないのが現状である。

今日、CTS に対する保存療法の有効性が報告されており、スプリント療法および神経滑走訓練により CTS の症状が改善することが知られている。しかしながら、スプリント療法では手関節掌背屈中間位による固定が推奨されてはいるものの、前腕回内位では症状が増悪する可能性があるなか、前腕の回内外について詳細に検討されていないことと、神経滑走訓練においても神経の横断滑走の重要性が報告されているものの、神経の横断滑走がどの肢位にて最も大きく滑走するかという検証がなされていない。

本研究では、スプリント療法における手関節固定肢位の際の前腕回内外の影響を検証するため、前腕回内外位における手根管横断面積を MRI で計測し、横断面積のより大きくなる肢位を検討することと、前腕回内外位に手指の自動屈曲を組

み合わせた際の神経の横断滑走距離を MRI にて計測し、神経滑走訓練時のより適切な肢位の資料とすることを目的とする。

## **I-2 問題提起**

今日、CTS に対する保存療法の有効性が報告されており、スプリント療法および神経滑走訓練により CTS の症状が改善することが知られている。しかしながら、スプリント療法では手関節掌背屈中間位による固定が推奨されてはいるものの、前腕回内位では症状が増悪する可能性があるなか、前腕の回内外について詳細に検討されていないことと、神経滑走訓練においても神経の横断滑走の重要性が報告されているものの、神経の横断滑走がどの肢位にて最も大きく滑走するかという検証がなされていない。

## **I-3 研究目的と意義**

本研究では、健常人 20 代女性 10 名の利き手側の右上肢を用いて、前腕肢位(中間位, 最大回外位, 最大回内位)の違いによる手根管の大菱形骨・有鉤骨間の level における横断面積の変化を MRI により検討し、スプリント装着の際のより適切な前腕肢位を検討することと、前腕肢位を変化させるとともに手指の他動伸展位からの自動屈曲を実施した際の正中神経の横断方向への可動性を MRI にて評価し、神経滑走訓練時の肢位の検討を行うことである。

## **I-4 研究仮説**

本研究では、前腕回外位が回内位よりも横断面積が増加し(図 2)、手指の他動伸展位と自動屈曲時では手指自動屈曲位で横断面積は増大(図 3)することが推測される。正中神経は手指屈曲時に橈側方向へ滑走すること(図 4)が推測され、前腕回内位での手指の自動屈曲と回外位での手指自動屈曲での正中神経の横断移動量を比較すると回外位で大きく横断移動する(図 5)と推測される。

## **I-5 キーワード**

手根管症候群, 前腕肢位, carpal tunnel, MRI, 正中神経移動量

## **I-6 用語の定義**

### **I-6-a 正中神経移動量**

正中神経の長軸方向の変位に対して、横軸への移動量を正中神経移動量と定義する。

### **I-6-b 正中神経総移動量**

正中神経総移動量とは、正中神経の総移動量は手指伸展位の座標と手指屈曲時の座標間の距離と定義する。

### **I-6-c 長軸**

長軸とは前腕と平行な線と定義する。

### **I-6-d 横断面**

手根管の横断面積を MRI 計測する際の横断面とは、前腕の長軸方向に対して垂直な面と定義する。

### **I-6-e 前腕中間位**

前腕中間位とは、手関節掌背屈中間位、なおかつ前腕回内外中間位と定義する。

### **I-6-f 手関節中間位**

手関節中間位とは掌背屈中間位と定義する。

## **II. 先行研究の文献レビュー**

### **II-1 手根管症候群の疫学**

CTS は正中神経支配領域の知覚障害と運動障害を病態とする正中神経の絞扼神経障害である<sup>1)</sup>。身体の絞扼性神経障害では最も頻度の高い疾患で、罹患率は人口の 3.8%といわれている<sup>2)</sup>。CTS は 50 歳代半ばを中心に 40～60 歳代に認めることが多く、1:2～5 と女性に多い。また利き手での発症が多い<sup>3,4)</sup>。CTS の多くは特発性であるが、基礎疾患を有する二次性手根管症候群も少なくない。また、職業に関連した動作（反復動作、重量物の運搬、振動・機械的刺激など）も発症の原因と考えられており、キーボードの使用頻度の高い職業では発症率が高いとの報告もあるが、そのメカニズムについてはよく分かっていない<sup>5)</sup>。

### **II-2 手根管症候群の診断**

CTS の診断は、病歴、身体所見、検査により総合的に行われるが、問診と理学所見で診断可能なものが比較的多い。病期が初期であれば、手指のしびれ、夜間痛、受話器を持つ、新聞を両手で持って読むなどの動作時にしびれが増強し、特にしびれは母指から環指の橈側半分での訴えが多く、正中神経領域でのしびれを



認める．夜間痛も CTS の特徴的な症状であり，その感度は 96% と非常に高いことが報告されている．これらは循環障害による一過性の神経虚血による症状と考えられる．病期が進行するにつれ手根管内の腫張が軽減し，神経の線維化が進行すると，痛みの訴えは少なくなるが，感覚の低下や消失，さらに母指球委縮による巧緻運動障害が認められる．身体所見としては，正中神経領域の知覚，Phalen テスト，手根管部の Tinel 徴候，母指球の委縮などが認められる．補助診断法としては神経伝導検査が標準的に行われており，短母指外転筋の終末潜時と正中神経の固有知覚領域の知覚伝導速度を測定し，CTS の診断として有用であることが知られている<sup>1,2,3,4,5)</sup>．

### Ⅱ－3 手根管症候群の一般的な治療

CTS の治療は，その病期によって異なるが，一般的にはまず保存的療法，それで症状がとれなければ手術を行う．スプリントなどによる局所安静，ステロイド剤の手根管内注射，NSAID などの保存的療法には，短期的には一定の効果があり，滑膜の腫張の軽減により手管内圧が下がり，正中神経への減圧が得られるといわれている<sup>6)</sup>．保存療法に抵抗する場合には，TCL 切離を行う手術療法が用いられる．手術療法の目的は横手根靱帯を切離して正中神経の除圧を行うことであり，観血的手根管開放術や鏡視下手根管開放術（endoscopic carpal tunnel release 以下 ECTR）が施行される．従来行われている，いわゆる手根管開放術（open carpal tunnel release 以下 OCTR）は手掌から前腕遠位までの皮切をおき，正中神経を TCL より近位で同定して，それを遠位方向に切離していく術式で，すべての CTS に適応がある．一方，皮切が大きいことに対する抵抗感から 1989 年に新たな術式が発表され，ECTR として知られている．ETCR は OCTR よりも日常生活復帰が早いといわれていたが，最近の ECTR と OCTR の手術成績の無作為比較において，疼痛は ECTR の方が少ないが仕事復帰の時期について大きな差がないことが報告されている<sup>9)</sup>．

近年，手術により切離された TCL を再建すべきとの考え方がある．TCL は屈筋腱の bowstringing を抑えるという役割があるため，再建するべきであるとされている．TCL を切離することにより，小指屈筋腱が有鉤骨鉤を乗り越える際に弾発を生じる弾発現象が報告されている．

保存療法との比較研究では，手術療法が保存療法よりも優れていると報告されている<sup>9)</sup>．しかしながら，術後の長期経過を追った報告では，手術症例の 57% が術前同様の症状が再発したとの報告があり，術後に再発する症例や遺残症状を呈する症例がいることも事実である<sup>10)</sup>．

### Ⅱ－4 手根管症候群に対するスプリント療法

CTS の保存療法のひとつにスプリント療法があるが，その有用性は報告されている．スプリントの固定角度は最も手管内圧の低い肢位が良いとされ，Weiss

らによると従来の手関節背屈位よりも中間位が優れているとされる<sup>14)</sup>。また、Burke らの臨床試験では、中間位と背屈位では中間位でのスプリント療法が臨床成績において優れていたと報告されている<sup>35)</sup>。しかしながら、手関節の肢位は中間位から軽度背屈位が適しているとされるが、前腕の回内外については言及されていない。

## II-5 手根管症候群に対する神経滑走訓練

CTS の保存的治療手段としての徒手療法の一つに、正中神経と腱の直接的モビライゼーションがありこれにより手術の必要性を軽減させたことや<sup>11)</sup>、また、握力の増加と患者満足度との関連が指摘されており<sup>12)</sup>、徒手療法の有用性が報告されている。Rozmaryn は CTS 症例に Nerve Gliding exercise を実施した結果、70.2% が Good または Excellent であったと報告<sup>11)</sup>し、さらに Exelby は Mulligan の Lateral Glide を用いた調査も報告している<sup>36)</sup>。徒手療法は CTS を改善させる治療として、手術よりも関心の持たれている治療法である<sup>37)</sup>。

CTS に対する 2 つの徒手療法の効果を調査し比較した先行研究では、神経 Mobilization を実施した群と手根骨 Mobilization を実施した群の治療効果について比較しているが、コントロール群と比較し治療群は有意な改善を示したが、治療群間の比較では差はなく、今日まで徒手療法間における治療効果の差はない<sup>37)</sup>。

## II-6 手根管症候群に対する MRI 評価

CTS の MRI 所見の有用性は Mesgarzadeh を筆頭に数多く報告されている<sup>18-27)</sup>。それらの報告によると、(1) 手根管内での正中神経の肥大、(2) 正中神経の扁平化、(3) T2 強調画像での正中神経の高信号、(4) 横手根靱帯の掌側への張り出し、の 4 つが主要な所見であるといわれている。これらの所見は他の理学、検査所見で CTS と明確に判断できない際にも有効である場合があると報告されている。CTS の MRI 評価における計測方法は、Mesgarzadeh らによって報告されてから今日まで、その計測方法が用いられている<sup>18)</sup>。有鈎骨・大菱形骨間の距離 TH と、横手根靱帯の頂点から TH に下ろした垂線間の距離 PD が計測され、TH と PD から算出する bowing ratio (PD/TH ; 以下 BR) が CTS では健常と比較し高値になると報告しており<sup>18)</sup>、CTS の特徴として横手根靱帯の張り出しを挙げている。また、Tsujii らは CTS 女性患者と健常女性における、有鈎骨・大菱形骨間の距離 TH と、横手根靱帯の頂点から TH に下ろした垂線間の距離 PD から算出する BR が、CTS 患者では 0.175~0.275 であったのに対し、健常人では 0.100 程度であったとし、CTS 患者の BR が健常人と比較し有意に高値であると報告している<sup>38)</sup>。さらに、Mesgarzadeh らは palmar bowing の評価で最も信頼性のある level は大菱形骨・有鈎骨間の level でのスライスであるとも報告している<sup>18,28)</sup>。

CTS の MRI 所見の有用性として手根管の横断面積を計測する方法もまた、報

告されている<sup>29-32)</sup>。それらの報告によると超音波画像と比較し、MRI 画像は横断面積の評価として優れているとされる。また CTS 症例では、横断面積がコントロール群と比較し小さくなるか、または大きくなると報告されているが、遠位手根列における横断面積が  $185\sim193\text{mm}^2$  になるといわれている。横断面積は近位手根列と遠位手根列での計測方法があるが、TCL の特徴として distal band が TCL の緊張を保ち、CTS ではこの level において神経伝導速度の遅延や横断面積の狭小化が認められる<sup>33)</sup>と報告されていることから、遠位手根列における横断面積が重要視されている。

## II-7 正中神経の横断滑走について

Erel らは、健常群と CTS 群の神経滑走訓練時の正中神経の遠位方向への滑走距離を比較し、両群間には正中神経の遠位方向への滑走距離には差がないことを明らかにした。また、CTS 群では正中神経の横断方向への可動性の低下が有意に起こると報告し、CTS 群では正中神経の横断方向の可動性の改善が重要である<sup>39)</sup>と述べている。

## II-8 手根管横断面積の変化について

先行研究において、手関節中間位、手関節掌屈位、手関節背屈位での MRI による横断面積の比較では、手関節背屈位で最も大きくなることが知られている。手関節背屈位では横手根靱帯が緊張し、大菱形骨および有鉤骨が背側方向へ可動するため面積が増大すると報告されている<sup>40)</sup>。また、手指自動屈曲の際には横断面積が増大するとともに、正中神経の扁平化を観察したと報告されており、手指自動屈曲の際に虫様筋が手根管内に侵入し横手根靱帯を持ち上げ、結果的に横断面積を増大させたと報告している<sup>40)</sup>。

## II-9 前腕回内外が手根管内圧や横断面積に与える影響

先行研究において、前腕回内外が手根管内圧に影響を与えるという報告がされている。前腕回内位  $45^\circ$  にて最も手根管内圧が上昇すると報告されており、前腕の肢位により手根管内圧に影響を与えることが知られている。その理由として、前腕回内により手根管横断面積が減少し、手根管内圧が増大するのではないかと考えられている。前腕回内による手根管横断面積の変化の理由としては、前腕回内の際に橈骨手根関節掌側の掌側橈骨手根靱帯が緊張し、掌側橈骨手根靱帯の停止部である舟状骨、有頭骨、月状骨、三角骨、豆状骨、またこれらの停止部の骨を介して、大菱形骨、有鉤骨に靱帯の緊張が伝わり、手根骨を掌側方向へ可動させ、その結果横手根靱帯が弛緩し横断面積を減少させると考えられている<sup>15)</sup>。しかしながら、前腕回内が手根管内圧の上昇に影響を与えることは明らかにされているが、前腕回内による手根管横断面積の減少に関しては推測の段階であり、更なる

検証を必要とする。

### **Ⅲ．研究方法**

#### **Ⅲ－１ 研究デザイン**

介入研究デザインである．手関節中間位で前腕肢位（中間位，他動最大回外位，他動最大回内位）による手根管の横断面積の変化を MRI により検討し，スプリント装着の際のより適切な前腕肢位を検討する比較研究である．

また，前腕肢位を変化させるとともに手指の他動伸展位と，他動伸展位からの自動屈曲を実施した際の正中神経の横断方向への可動性を MRI にて評価し，神経滑走訓練時の肢位の検討を実施する．

#### **Ⅲ－２ 研究対象と選定基準**

##### **Ⅲ－２－a 対象**

健常成人 10 名で実施した．対象者は 20 代の女性を採用した．平均年齢は 22.7 歳（21－27）で，計測は利き手の右上肢で実施した．

##### **Ⅲ－２－b 取り込み基準**

取り込み基準は，①整形外科医により頸椎，肩関節，肘関節，手関節など上肢運動器に機能障害が無いことが確認された対象者であること．②頸椎，肩関節，肘関節および手関節に運動障害となる既往歴が無いこと．③合併症として糖尿病、腎臓不全など内科疾患の既往がないこと，とした．

##### **Ⅲ－２－c 除外基準**

上記の取り込み基準の①～③を一項目でも満たせなかった者を除外とした．

#### **Ⅲ－３ データ収集と手順**

##### **Ⅲ－３－a 実験装置**

手根管の MRI 撮像は 0.2T オープン型 MRI（AIRISmate, HITACHI Inc., Sapporo, Japan）を使用し実施した（図 6）．MRI は医療法人社団篠路整形外科の施設長の承諾のもと，使用する．被験者は実験台に背臥位になり，右上肢外転 10°，肘関節伸展<sup>41)</sup>し，MRI 信号を受信するためのコイル（長軸 180mm，単軸 150mm）を装着した．コイルの位置は手根管直上の位置に設定した（図 7）．また，被験者が動くことによるアーチファクトの影響を考慮し，実験台に装備されているベルトにて上肢，体幹を固定した．撮像上条件に合わせて回内・回外・中間位および手指の他動伸展位・他動伸展位からの自動屈曲を実施した．

### Ⅲ-3-b 前腕肢位と他動伸展位からの手指自動屈曲

前腕肢位（中間位・最大回外位・最大回内位）と手指の他動伸展位、手指他動伸展位からの自動屈曲の組み合わせはランダムに実施し、全 6 施行とした（図 8）。最大回内位と最大回外位は各々  $90^\circ$  にて撮像するが、撮像前に全対象者の関節可動域を測定し、関節可動域制限がないことを確認した。また、前腕肢位と手指他動伸展位（以下 non-grip）および手指他動伸展位からの自動屈曲（以下 grip）の組み合わせおよび施行順はランダムとした。

### Ⅲ-3-c MRI 画像撮像方法

MRI の撮像装置は 0.2T オープン型 MRI（AIRISmate, HITACHI Inc., Sapporo, Japan）を使用した。MRI 計測は、T1 強調の axial 画像を撮像した。GE 法, FOV 130mm, TR 400ms, TE 25, Thickness 4.0mm, Interval 4.5mm, Scan time 5:07 のプロトコールを用いて計測した。

使用した MRI 装置による生体内骨組織の距離計測精度は 0.31mm RMS であった。

### Ⅲ-3-d 手根管横断面積と正中神経移動量の計測方法

横断面積（CSA）は横手根靭帯内縁と手根骨内縁に沿って計測した。正中神経の移動量の計測は尺骨動脈を基準に移動量を計測したが、中間位（non-grip）の尺骨動脈の中心座標（ $x_1, y_1$ ）を計測し、中間位（non-grip）の正中神経の中心座標（ $x_2, y_2$ ）を計測した。（ $x_1, y_1$ ）と（ $x_2, y_2$ ）より距離  $D_1$  を算出し、移動後（他の肢位）における正中神経の中心座標（ $x_3 \sim x_7, y_3 \sim y_7$ ）を計測し、各々  $D_2 \sim D_6$  を算出。 $D_1$  と  $D_2 \sim D_6$  から正中神経の移動量（ $M_1 \sim M_5$ ）を算出した。さらに、正中神経の総移動量は手指伸展位の座標と手指屈曲時の座標間の距離  $T$  を算出した。（図 9）。

画像の解析には、0.2T オープン型 MRI と連結するコンピュータに内蔵された画像解析ソフト（日立 MR イメージング装置、クリニカル スタディ ライブラリ、V4.5U）を用いて解析した。

## Ⅲ-4 信頼性と妥当性

### Ⅲ-4-a 信頼性検討

先行研究において、本実験で用いる MRI 画像の計測に際して、計測データの検者内信頼性を検討するために、実験の内容を知らない者 1 名（第 1 画像解析者）が被験者 12 名の MRI 画像を 2 度計測した結果、その計測データの検者内信頼性は 0.96 であった<sup>16)</sup>。また、計測データの検者間信頼性を検討するためには、実験

の内容を知らない画像解析者 2 名(第 1 画像解析者および第 2 画像解析者)が、同じ画像を用いて 1 度計測した結果、検者間信頼性は 0.95 であった。これらの結果より、本実験では実験の内容を知らない者 1 名が画像を計測し、その計測データを用いて検証した。

### Ⅲ-5 データ解析および統計学的手法

横断面積の計測データは、前腕中間位にて撮像し得た計測値を 100%と定義し、回外位、回内位の計測値は、手技前の計測値の 100%を基準に変化率を算出した。正規化したデータをもとに統計解析を実施した。

正中神経の移動量のデータは前腕中間位+non-grip を基準とし(0mm)、前腕中間位+non-grip で得られた正中神経の位置より、橈側方向への移動をプラス値で、尺側方向への移動をマイナス値で表記し、前腕肢位における手指の屈曲伸展の総移動量を算出し、比較検討した。

統計解析は SPSS version 11.5 (SPSS Inc., Tokyo, Japan)を用い、反復測定 two-way ANOVA を使用し、有意水準を 0.05 として実施した。

## Ⅳ. 倫理的配慮

本研究ではデータの採取に人体に非侵襲的である MRI を用いる。ただし、妊娠している可能性のある場合や体内に金属がある場合は本実験の対象としないこととした。

また、MRI 撮影では撮影音が大きいため、被験者の負担を最大限軽減できるよう、耳栓を用意し供給した。

個人情報・同意書は厳重に保管した。得られたデータには個人名が特定できないようにし、本研究のデータは研究目的以外では使用しないこととした。本研究における一連の検査は全て無料で行われ、被験者は一切の金銭的な損失を被らないこととした。

被験者には口頭と紙面の両者により、本研究の概要・考えられる危険性・プライバシー保護に関して十分説明を行った。被験者の同意を得られた場合に限り、同意書にサインを得てデータを採取した。更に、如何なる理由であっても、被験者には自由に本研究を棄権・中止出来ることを保証した。また、その際一切の社会的損失を受けないよう十分配慮した。

## Ⅴ. 倫理委員会による研究の承認

本研究は、札幌医科大学倫理委員会による承認を得て研究を実施した。承認番号は 25-2-6 であった。

## VI. 結果

### VI-1 手根管横断面積の比較

手関節中間位で前腕肢位（中間位，他動最大回外位，他動最大回内位）と手指の屈曲伸展を組み合わせたことによる手根管の横断面積の変化を MRI により検討した結果（図 10），各々の CSA の平均値は，中間位+non-grip は  $186.0 \pm 6.7 \text{ mm}^2$ ，中間位+grip は  $189.2 \pm 5.9 \text{ mm}^2$ ，回内位+non-grip は  $186.4 \pm 5.8 \text{ mm}^2$ ，回内位+grip は  $189.6 \pm 6.0 \text{ mm}^2$ ，回外位+non-grip は  $185.9 \pm 6.3 \text{ mm}^2$ ，回外位+grip は  $190.8 \pm 6.9 \text{ mm}^2$  であった（表 1）. CSA の変化率は，中間位+non-grip の結果を 100% とすると，中間位+grip は  $101.7 \pm 1.1\%$ ，回内位+non-grip は  $100.2 \pm 1.2\%$ ，回内位+grip は  $101.9 \pm 1.2\%$ ，回外位+non-grip は  $100.1 \pm 0.3\%$ ，回外位+grip は  $102.5 \pm 1.4\%$  であり，中間位+non-grip，回内位+non-grip，回外位+non-grip と比較し回外位+grip 時の CSA が統計学的に有意に増大した ( $p < 0.05$ )（図 11）.

### VI-2 正中神経移動量の比較

手関節中間位で前腕肢位（中間位，他動最大回外位，他動最大回内位）と手指の屈曲伸展を組み合わせたことによる正中神経の移動量の比較は，中間位+non-grip を基準とすると，中間位+grip は橈側方向に  $11.0 \pm 0.8 \text{ mm}$ ，回内位+non-grip は橈側方向に  $1.3 \pm 0.1 \text{ mm}$ ，回内位+grip は橈側方向に  $12.3 \pm 0.2 \text{ mm}$ ，回外位+non-grip は尺側方向に  $5.6 \pm 0.1 \text{ mm}$ ，回外位+grip は橈側方向に  $10.7 \pm 0.7 \text{ mm}$  であり（図 12），手指の屈曲伸展時の総移動量は，中間位+手指屈曲伸展は  $11.0 \pm 0.8 \text{ mm}$ ，回内位+手指屈曲伸展は  $12.3 \pm 0.2 \text{ mm}$ ，回外位+手指屈曲伸展は  $14.4 \pm 0.6 \text{ mm}$  であり，中間位+手指屈曲伸展および回内位+手指屈曲伸展と比較し回外位+手指屈曲伸展の総移動量が統計学的に有意に大きかった ( $p < 0.05$ )（図 13）.

## VII. 考察

本研究では CTS の評価方法として知られる MRI を用い，前腕肢位の変化と手指の屈曲伸展による手根管横断面積と正中神経の移動量への影響を検討した. 先行研究により CTS に対する保存療法の有効性が報告されており，スプリント療法および神経滑走訓練により CTS の症状が改善することが知られている. しかしながら，スプリント療法では手関節掌背屈中間位による固定が推奨されてはいるものの，臨床においては前腕回内位では症状が増悪する可能性があるなか，前腕の回内外について詳細に検討されていないことと，神経滑走訓練においても神経の横断滑走の重要性が報告されているが，神経の横断滑走がどの肢位にて最も大きく滑走するかという検証がなされていない.

これらのことから，本研究では前腕の回内外の肢位が遠位手根列の横断面積に影響すること，前腕肢位と手指屈曲伸展の組み合わせた正中神経の移動量に違い

があると仮説し、手関節中間位で前腕肢位（中間位，他動最大回外位，他動最大回内位）による手根管の横断面積の変化と，前腕肢位を変化させるとともに手指の他動伸展位と，他動伸展位からの自動屈曲を実施した際の正中神経の横断方向への可動性を MRI にて評価し，神経滑走訓練時の肢位を検討した．

### Ⅶ-1 手根管横断面積への影響

Grip 群は non-grip 群と比較し CSA が大きくなる傾向を認めた．Grip 群の CSA が増大する構造的要因として，grip した近位手根列は橈側に移動するのと同時に背側回転する．その際に豆状骨と関節面を作っている三角骨は有鉤骨の尺側関節面を遠位方向に移動する<sup>43)</sup>といわれている．その結果，横手根靱帯が付着する舟状骨結節と豆状骨間の距離が増大することで手根管横断面積が増大する可能性が考えられる．一方，力学的要因として，先行研究では手指自動屈曲の際に虫様筋が手根管内に侵入し横手根靱帯を持ち上げ，結果的に横断面積を増大させたと報告している<sup>40)</sup>．また，虫様筋は深指屈筋に付着しており，自動的な指屈曲時に深指屈筋によって近位に引き込まれると Leijnse らは報告しており<sup>42)</sup>，本研究においても grip 群は手指他動伸展位から自動屈曲を実施した際の CSA を計測しており，先行研究同様に虫様筋が手根管内に侵入し横手根靱帯を持ち上げた結果，CSA を増大させた可能性が考えられる．

さらに，回外位 + grip 時の CSA が中間位 + non-grip，回内位 + non-grip，回外位 + non-grip と比較し CSA が統計学的に有意に増大した ( $p < 0.05$ ) が，構造的要因として，前腕回外の際に橈骨手根関節掌側の掌側橈骨手根靱帯が弛緩し，掌側橈骨手根靱帯の停止部である舟状骨，有頭骨，月状骨，三角骨，豆状骨，またこれらの停止部の骨を介して，大菱形骨，有鉤骨に靱帯の緩みが伝わり，手根骨を背側方向へ可動させ，その結果横手根靱帯が緊張し横断面積を増大させると考えられる．また力学的要因として，手指屈曲運動の際に深指屈筋や浅指屈筋が近位に滑走し横手根靱帯を持ち上げることで横手根靱帯が伸張し，その結果 CSA が増大したと考えられる．本研究結果より，前腕肢位と手指運動のダイナミックな synergistic 作用により前腕回外位で，特に grip 時において CSA が増大したと推測される．

一方，non-grip 群の CSA は前腕肢位の変化による影響を受けなかった (図 11)．先行研究において，前腕回内位は前腕回外位よりも横断面積が減少すると報告されている．その構造的な理由としては，前腕回内の際に橈骨手根関節掌側の掌側橈骨手根靱帯が緊張し，掌側橈骨手根靱帯の停止部である舟状骨，有頭骨，月状骨，三角骨，豆状骨，またこれらの停止部の骨を介して，大菱形骨，有鉤骨に靱帯の緊張が伝わり，手根骨を掌側方向へ可動させ，その結果横手根靱帯が弛緩し横断面積を減少させると考えられている<sup>15)</sup>．しかしながら本研究においては前腕の肢位に関わらず CSA は変化しなかった．Grip 時には前腕肢位と手指運動のダイナミックな synergistic 作用が，non-grip 時には働かず，CSA に影響を与える因子が少なかった可能性が考えられる．



## Ⅶ-2 正中神経の移動量への影響

南野らは正中神経が手指屈曲運動による腱滑動に伴い、手根管内で側方に移動し、橈側方向に 10mm 前後横断滑走することを報告している<sup>13)</sup>。また、Grip を作る際に手関節の尺屈が加わると、近位手根列は橈側に移動することが知られている<sup>43)</sup>。手指屈曲運動に伴い手関節尺屈が生じると近位手根列が橈側に移動し、手根管内における手指屈筋群の通過部位が尺側に引き寄せられた可能性が考えられる。さらに前腕回外位にすることで、前腕と肘関節尺側から起始している手指屈筋腱群の緊張が増大し、grip を作る際に手指屈筋腱群の緊張がさらに高まると手根管内における通過部位が尺側に引き寄せられる傾向が強くなると考える。Grip 時に手根管内を通過する手指屈筋腱群が尺側に引き寄せられることで、手根管の橈側には free space が形成され、正中神経はこの space に押し出されることになり、橈側方向に移動することが考えられる。先行研究においても、手指屈曲により浅指屈筋および深指屈筋が掌尺側に移動し、正中神経は橈側にできた free space に押しやられた結果、橈側方向へ横断滑走すると報告されており<sup>13)</sup>、本研究結果においても同様の結果が得られており、先行研究の結果を支持する。

本研究結果において、各前腕肢位における手指屈曲伸展の正中神経の総移動量を算出した。この結果、回外位での手指屈曲伸展において正中神経の総移動量が大きくなることが認められた。これは回外位における手指他動伸展位では正中神経が中間位や回内位と比較し、尺側方向に移動することが認められたためである。前腕回外位における手指屈筋群は、回内位や中間位と比較し筋が伸張されるために緊張が高まり、それに伴い尺側方向へ引かれた可能性が考えられる。

## Ⅶ-3 臨床的意義

CTS に対する保存療法であるスプリント療法では、手関節を固定することにより安静に保ち、滑膜の腫脹の軽減による手根管内圧の軽減を目的に実施される。固定の際の手関節の肢位は中間位から軽度背屈位が適しているとされ、これらの肢位は手根管内圧の低い肢位として推奨されている<sup>14)</sup>。また前腕回内外における手根管内圧についても検証されており、前腕回内位 45° で最も手根管内圧が高く、前腕回外位でのスプリント固定が推奨されている<sup>15)</sup>。これらの手根管内圧と CSA に着目し、手根管の CSA を MRI にて計測し、CSA の増大と手根管内圧の減少に関連があると報告されている<sup>16)</sup>。臨床試験ではハンドル操作やキーボードタイピングといった前腕回内位での手の使用により症状の増悪が起りやすいとも報告<sup>17)</sup>があり、本研究では前腕回内位の CSA が減少すると仮説を立てた。

結果から、前腕回外位で特に他動伸展位からの手指屈曲が組み合わさった場合に CSA の増大が認められた。また安静時の肢位（手指他動伸展位）においては中間位、前腕回内位、前腕回外位に CSA の差を認めなかった。

これらのことより、安静時におけるスプリント固定肢位は先行研究で報告されている前腕回外位を強く推奨するものではないと考える。しかしながら、ハンドル操作やキーボードタイピングといった前腕回内位での手の使用により症状の増

悪が起こりやすいことなどを考慮すると、前腕回外位での固定が有利に働く可能性が考えられる。

日常生活動作との関連を考慮すると、日常生活動作では前腕回内外は各々45°程度の範囲で使用する人が多いと言われている。また、日常生活動作では回外位よりも回内位での使用頻度が高く、また先行研究では前腕回内位45°で最も手根管断面積が狭くなり、そのため手根管内圧が高くなると考えられているため、前腕回外位でのスプリント固定が推奨されている<sup>44)</sup>ことから、可能な限り回外位での固定が良いと考える。また、本研究では回内外90°での横断面積を計測しているが、日常生活を考慮した場合、前腕回外45°での固定が良い可能性が考えられる。

スプリント固定の際、CSAが大きい方が正中神経への除圧にとって有利に働くと考えられるが、本研究結果で得られたCSAの増大は、手指自動屈曲運動時に生じる虫様筋の手根管内への侵入による手根管内容量の増大に伴ったものであると考えられる。このことはCTSでは手根管内容量の増大が正中神経への圧迫を増加し、さらに症状の悪化や病態の進行を助長することが考えられるため、CSAは増大したが固定肢位として推奨出来る結果とは言えないと考える。

CTS症例に対する自主訓練のひとつに腱滑走訓練があるが、手指屈曲伸展運動に伴い遠位手根列のCSAが変化することは、手根管に対してポンプ作用が働くことが考えられ、手根管内の浮腫の軽減に繋がる可能性が考えられる。

本研究では、正中神経の移動量を計測した。CTSの病態として、手根管内の正中神経と屈筋腱周囲のsubsynovial connective tissueの非炎症性線維化、肥厚が知られており、これらにより手根管内の容積が増加、手根管内圧が上昇し、正中神経が圧迫を受け、CTSが生じると考えられている<sup>13)</sup>。またEttemaらは正中神経の移動は健常者では屈筋腱の移動に対応して自由に移動できるが、CTSでは正中神経はsubsynovial connective tissueの線維化により神経の可動性が抑制され、神経はより圧迫を受け、機械的ストレスが生じやすいと報告されている<sup>45)</sup>。本研究結果より手指屈曲運動に伴い正中神経は橈側方向に移動することが認められた。Erelらは、CTSでは橈側方向への正中神経の横断滑走距離が健常群と比較し減少することが知られており<sup>39)</sup>、本研究結果では回内位での手指屈曲運動時の正中神経の橈側方向への移動量が最も大きく、この肢位での手指屈曲伸展運動が正中神経の移動量の改善に役立つ可能性が考えられる。また、手指屈曲伸展に伴う正中神経の総移動量は、本研究結果より回外位での手指屈曲伸展が有意に大きいことから、橈側方向だけではなく、正中神経の可動性を高めるという目的では、回外位での手指屈曲伸展運動が望ましいと考える。

#### Ⅶ-4 研究限界と今後の課題

今後の課題として、本研究では対象者の年齢を20歳代とした為、全年齢層の手根管横断面積や神経の横断滑走としてデータを用いることはできないが、参考データとなると考える。

本研究では MRI にて正中神経の移動量の評価を実施した。超音波画像評価と比較し、リアルタイムの動態を評価することが困難なため、他動伸展位からの手指屈曲時の評価においては、正中神経や屈筋腱のリアルタイムの動態を反映していない可能性が考えられる。しかし、超音波画像を用いた研究と比較し、本研究で得られたデータは先行研究のデータと近似しているため、超音波画像評価に近似したデータを示すことが出来ていると考える。また、他動伸展位からの手指屈曲運動に伴う手指屈曲力を本研究では規定できていない。MRI 撮像の際に撮像室の中に金属を持ち込めないため、本研究で実施した他動伸展位からの手指屈曲の際には、被験者には手指が最終域まで屈曲できる最小の力で実施するよう指示した。Tubiana は手指屈曲の際に最終可動域まで屈曲させるための最小の力は少なくとも 1000g 必要であると述べている<sup>46)</sup>。このことから、本研究における手指他動伸展位からの手指屈曲では少なくとも 1000g の力が働いていたと考える。

さらに本研究では、健康な成人女性を対象とした検討である為、実際に手根管症候群を呈している有症状者での計測を検討する必要があると考える。そして本研究では手根管の CSA や正中神経の移動量に着目したが、今後は前腕肢位の変化に伴う正中神経への圧迫力や神経内血流量の変化についても検討していくことで、本研究で計測した CSA や正中神経の移動量が保存的治療に有効であることが示されると考える。

## VIII. 引用文献

- 1) Nakasato YR. Carpal tunnel syndrome in the elderly. J Okla State Med Assoc 96: 113-115, 2003
- 2) Atroshi I, Gummesson C, Johnsson R, et al. Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population. JAMA 282: 153-158, 1999
- 3) Szabo RM. Entrapment and compression neuropathy. In: Green, D. P., Hotchkiss, R. N., Pederson, W. C. eds. Green's Operative Hand Surgery. 4th ed. New York, Churchill Livingstone, 1993, pp470-473
- 4) Geoghegan JM, Clark DI, Bainbridge LC, et al. Risk factors in carpal tunnel syndrome. J Hand Surg 29B: 315-320, 2004
- 5) Hamann C, Werner RA, Franzblau A, et al. Prevalence of carpal tunnel syndrome and median mononeuropathy among dentists. J Am Dent Assoc 132:163-70, 2001
- 6) Sevim S, Dogu O, Camdeviren H, et al. Long-term effectiveness of steroid injections and splinting in mild and moderate carpal tunnel syndrome. Neurol Sci 25:48-52, 2004
- 7) Bennett JB. Carpal arch alteration after carpal tunnel release. J Hand Surg 11A:372-4, 1986
- 8) Richman JA. Carpal tunnel syndrome: morphologic changes after release of the transverse carpal ligament. J Hand Surg 14A:852-7, 1989

- 9) Gerritsen AA. Splinting vs surgery in the treatment of carpal tunnel syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA* 288 :1245-51, 2002
- 10) Nancollas MP, Peimer CA, Wheeler DR, et al. Long-term results of carpal tunnel release. *J Hand Surg* 20B: 470-474, 1995
- 11) Rozmaryn LM, Dovel S, Rothman ER, et al. Nerve and tendon gliding exercises and the conservative management of carpal tunnel syndrome. *J Hand Ther* 11:171-9, 1998
- 12) Akalin E, El O, Peker O, et al. Treatment of carpal tunnel syndrome with nerve and tendon gliding exercises. *Am J Phys Med Rehabil* 81:108-13, 2002
- 13) 南野光彦, 伊藤博元, 青木孝文, ほか. 手関節肢位変化による正中神経の手根管における移動について - 健常者における超音波短軸像による検討 - . *運動・物理療法* 22 (4) : 426 - 430, 2011
- 14) Wiess ND, Gordon L, Bloom T, et al. Position of the wrist associated with the lowest carpal tunnel-pressure: implications for splint design. *J Bone Joint Surg* 77A: 1695-1699, 1995
- 15) Luchetti R, Schoenhuber R, Alfarano M, et al. Serial overnight recordings of intracarpal canal pressure in carpal tunnel syndrome patients with and without splinting. *J Hand Surg* 19B: 35-37, 1994
- 16) 金子翔拓, 坪田貞子, 青木光広. horizontal extension technique による手根管の形態変化:MRI 画像を用いた計測. *運動・物理療法* 21(4) :343-348, 2010
- 17) Silverstein BA, Fine LJ, Armstrong TJ. Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *Am J Ind Med* 11: 345-348, 1987
- 18) Mesgarzadeh M, Schneck CD, Bonakdarpour A. Carpal tunnel: MR imaging. Part I. Normal anatomy. *Radiology* 171:743-8, 1989
- 19) Mesgarzadeh M, Schneck CD, Bonakdarpour A. Carpal tunnel: MR imaging. Part II. Carpal tunnel syndrome. *Radiology* 171:749-54, 1989
- 20) Filler AG, Howe FA, Hayes CE, et al. Application of magnetic resonance neurography in the evaluation of patients with peripheral nerve pathology. *J Neurosurg* 85:299-309, 1996
- 21) Kleindienst A, Hamm B, Hildebrandt G, et al. Diagnosis and staging of carpal tunnel syndrome: comparison of magnetic resonance imaging and intra-operative findings. *Acta Neurochir* 138: 228, 1996
- 22) Murphy RX Jr, Chernofsky MA, Osborne MA, et al. Magnetic resonance imaging in the evaluation of persistent carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am* 18A:113-20, 1993
- 23) Oneson SR, Scales LM, Erickson SJ, et al. MR imaging of the painful wrist. *Radiographics* 16:997-1008, 1996
- 24) Timins ME, O'Connell SE, Erickson SJ, et al. MR imaging of the wrist:

- normal findings that may simulate disease. *Radiographics* 16:987, 1996
- 25) Pasternak II, Malmivaara A, Tervahartiala P, et al. Magnetic resonance imaging findings in respect to carpal tunnel syndrome. *Scand J Work Environ Health* 29: 189-196, 2003
  - 26) Jarvik JG, Yuen E, Kliot M. Diagnosis of carpal tunnel syndrome: electrodiagnostic and MR imaging evaluation. *Neuroimaging clin N Am* 14: 93-102, 2004
  - 27) Yao G, Gai N. Median nerve cross-sectional area and MRI diffusion characteristics: normative values at the carpal tunnel. *Skeletal Radiol* 38: 355-361, 2009
  - 28) Anderson MW, Kaplan PA, Dussault RG, et al. Magnetic resonance imaging of the wrist. *Curr Probl Diagn Radiol* 27:187-229, 1998
  - 29) Dekel S, Papaioannou T, Rushworth G, et al. Idiopathic carpal tunnel syndrome caused by carpal stenosis. *Br Med J* 280:1297-9, 1980
  - 30) Cobb TK, Bond JR, Cooney WP, et al. Assessment of the ratio of carpal contents to carpal tunnel volume in patients with carpal tunnel syndrome: a preliminary report. *J Hand Surg* 22A:635-9, 1997
  - 31) Jarvik JG, Yuen E, Kliot M. MR nerve imaging in a prospective cohort of patients with suspected carpal tunnel syndrome. *Neurology* 58:1597-602, 2002
  - 32) Monagle K, Dai G, Chu A, et al. Quantitative MR imaging of carpal tunnel syndrome. *AJR Am J Roentgenol* 172: 1581-6, 1999
  - 33) Rosenbaum RB. Anatomy of the median nerve. In: Rosenbaum RB and Ochoa JL, editors. *Carpal Tunnel Syndrome and Other Disorders of the Median Nerve*. Boston: Butterworth-Heinemann; 1993, pp1-27
  - 34) 金子翔拓, 池本吉一, 青木光広, ほか. 手根管症候群症例に対する horizontal extension technique の効果. *運動・物理療法* 22(4): 431-435, 2011
  - 35) Burke DT, Burke MM, Stewart GW, et al. Splinting for carpal tunnel syndrome; In search of the optimal angle. *Arch Phys Med Rehabil* 75: 1241-1244, 1994
  - 36) Exelby L. Mobilisation with Movement, A Personal View. *Physiotherapy* 81: 724-729, 1995
  - 37) Tal-Akabi A, Rushton A. An investigation to compare the effectiveness of carpal bone mobilisation and neurodynamic mobilisation as methods of treatment for carpal tunnel syndrome. *Man Ther* 214-222, 2000
  - 38) Tsujii M, Hirata H, Morita A, et al. Palmar bowing of the flexor retinaculum on wrist MRI correlates with subjective reports of pain in carpal tunnel syndrome. *J Magn Reson Imaging* 29:1102-1105, 2009
  - 39) Erel E, Dilley A, Greening J, et al. Longitudinal sliding of the median

- nerve in patients with carpal tunnel syndrome. J Hand Surg 28B: 439-443, 2003
- 40) Bower JA, Stanisiz GJ, Keir PJ. An MRI evaluation of carpal tunnel dimensions in healthy wrists: Implications for carpal tunnel syndrome. Clin Biomech 21: 816-825, 2006
  - 41) Berquist TH. MRI of the Musculoskeletal System. 5th ed. LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKINS, 2005
  - 42) Leijnse JN, Kalker JJ. A two-dimensional kinematic model of the lumbrical in the human finger. J Biomech 28 : 237-249, 1995
  - 43) Kapandji AI. The Physiology of the Joints. Vol.1 The Upper Limb. 6th ed. CHURCHILL LIVINGSTONE, 2007
  - 44) Morrey BF, Askew LJ, An KN, et al. A biomechanical study of normal functional elbow motion. J Bone Joint Surg 63A: 872-876, 1981
  - 45) Ettema, Zhao C, Amadio PC, et al. Gliding characteristics of flexor tendon and tenosynovium in carpal tunnel syndrome. Clin Anat 20: 292-299, 2007
  - 46) Tubiana R, Valentin P. The physiology of the extension of the fingers. Surg Clin N Amer 44: 907-918, 1964

## 図表

図1a

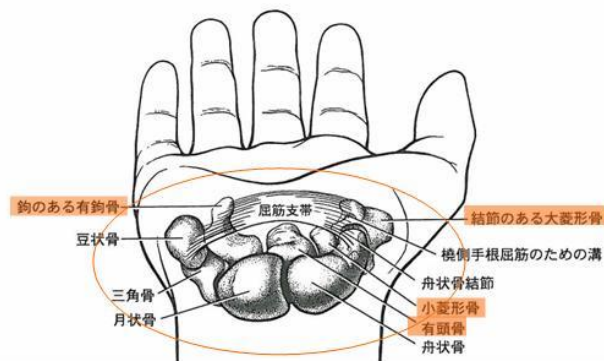


図1b

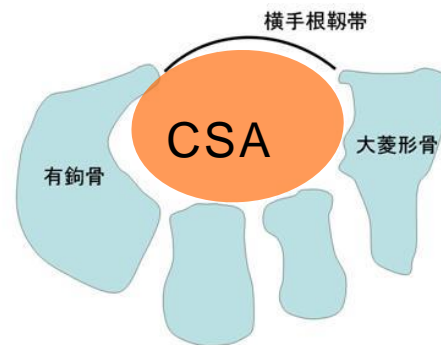


図1a. 手根骨の解剖図

図1b. 大菱形骨・有鉤骨レベルにおける手根管断面像.

CSAは遠位手根列レベルの骨のラインと横手根靱帯に沿った手根管内を計測.

図 1 (a, b)

図 1a. 手根骨の解剖図

図 1b. 大菱形骨・有鉤骨レベルにおける手根管断面像

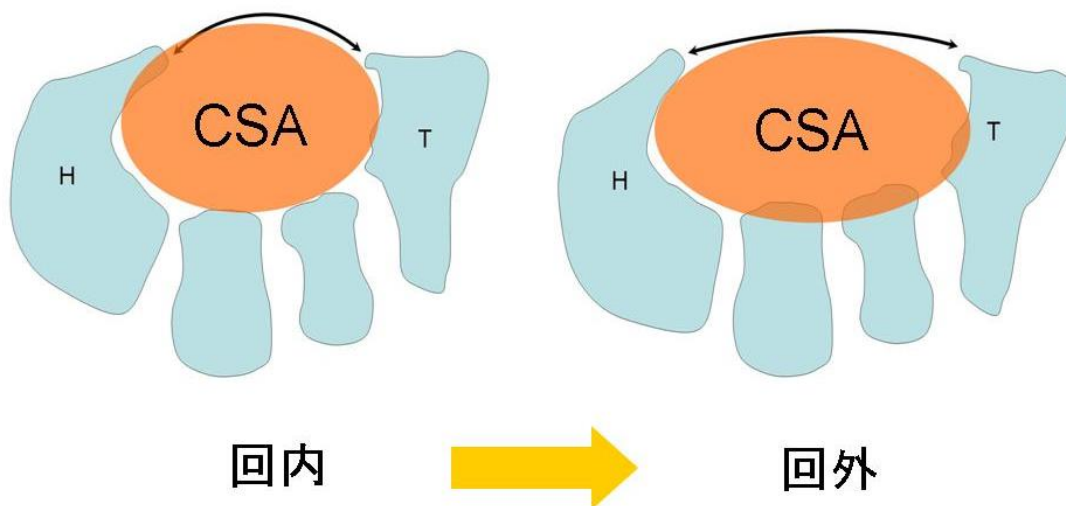
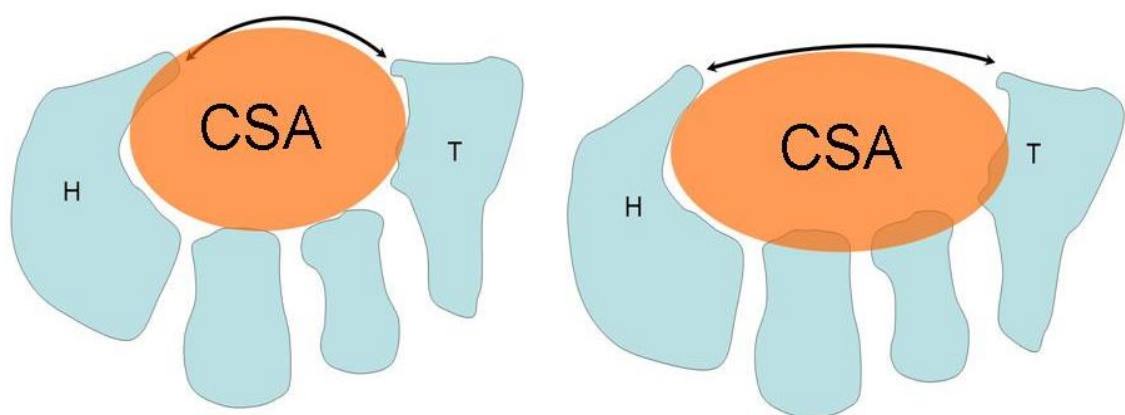


図2. 研究仮説①. 前腕回内位よりも回外位にてCSAの増大が推測.

図 2. 研究仮説①



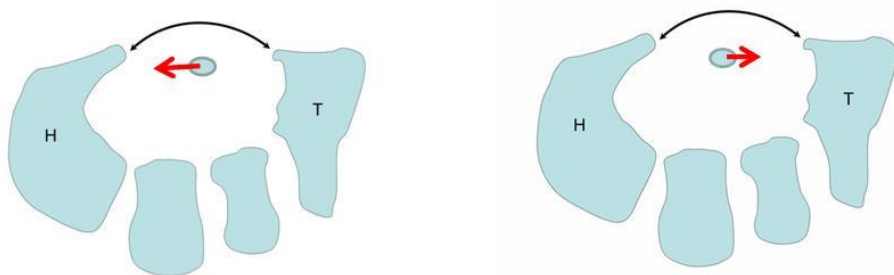
手指他動伸展位



手指自動屈曲

図3. 研究仮説②. 手指他動伸展位および他動伸展位からの自動屈曲では, 屈曲時のCSAの増大が推測.

図 3. 研究仮説②



手指他動伸展位



手指自動屈曲位

図4. 研究仮説③. 手指自動屈曲で橈側へ移動することが推測.

図 4. 研究仮説③



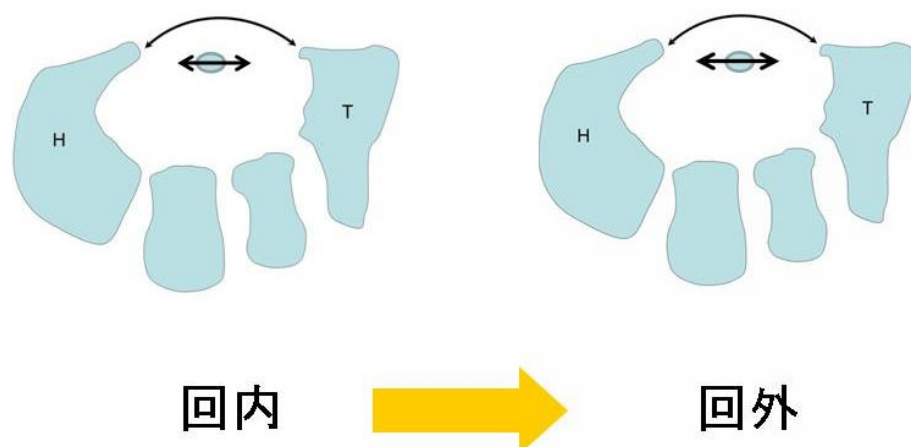


図5. 研究仮説④. 前腕回内での手指屈曲伸展よりも、回外位での手指屈曲伸展時の正中神経の横断距離の増加が推測.

図 5. 研究仮説④



図 6. 実験装置

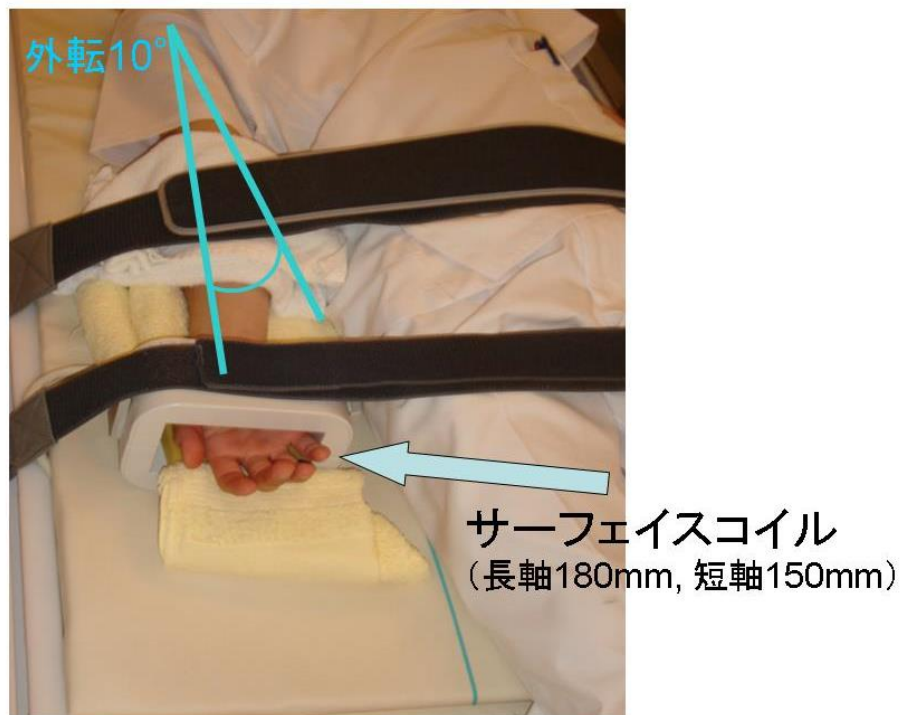


図 7. 測定肢位

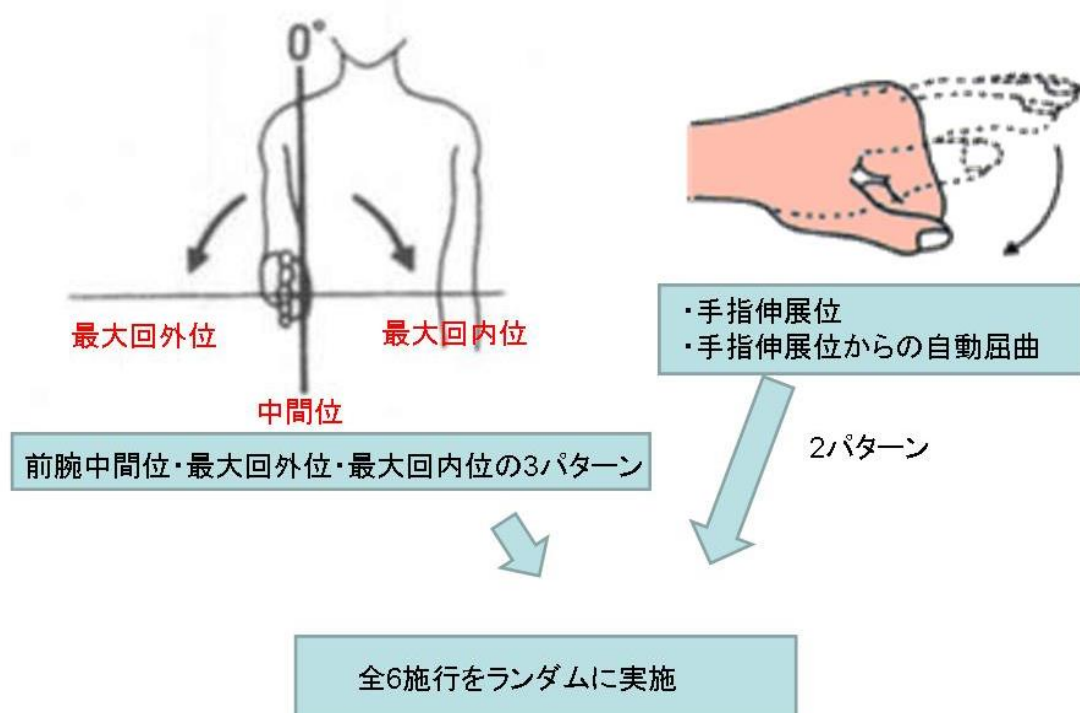


図 8. 計測時の前腕肢位と手指運動の組み合わせ

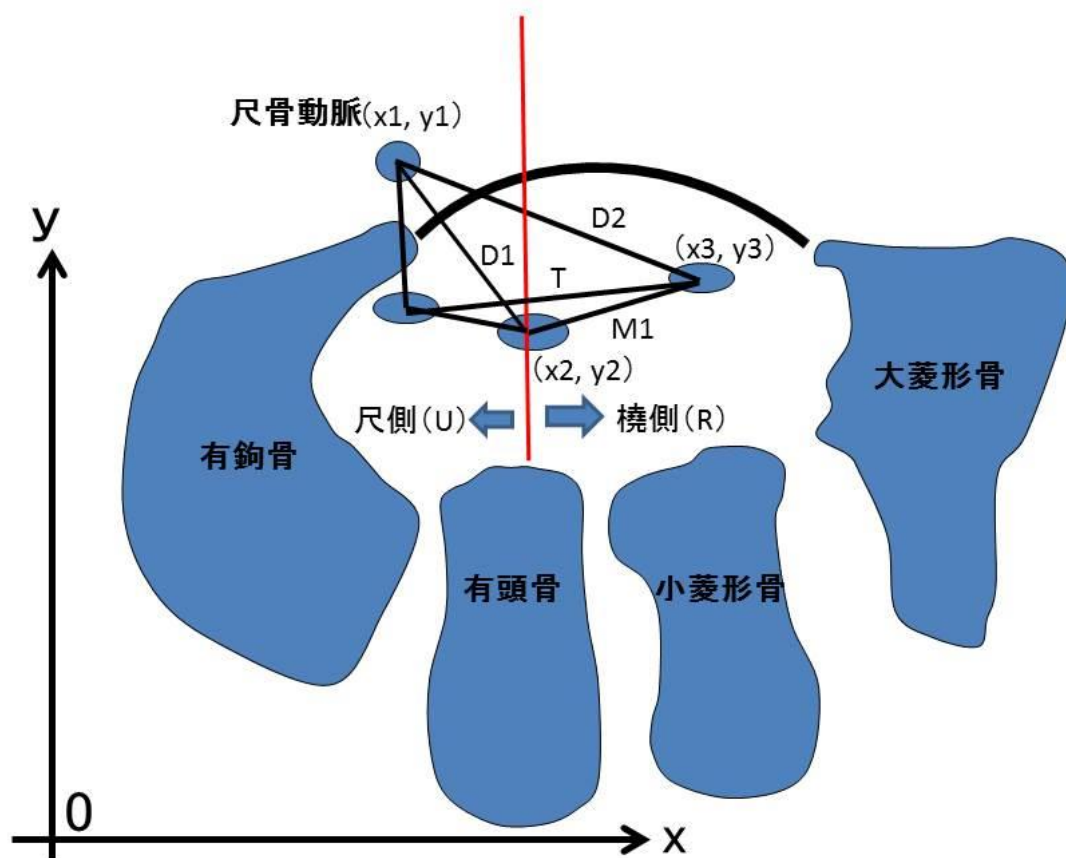


図 9. 正中神経の移動量の計測方法

中間位 (non-grip) の尺骨動脈の中心座標 ( $x_1, y_1$ ) を計測.

中間位 (non-grip) の正中神経の中心座標 ( $x_2, y_2$ ) を計測.

( $x_1, y_1$ ) と ( $x_2, y_2$ ) より距離  $D_1$  を算出.

移動後(他の肢位)における正中神経の中心座標 ( $x_3 \sim x_7, y_3 \sim y_7$ ) を計測し, 各々  $D_2 \sim D_6$  を算出.  $D_1$  と  $D_2 \sim D_6$  から正中神経の移動量 ( $M_1 \sim M_5$ ) を算出.

R (橈側方向) をプラス値, U (尺側方向) をマイナス値とし, 計測した.

正中神経の総移動量は手指伸展位の座標と手指屈曲時の座標間の距離  $T$  を算出した.

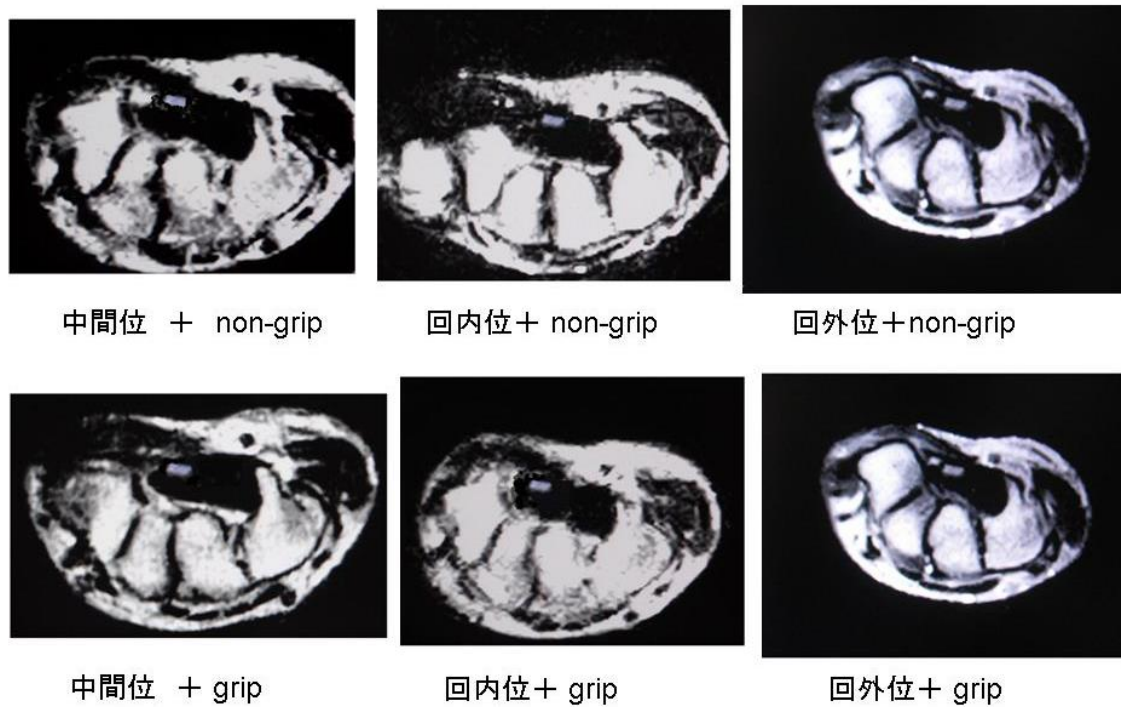


図 10. MRI 画像例

表 1. CSA と移動量，総移動量

前腕肢位	中間位		回内位		回外位	
手指屈曲・伸展	non-grip	grip	non-grip	grip	non-grip	grip
CSA (mm <sup>2</sup> )	186.0 ± 6.7	189.2 ± 5.9	186.4 ± 5.8	189.6 ± 6.0	185.9 ± 6.3	190.8 ± 6.9
移動量 (mm)	0	11.0 ± 0.8	1.3 ± 0.1	12.3 ± 0.2	-5.6 ± 0.1	10.7 ± 0.7
総移動量 (mm)	11.0 ± 0.8		12.3 ± 0.2		14.4 ± 0.6	

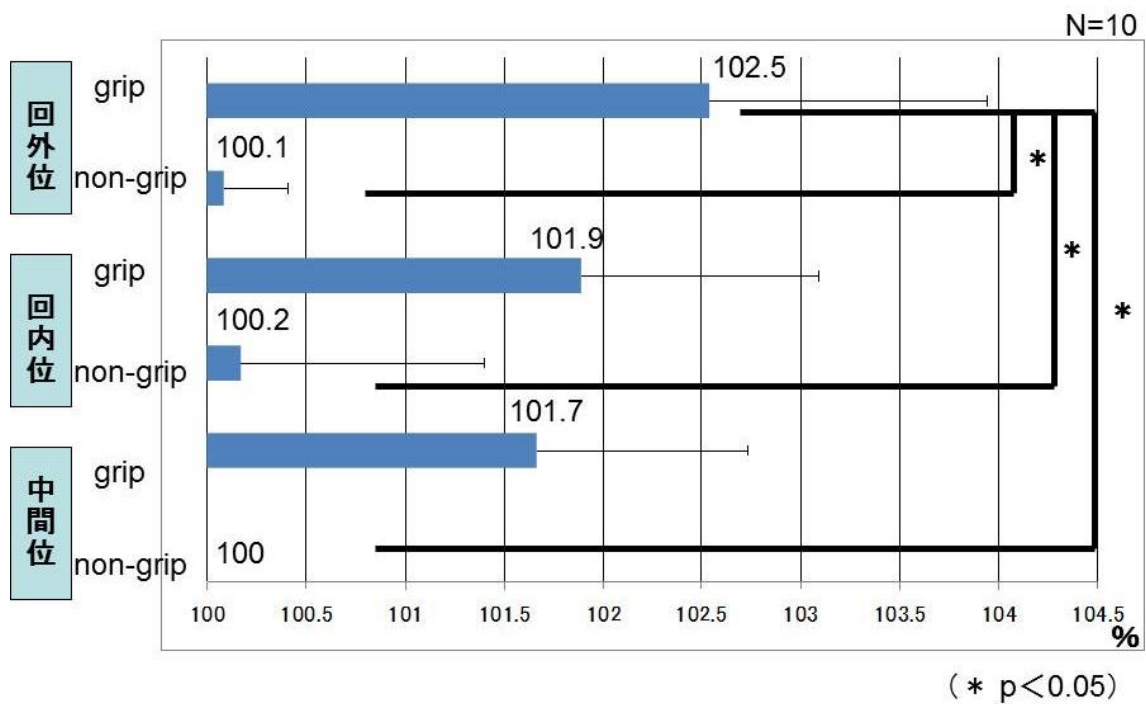


図 11. 手根管横断面積の変化率の比較

grip: 手指他動伸展位からの手指屈曲

non-grip: 手指他動伸展位

縦軸: 前腕肢位 (中間位, 回内位, 回外位) と各肢位における grip or non-grip

横軸: 中間位 + non-grip の CSA を 100% としたときの CSA の変化率

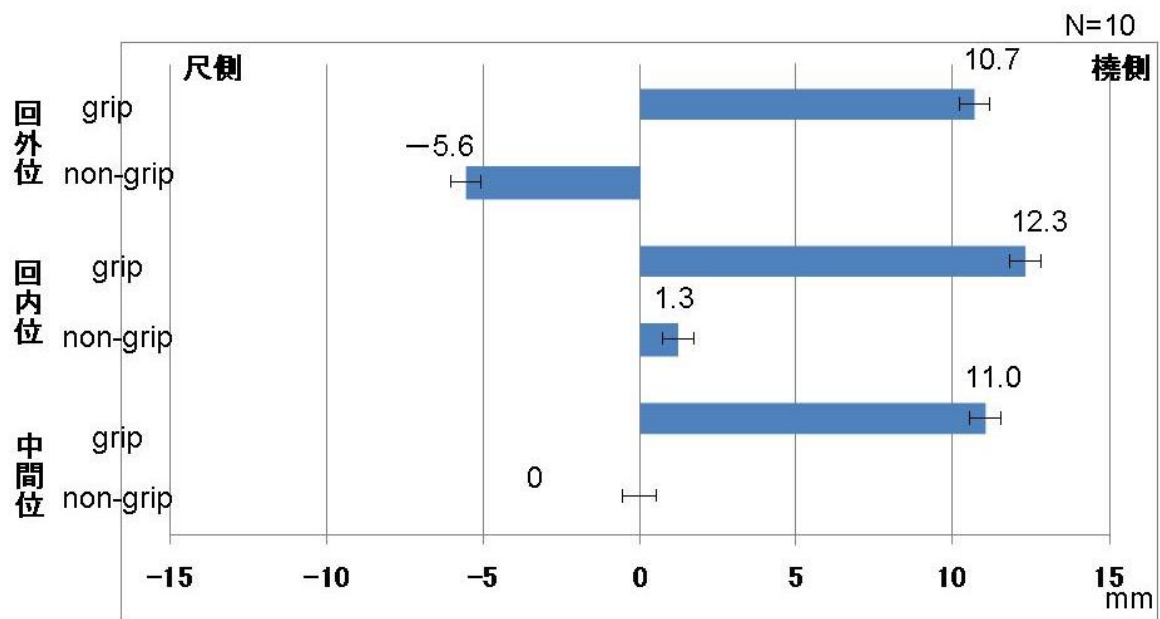


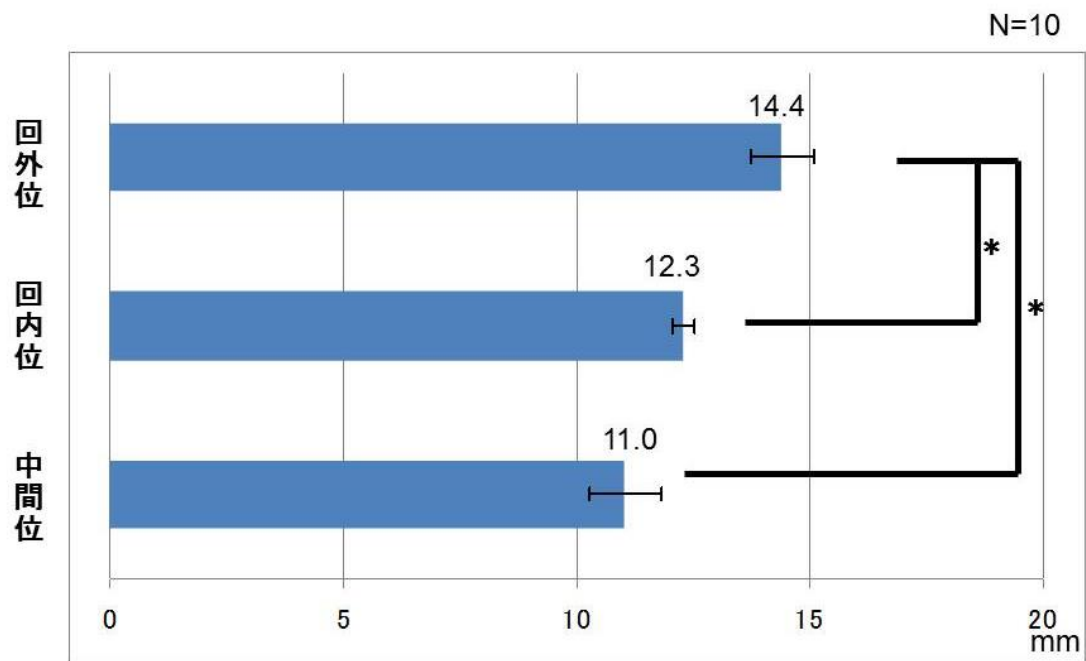
図 12. 正中神経の移動量の比較

grip : 手指他動伸展位からの手指屈曲

non-grip : 手指他動伸展位

縦軸 : 前腕肢位 (中間位, 回内位, 回外位) と各肢位における grip or non-grip

横軸 : 中間位 + non-grip を基準とした際の正中神経の移動量 (mm) , プラス値は橈側方向, マイナス値は尺側方向への移動量を示す.



(\*  $p < 0.05$ )

図 13. 正中神経の総移動量（手指屈曲・伸展）の比較

縦軸：各肢位（中間位，回内位，回外位）

横軸：各肢位における手指屈曲伸展を合わせた正中神経の総移動量（mm）

# 研究施設承諾書

平成 年 月 日

札幌医科大学  
大学院保健医療学研究科長 様

金子 翔拓が本施設において 貴学保健医療学研究科博士課程後期の  
研究に関わる，データ収集及び分析等を行うことを承諾します．

施設名 \_\_\_\_\_  
施設代表者名又  
は受け入れ責任者名 \_\_\_\_\_ (印)



# 研究協力依頼書説明書

## 1. はじめに

私は、札幌医科大学大学院保健医療学研究科理学療法学・作業療法学専攻博士課程後期、生体工学分野に在籍し、手根管症候群に対する保存療法に関する研究をしています。

私の研究テーマは「前腕肢位と手指屈曲伸展による手根管横断面積の変化と正中神経の横断滑走距離の検討」です。手根管症候群は40～50歳代の女性に発症しやすい疾患です。その治療法はいくつかありますが、スプリント療法における治療がどのような影響を与えているか解明されていません。そこで、非侵襲であるMRIを用いて、前腕肢位を変化させることや手指の屈曲伸展における手根管への影響を調査するために手根管内を計測し、手根管がどのように変化しているかを検討することが重要であると考えます。

## 2. この研究の目的

前腕肢位（中間位、最大回外位、最大回内位）による手根管の横断面積の変化をMRIにより検討し、スプリント装着の際のより適切な前腕肢位を検討することと、前腕肢位を変化させるとともに手指他動伸展位と他動伸展位からの手指自動屈曲を実施した際の正中神経の横断方向への滑走距離をMRIにて評価し、神経滑走訓練時の肢位の検討を行うことです。

## 3. この研究の方法

本研究は前腕中間位、前腕回外位、前腕回内位に手指他動伸展位と他動伸展位からの手指自動屈曲を組み合わせた際の手根管をMRI撮像します。計測の際には実験台に寝て頂き、コイルを装着し撮像します。

## 4. 研究への予定参加人数

健常成人12名、対象者は20代の女性を採用します。計測は利き手の右上肢で実施致します。

## 5. 実験対象者の受ける不利益及び危険性と安全対策

本依頼書を事前に確認した上で、研究協力者には研究参加を決定してもらいます。本研究に参加していただけない場合も、一切の不利益を被ることはありません。また、一度同意した場合でも、いつでも制約を受けることなく同意を撤回することができます。MRIは非侵襲であるため一切人体には影響はありません。また、MRI撮像音が大きいことが予想されますので、耳栓を用意しています。

## 6. 個人情報の保護

研究に携わる関係者は対象者の個人情報保護に最大限の注意を払う。データの管理に関しては、対象者それぞれに ID 番号を割り当て、個人情報と実験データを ID 番号で管理する。ID 番号と個人名を照合させるファイルは個人情報と実験データファイルとは別に作成する。ID にイニシャルは含まない。

## 7. 実験対象者が実験に参加しない事への自由等

一度同意した場合でも、いつでも制約を受けることなく同意を撤回することができます。

## 8. この研究に関する資料の閲覧

本研究の資料や結果の閲覧は自由に行えます。

## 9. 研究結果の取り扱い

研究結果は学術誌への投稿を実施し公表する。

## 10. 問い合わせ先

研究実施者：札幌医科大学大学院保健医療学研究科  
理学療法学・作業療法学専攻 生体工学分野  
院生名 金子 翔 拓

(連絡先)

平日 電話：

夜間 電話：

主任指導教員：札幌医科大学大学院保健医療学研究科  
理学療法学・作業療法学専攻 生体工学分野  
教授 内山 英一

(連絡先) 札幌市中央区南 1 条西 17 丁目

平日 電話：011-611-2111

夜間 電話：

## 研究協力同意書

研究課題名：「前腕肢位と手指屈曲伸展による手根管横断面積の変化と正中神経の横断滑走距離の検討」

札幌医科大学大学院保健医療学研究科  
研究代表者 内山 英一 教授 様

私は次の 1－10 の事項について了承し、調査・研究について協力いたします。

1. はじめに
2. この研究の目的
3. この研究の方法
4. 研究への予定参加人数
5. 実験対象者の受ける不利益及び危険性と安全対策
6. 個人情報の保護
7. 実験対象者が実験に参加しない事への自由等
8. この研究に関する資料の閲覧
9. 研究結果の取り扱い
10. 問い合わせ先

平成 年 月 日

(被験者、保護者又は代理人)

氏名 \_\_\_\_\_ (印)

住所 \_\_\_\_\_

電話： \_\_\_\_\_

研究実施者：札幌医科大学大学院保健医療学研究科  
理学療法学・作業療法学専攻 生体工学分野  
院生名 金子 翔 拓  
(連絡先) \_\_\_\_\_

平日 電話： \_\_\_\_\_

夜間 電話： \_\_\_\_\_

主任指導教員：札幌医科大学大学院保健医療学研究科  
理学療法学・作業療法学専攻 生体工学分野  
教授 内山 英一  
(連絡先) 札幌市中央区南 1 条西 17 丁目

平日 電話：011－611－2111

夜間 電話：