

- performance and disability in frail, community-dwelling elders? Arch Phys Med Rehabil. 79(1): 24-30, 1998.
- 2) Fiarone MA. et al: High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. JAMA 263(22): 3029-3034, 1990.
- 3) Hislop HJ. et al: 新・徒手筋力検査法. 原著第6版. 協同医書出版社. 東京, pp 168-234, 2000.
- 4) Kai S. et al: Trunk muscle activity in two-leg standing to one-leg standing in healthy elderly adults. J Phy Ther Sci. 20: 77-80, 2008.
- 5) 加藤 浩ほか: 変形性股関節症における機能予後の試み. 理学療法 20(2): 221-234, 2003.
- 6) 加藤 浩: Wavelet 表面筋電図周波数解析を用いた歩行時の質的筋活動分析. デサントスポーツ科学 27: 56-65, 2006.
- 7) Lord SR. et al: The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: a randomized controlled trial. J Am Geriatr Soc. 43(11): 1198-1206, 1995.
- 8) 松本浩実ほか: 人工股関節全置換術患者の術後早期における中殿筋活動と歩行機能の回復について. 理学療法科学 24(6): 665-668, 2009.
- 9) Muir SW. et al: Use of the berg balance scale for predicting multiple falls in community-dwelling elderly people: a prospective study. Phys Ther. 88(4): 449-459, 2008.
- 10) 永井 聡: 股関節. 山崎 勉編. 整形外科理学療法の理論と技術. 第8版. Medical View, 東京, pp 115-143, 2001.
- 11) 大床桂介: 一側足部の外乱刺激による立位姿勢反応について. 専修学校教員国内派遣研修事業 研究紀要: 75-85, 2007.
- 12) 岡西哲夫: 筋力増強運動. 奈良 勲, 吉尾雅春編. 標準理学療法学 専門分野 運動療法学 総論. 第1版. 医学書院. 東京, pp 193-212, 2000.
- 13) 下野俊哉: 筋電図マニュアル基礎編. 酒井医療. 東京, pp 106-113, 2004.
- 14) Shumway-Cook A.: モーターコントロール 運動制御の理論と臨床応用. 原著第2版. 医歯薬出版. 東京, p 245, 2004.
- 15) 高井逸史ほか: 加齢による姿勢変化と姿勢制御. 日本生理人類学会誌 6(2): 11-16, 2001.
- 16) Vellas BJ. et al: One-leg balance is an important predictor of injurious falls in older persons. Phy Ther. 45(6): 735-738, 1997.
- 17) Wolf SL. et al: Reducing frailty and falls in older persons: an investigation of tai chi and computerized balance training. Atlanta FICSIT Group. frailty and injuries: cooperative studies of intervention techniques. J Am Geriatr Soc. 44(5): 489-497, 1996.
- 18) ロコモパンフレット 2009 年度版. 社団法人日本整形外科学会. www.joa.or.jp/jp/media/locomo/locomo\_pamphlet.pdf
- 19) 平成 19 年度国民生活基礎調査の概要. 厚生労働省. www.mhlw.go.jp/toukei/list/20-19-1.html

## ■ 原著

## horizontal extension technique による手根管の形態変化

— MRI 画像を用いた計測 —

金子 翔拓<sup>1,2)</sup> 坪田 貞子<sup>1)</sup> 青木 光広<sup>3)</sup>札幌医科大学大学院保健医療学研究科<sup>1)</sup>, 医療法人社団篠路整形外科<sup>2)</sup>, 札幌第一病院整形外科<sup>3)</sup>

**要旨** 横手根靭帯をストレッチする方法が手根管症候群に有用であるとされている。本研究では 40 代女性 12 名の右上肢を用い、ストレッチによる手根管の形態変化を MRI にて検討した。手根管の横断面積はストレッチ後に有意に増加した ( $P < 0.05$ )。横手根靭帯のストレッチは手根管症候群に有用である可能性が示唆された。

**Abstract** Stretching of the transverse carpal ligament is effective as a treatment for carpal tunnel syndrome (CTS). In the present study, we investigated the structural change of the carpal tunnel during horizontal extension technique on MRI. The cross-sectional area of the carpal tunnel increased after stretching significantly ( $P < 0.05$ ). It is suggested that stretching of the transverse carpal ligament may be effective treatment for CTS.

**Key words**: 手根管 (carpal tunnel), 徒手療法 (manual therapy), 形態変化 (structural change)

## 緒言

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る<sup>2,6,7)</sup>。

CTS の治療は病期によって異なり、一般的には保存療法が選択され、ステロイド注射やスプリントは短期的効果があるとされている<sup>13)</sup>。軽快しない場合は正中神経の除圧を目的に手術療法が選択され、手根管開放術が施行される。保存療法との治療結果の比較研究

では、手術療法が保存療法よりも優れているが<sup>7)</sup>、術後に再発する例や症状が残る症例もある<sup>13)</sup>。

CTS の保存治療に徒手療法がある。近年、Shacklock により clinical neurodynamics という概念が提唱され、CTS に有効であると報告されている<sup>14)</sup>。Shacklock は手根管内のメカニカルインターフェースが CTS の機能異常の一つと捉え、CTS では神経・腱に対して手根管が狭いことによるクロージング障害が認められると指摘し、メカニカルインターフェースを改善する horizontal exten-

Structural change of the carpal tunnel on MRI: influence of the horizontal extension technique

Shouta KANEKO, OTR, Sadako TSUBOTA, OTR and Mitsuhiro AOKI, MD, PhD

連絡先: 〒002-8024 札幌市北区篠路 4 条 5 丁目 3 番 9 号 医療法人社団篠路整形外科 金子翔拓 電話 011-772-

7255

sion technique (以下 HET) を用いている。しかし、今日まで HET が臨床的には有効であっても、治療効果のメカニズムは解明されていない。

一方、CTS の MRI 所見の有用性は Mesgarzadeh らにより報告されている<sup>9,11)</sup>。それらによると、(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) 横手根靭帯の掌側への張り出しの4つが主要な所見である。有鉤骨・大菱形骨間の距離 (Trapezium-Hamate distance: TH) と、横手根靭帯の頂点から 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<sup>11)</sup>。CTS の MRI 所見の有用性として、手根管の横断面積 (cross-sectional area: 以下 CSA) を計測する方法も報告されている<sup>17)</sup>。

これまで HET により手根管の形態がどのように変化するかを計測した報告はない。本研究の目的は、40 代健康人女性 12 名の利き手側の右上肢を用いて、HET 前と HET 中、および HET 後の手根管の形態を大菱形骨・有鉤骨間のレベルで MRI 撮像し、HET による手根管の形態の変化を検討することである。得られた結果に基づき、CTS に対する HET の有効性について考察する。

## 対象と方法

### 1. 対象

対象は健康女性成人 12 名、平均年齢 50.0 歳 (43-55) であり、計測は利き手の右上肢で実施した。取り込み基準として、上肢運動器に障害がない者、上肢運動器に運動障害となる既往歴がない者、合併症に糖尿病などの

内科疾患の既往がない者とした。また、対象者全例より本研究の同意を得た。

### 2. 方法

手根管の MRI 撮像は 0.2T オープン型 MRI (AIRISmate, Hitachi Inc., Sapporo, Japan) を使用した。対象者は実験台に背臥位となり、右肩関節外転 10°、肘関節伸展、前腕回外し<sup>3)</sup>、MRI 信号を受信するためのコイル (長軸 180 mm, 単軸 150 mm) を手根管直上に設置した。

### 3. HET

検者の左右の示指と母指で、手根部の橈側部 (第 1 中手骨と舟状骨) と尺側部 (有鉤骨、豆状骨、第 5 中手骨) を挟む Shacklock による方法を採用した。具体的には、検者の母指で被験者の右手関節背側中央 (手根アーチ頂上部) に腹側方向へ圧迫を加え、検者の示指で母指球と小指球に背側方向へ圧迫して手技を実施した<sup>14)</sup> (図 1)。MRI の撮像開始とともに検者 1 による徒手的な最大圧迫力を被験者の中手骨および手根部に負荷した。

### 4. HET による手根骨へ及ぼす圧迫力の測定

Shacklock の徒手手技により検者の示指が手根骨へ加える最大圧迫力を計測するため、厚さ 4 mm, 直径 15 mm の金属製圧センサー (LMA-A-100N, 共和電業, 東京, 直線性 1-100 N で ±1%) を用いた。圧センサーを検者の左右の示指の指腹に貼付し、HET を施行した (図 1)。

### 5. MRI 画像計測法

遠位手根管レベル (大菱形骨・有鉤骨間) で T1 強調軸写 MRI 像を撮像した。撮像は GE 法を用い、FOV 130, TR 400, TE 25, thickness 4.0 mm, interval 4.5 mm, scan time 5:07 のプロトコルを用いて計測した。計測手順は、HET 前、HET 中 (HET による

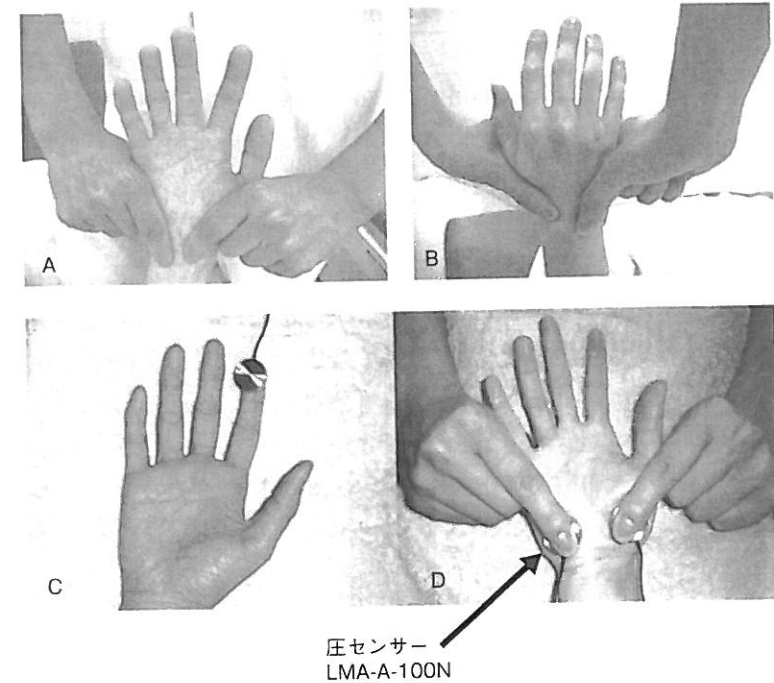


図 1 HET の手技および圧迫力の規定

圧迫力を負荷した状態にて MRI 撮像を実施)、HET 後の順に撮像したが、HET 後の計測は HET 中の計測より 20 分の間隔を開けて撮像した<sup>15)</sup>。

### 6. 手根管の形態計測方法

大菱形骨と有鉤骨突起間の距離を trapezium-hamate distance (以下 TH)、横手根靭帯の頂点から TH に下ろした垂線の距離を palmar displacement (以下 PD)、PD/TH 比を bowing rate (以下 BR) で算出した (図 2)。大菱形骨および有鉤骨突起部の横手根靭帯の付着部で、最も高い突起部をランドマークとした。また、CSA の計測は先行研究<sup>17)</sup> と同様の方法にて撮像画像を用い計測した。

### 7. 信頼性と妥当性の検討

検者が被験者 12 名に対し HET をおのこの 10 回施行し、左右の示指での手根部圧迫力を計測して検者内級内相関係数と 10 回の平均値を示し、HET の再現性および計測中

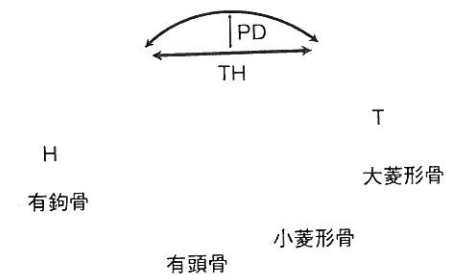


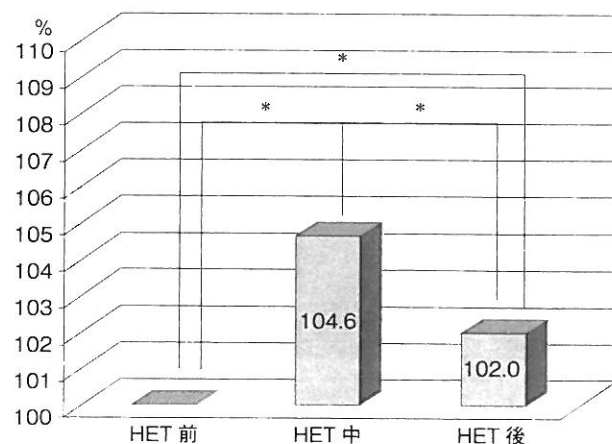
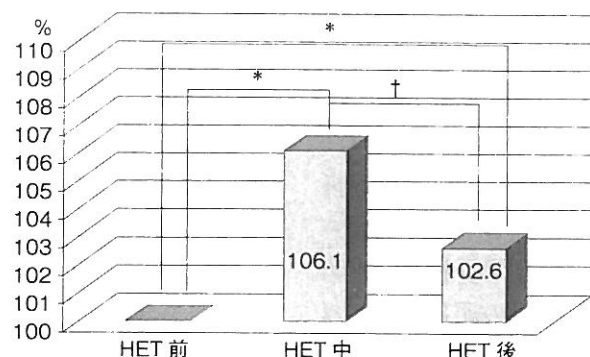
図 2 大菱形骨・有鉤骨レベルにおける手根管断面像  
TH: 大菱形骨-有鉤骨突起間の距離  
PD: 横手根靭帯の頂点から TH に下ろした垂線の距離

の最大圧迫力を記録した。

計測データ読影値の検者内信頼性を検討するため、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。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

表1 MRIによる計測値: TH, PD, BRおよびCSA

|                        | HET前           | HET中           | HET後           |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|
| TH (mm)                | 21.20 (±0.70)  | 22.20 (±0.81)  | 21.60 (±0.72)  |
| PD (mm)                | 1.89 (±0.50)   | 1.34 (±0.50)   | 1.66 (±0.50)   |
| BR                     | 0.088 (±0.022) | 0.060 (±0.022) | 0.076 (±0.023) |
| CSA (mm <sup>2</sup> ) | 193.8 (±7.4)   | 205.7 (±7.9)   | 198.9 (±6.7)   |

図3 HET前・中・後におけるTHの変化率  
N = 12, \*p < 0.0005図4 HET前・中・後におけるCSAの変化率  
N = 12, \*p < 0.0005, †p < 0.001

者2名(第1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。計測値は、第1画像解析者の2回目の測定値を用いた。

#### 8. データ解析および統計処理

HET前に撮像しえた計測値を基準値(100%)と定義し、HET中、HET後の計測値を基準値に対する変化率として算出した。正

規化したデータを基に統計解析を実施した。統計解析はSPSS version 16.0 (SPSS Inc., Tokyo, Japan)を用い、反復測定一元配置分散分析を使用し、有意水準を0.05未満とした。

#### 結果

HETが手根骨に及ぼした平均圧迫力は、

右側 40.2 N (±1.2), 左側 40.3 N (±1.5)であり、おのおのの検者内級内相関係数は0.96, 0.96であった。計測データ画像解析者の検者内信頼性および検者間信頼性はおのおの0.96, 0.95であった。

TH, PD, BRおよびCSAの結果を表1に示した。THのHETによる変化率はHET前、HET中、HET後でおのおの100%, 104.6%, 102.0%でありHET前の値と比較して有意な増加を認めた(p < 0.05)(図3)。PDの変化率はおのおの100%, 69.1%, 87.3%でありHET前の値と比較して有意な低下を認めた(p < 0.05)。BRの変化率はおのおの100%, 68.1%, 86.3%でありHET前の値と比較して有意な低下を認めた(p < 0.05)。さらにCSAの変化率はおのおの100%, 106.1%, 102.6%でありHET前の値と比較して有意な増加を認めた(p < 0.05)(図4)。

#### 考察

横手根靭帯は厚みのあるシート状の靭帯構造で、有鉤骨から大菱形骨に走行している。Sucherらは死体標本を用いた研究で、外力により横手根靭帯が線維方向に0.9~2.9 mm伸張すると報告している<sup>4,5,15</sup>。MRI計測による本結果では、HETによりTHが104.6%(0.7~1.4 mm)と有意に増加したが、HETにより横手根靭帯が伸張したことによりTHが増加したと考えられる。

また本研究結果において、HETによりPDおよびBRの低下を認めた(p < 0.05)。BRは横手根靭帯の掌側への張り出しを評価するものであるが、正常であるほどBRは0に近似することが知られている<sup>9,11</sup>。Tsujiiらもまた、CTS患者のBRが健常人と比較し有意に高値であることを報告した<sup>16</sup>。本結果より、HETによりPDおよびBRが低下したこと

は、HETが横手根靭帯を伸張させるだけではなく、横手根靭帯の掌側への張り出しを低下させる働きをもつ可能性が考えられる。

また、有鉤骨レベルのCSAは185~193 mm<sup>2</sup>といわれており<sup>17</sup>、本実験結果であるHET前のCSA値193 mm<sup>2</sup>は先行研究の結果と一致した。さらに本結果ではHETによりCSAの増加が認められた(p < 0.05)。横手根靭帯の特徴として手根管遠位部に存在するdistal bandが靭帯の緊張を保ち、手根管症候群ではこのレベルで神経伝導速度の遅延や断面積の狭小化が認められ、遠位手根列におけるCSAが臨床的に重要であるとされている<sup>1,12</sup>。さらに、CTSの原因が手根管内の容量増加であると考えられていることや、内容量の増大に伴い、正中神経への圧迫力の増加と神経内血流量の低下が知られ<sup>10</sup>、CTSに対する靭帯切離術によって正中神経への圧迫力が低下し、神経内血流量の増加が報告されている<sup>8</sup>。以上より、本実験で明らかにされた手根管の遠位レベルでのCSAが、HETによって増大(p < 0.05)したことは、保存的介入により手根管症候群の狭小化した手根管断面積を増大させ、正中神経への圧迫力の軽減や神経内血流量の改善を引き起こす可能性が考えられる。

今後の課題として、CSAの増大に伴った血流量や圧迫力の変化の検証が必要と思われる。また、CTS症例での検討が必要と思われる。

#### 結語

40代女性12名の右上肢を用い、HETによる手根管の形態変化をMRIにて検討した。HETによりTHの増大、PDおよびBRの低下、CSAの増大を認めた(p < 0.05)。横手根靭帯のストレッチは手根管症候群に有用であ

る可能性が示唆された。

#### 文 献

- 1) Anderson MW. et al: Magnetic resonance imaging of the wrist. *Curr Probl Diagn Radiol.* **27**: 187-229, 1998.
- 2) Atroshi I. et al: Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population. *JAMA* **282**: 153-158, 1999.
- 3) Berquist TH.: MRI of the musculoskeletal system. 5th ed., Lippincott Williams & Wilkins, 2005.
- 4) Cobb TK. 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**: 635-639, 1997.
- 5) Gartner LP. et al: Color atlas of histology, North American edition. Color atlas of histology. 5th ed., Lippincott Williams & Wilkins, 2009.
- 6) Geoghegan JM. et al: Risk factors in carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg.* **29B**: 315-320, 2004.
- 7) Gerritsen AA. et al: Splinting vs surgery in the treatment of carpal tunnel syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA* **288**: 1245-1251, 2002.
- 8) Goss BC. et al: Dynamics of intracarpal tunnel pressure in patients with carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am.* **35**: 197-206, 2010.
- 9) Jarvik JG. et al: Diagnosis of carpal tunnel syndrome: electrodiagnostic and MR imaging evaluation. *Neuroimaging Clin N Am.* **14**: 93-102, 2004.
- 10) Lin R. et al: Histo-mechanical aspect of carpal tunnel syndrome. *Hand* **15**: 305-309, 1983.
- 11) Mesgarzadeh M. et al: Carpal tunnel: MR imaging. Part I. Normal anatomy. *Radiol.* **171**: 743-748, 1989.
- 12) Rosenbaum RB. et al: Anatomy of the median nerve. In: Rosenbaum RB. and Ochoa JL., ed., *Carpal tunnel syndrome and other disorders of the median nerve.* Butterworth-Heinemann, Boston, pp 1-27, 1993.
- 13) Sevim S. et al: Long-term effectiveness of steroid injections and splinting in mild and moderate carpal tunnel syndrome. *Neurol Sci.* **25**: 48-52, 2004.
- 14) Shacklock M.: *Clinical neurodynamics.* Butterworth-Heinemann, Edinburgh, London, New York, Oxford, Philadelphia, St. Louis, Sydney, Tronto, 2005.
- 15) Sucher BM. et al: Manipulative treatment of carpal tunnel syndrome: biomechanical and osteopathic intervention to increase the length of the transverse carpal ligament. *J Am Osteopath Assoc.* **98**: 679-686, 1998.
- 16) Tsujii M. 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.
- 17) Yao G. et al: Median nerve cross-sectional area and MRI diffusion characteristics: normative values at the carpal tunnel. *Skeletal Radiol.* **38**: 355-361, 2009.

#### ■ 原著

## 足関節捻挫後の筋力、運動、歩行パラメータに対する等運動性運動の効果

Christian Mucha<sup>1)</sup> 平澤泰介<sup>2)</sup>

Department of Medical Rehabilitation and Prevention, German Sport University Cologne<sup>1)</sup>, 京都府立医科大学<sup>2)</sup>

**要旨** 足関節捻挫後の症例に対して固有受容性神経筋促進法と等運動性運動の効果について比較検討した。

患者 39 例を、2 比較群に無作為に割り付けた。グループ 1 (n=20) には、固有受容性神経筋促進法を、グループ 2 (n=19) には等運動性運動 (Cybex 6000<sup>®</sup>) を実施した。両群の患者は、週に 5 回、3 週間にわたってトレーニングを行った。

得られたデータの分析によって等運動性運動は、明らかに、より高い筋力を発生させただけでなく、機能的により安定した足関節へと導き、歩行サイクルのなかでリズム的により均衡のとれた立脚相を達成するという結果が得られた。

**Abstract** The effects of a three-week isokinetic training compared to typical proprioceptive training on parameters of strength, movement, and gait function after acute ankle ligament sprain were investigated.

Thirty-nine patients were randomized and allocated to proprioceptive training (group 1, n=20) and isokinetic strength training using Cybex 6000<sup>®</sup> (group 2, n=19). The patients in both groups underwent training five times a week for three weeks. Before and at the end of the training, isokinetic strength was tested, the range of motion in the ankle joint was recorded, and gait was analyzed using a multicomponent strength measurement platform (Henschel-System<sup>®</sup>). The maximum isokinetic torque (60°/s) (Nm) and the contact time (monopodal support time) of the injured leg during gait cycle were evaluated.

Group 2 had a significantly greater increase in the maximum isokinetic torque in almost all ranges of motion of the ankle joint. In addition, shortening of the contact time in the stance phase of the injured leg was compensated well in group 2. The active range of motion in the ankle joint was less at the end of training in group 2 than in group 1. The isokinetic training not only resulted in increased strength regeneration, but also to a functionally more stable ankle joint with a rhythmically more evenly balanced stance phase of the gait cycle.

**Key words** : 足関節捻挫 (supination injury of ankle), 固有受容性神経筋促進法 (proprioceptive training), 等運動性運動 (isokinetic training)

Effects of isokinetic training on strength, movement and gait parameters after acute supination injury of the ankle ligaments

Christian MUCHA, Prof. MD and Yasusuke HIRASAWA, Professor Emeritus, MD  
連絡先 : 〒604-8371 京都市中京区神泉苑町九 平澤泰介 電話 075-822-5274