

## 反張膝に対する PNF と CENTER BRIDGE BRACE(CBB) の併用治療の有効性に関する研究

The efficacy of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) combined with center bridge brace attachment for back knee patients : Case Reports

山元総勝<sup>1)</sup>  
Yamamoto Sokatsu鏑木誠<sup>1)</sup>  
Kaburaki Makoto陣上修一<sup>1)</sup>  
Jingami Syuichi松原誠仁<sup>1)</sup>  
Matsubara Shigehito帆鷺輝誌男<sup>2)</sup>  
Howashi Kishio佐喜眞保<sup>3)</sup>  
Sakima Tamotsu松岡宇一郎<sup>4)</sup>  
Matsuoka Uichiro常岡武久<sup>4)</sup>  
Tsuneoka Takehisa

- 1) 熊本保健科学大学 リハビリテーション科  
Kumamoto Health Science University
- 2) 株式会社 ホワシ  
Howashi Prosthetics & Orthotics Co.
- 3) 佐喜眞義肢  
Sakima Prosthetics & Orthotics Co.
- 4) 松岡病院  
Matsuoka Hospital

## 要旨

健常人の足関節を底屈位で固定し、擬似片麻痺反張膝モデル（以下、疑似モデル）を作成した。その後、PNF圧縮と反張膝用CBB装着との併用治療の有効性について、ビデオ観察、筋電図測定・三次元動作解析を行い、疑似モデルと臨床での症例を比較検討し、若干の知見を得たので報告する。症例1は、VL、VMなど膝伸展筋の筋積分値が2～6.7倍上昇した。症例2では、患側膝関節にCBBを装着し骨盤にPNF圧縮操作を加えることで、患側の荷重量が、患側/健側比で56.2%から82.4%と著明に増加した。また、歩行時の歩幅も延長したことより麻痺側片脚立位時間も延長したものと思われる。維持期リハの症例3は、長期にわたるPNFと反張膝用CBBの併用治療により、日常生活を飛躍的に向上させることができた。麻痺側への荷重量の増加を確認できた。臨床において、PNF圧縮と反張膝用CBBの併用治療は、麻痺側の随意性が低く転倒のリスクの高い脳卒中片麻痺患者の麻痺側下肢の荷重量を増加する上で有用と考える。

## キーワード

固有受容性神経筋促通法 (PNF), 圧縮, 筋電図, 床反力

## はじめに

厚生労働省の報告<sup>1-3)</sup>によると、要介護の原因は、脳卒中、認知症、高齢による衰弱、転倒・骨折が上位を占め、その中でも転倒・骨折は増加傾向にある。脳卒中中の転倒・転倒原因として麻痺による支持性の低下、感覚障害、バランス機能低下などがあげられており、早期の麻痺筋の筋活動促通と麻痺側下肢への荷重練習を行うことで歩行時の支持性を高めることが重要となる。

固有受容性神経筋促通法 (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: PNF) は、筋紡錘や腱紡錘などの固有受容器を刺激することによって、神経筋機構の反応を促通する方法で、

1940年代後半にKabat医師等が開発した中枢神経疾患からスポーツ現場まで臨床で幅広く用いられる運動療法手技である。特に、関節圧縮は、関節内の受容器を刺激し筋収縮力を高め、関節の安定性増大を期待できるとされる。そのため、股関節が伸展される下肢のパターンで使用され、歩行開始前の立位姿勢や歩行中の立脚相に圧縮操作が加えられる<sup>4)</sup>。

一方、膝用装具 Center Bridge Brace (以下CBB) は、佐喜眞ら<sup>5)</sup>によって考案された反張膝や内反膝など膝の不安定な患者様に利用できる膝装具であるが、一般的にはまだ認知されていない。CBBは膝の中央部に補強用部材を設けた単純な

構造の関節装具 (図1) であり、また、その装着感や膝の支持力が従来型装具に比較し優れていて、虚弱高齢者や脳卒中後片麻痺患者様の転倒を予防する上で極めて有効と考える。

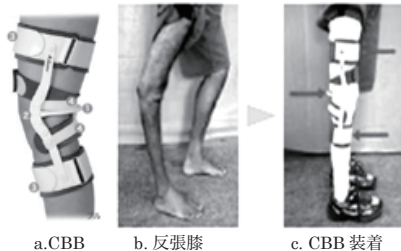


図1 反張膝用膝装具 (Center Bridge Brace : CBB)  
(写真:佐喜真義肢より提供)

- a. 膝関節部の両支柱を半円形の金属バーで連結してあるため、膝屈曲位での安定性が向上している。
- b. 典型的な反張膝例
- c. 反張膝に CBB 装着  
片麻痺の麻痺側立脚中期に生じる膝過伸展を制御することで体重支持性を高めることができる。

臨床では、CB ブレースを装着し、麻痺側への荷重訓練 (PNF 関節圧縮) を行うと歩容が著明に改善することを経験する。これは、PNF と CB ブレースの併用効果により、歩行の安定性に必要な筋の随意性筋収縮を促通できたことによると考えられるが、そのバイオメカニカルな機構については、不明な部分が多く、また、臨床効果の検証には至っていない。筆者は、脳卒中片麻痺の早期段階 (弛緩性麻痺) から、麻痺筋の収縮を促通し下肢支持性を高めるために、両脚支持や片脚立位での骨盤への圧縮操作を積極的に試みている。しかし、弛緩性麻痺では、膝折れしないように、3点固定の原理で、股関節、膝関節、足関節を固定しなければならず、結果的に膝ロッキングが生じ、筋活動の促通は困難となる。また、痙縮出現により下肢伸展共同運動パターンを呈するため、足関節が内反・尖足を呈し、立脚期において、膝関節はロッキングが生じる。この反張膝でのロッキング歩行は、立脚期における膝支持性を低下させ、バランスを失い、転倒を引き起こす要因となる可能性がある。

今回、疑似片麻痺反張膝モデル (以下、疑似モデル) を作成し、その後、CBB 装着有無におけるビデオ観察、筋電図測定・三次元動作解析を行い、バイオメカニクスの側面から PNF 圧縮 (以下、圧縮) と反張膝用 CBB 装着との併用治療の有効性について若干の知見を得たので報告する。また、立位・歩行時の筋活動量や荷重量が改善した症例と長期介入により ADL が改善した 1 症例について報告する。

## 対象と方法

予備研究として、健常人を用いて、一側の足関節を短下肢装具で 15° 底屈位に固定し、疑似モデル患者を作成した。この疑似モデル患者に反張膝用 CBB 装着した後、骨盤に圧縮を加え、3次元動作解析撮影、床反力測定、下肢主要筋群 (大殿筋: Gmax, 中殿筋: Gmed, 大腿直筋: RF, 外側広筋: VL, 内側広筋: VM, 大腿二頭筋: Ham, 前脛骨筋: TA, 腓腹筋: Gas) の表面筋電図を測定した。また、歩行車または杖歩行、要監視レベルで反張膝傾向のある 3 症例に対し、床反力、ビデオ観察、表面筋電図を計測し、疑似モデルと比較し、考察した。

なお、本研究は、熊本保健科学大学倫理委員会にて臨床研究審査の承認 (臨 23-37) およびすべての参加者から同意を得たものである。

## 結果

### ① 疑似モデル

足関節を底屈位に固定した疑似モデルの歩行観察では、特に立脚中期において膝が過伸展位になり、同時に体幹が前傾する典型的な脳卒中片麻痺歩行を再現できた。また、この疑似モデルに CBB を装着し踵部を補高することで、反張傾向を改善し、立脚初期から立脚後期において軽度の膝屈曲が見られた。片脚立位における CBB 装着時の圧縮の有無による下肢筋群の筋積分値は、圧縮操作を加えることで、特に、RF (12 → 28  $\mu$  V)、VL (57 → 149  $\mu$  V)、VM (36 → 114  $\mu$  V) で、約 3 倍に増大した (図 2)。

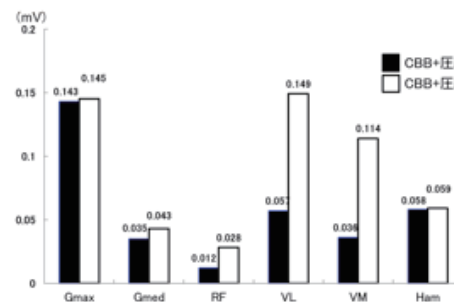


図2 CBB 装着と PNF 圧縮の有無での下肢筋群の平均筋活動量

Gmax: Gluteus maximus, Gmed: gluteus medius, RF: Rectus femoris, VL: Vastus lateralis, VM: Vastus medialis, Ham: Hamstrings

CBB 装着に加えて、PNF 圧縮手技を加えると特に VL と VM の筋活動量が 3 倍に増大した。

### ② 症例 1

症例 1 は、要監視で歩行器歩行ができるレベルである。平行棒内での麻痺側片脚立位は、明らかな反張膝傾向が観察された (図 3)。CBB 装着後、麻痺側片脚立位にて骨盤への圧縮を加えた結果、筋活動は、VM で 8.4  $\mu$  V から 56.5  $\mu$  V へ、VL で 11.3  $\mu$  V から 24.4  $\mu$  V へと増大した (図 4)。

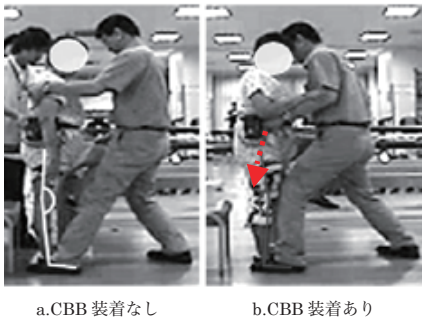


図3 CBB 装着の有無と PNF 圧縮での片脚立位

点線矢印：両腸骨線上前部にマニュアルコンタクトし、斜め下方（踵の後方）への圧縮の方向を示す。

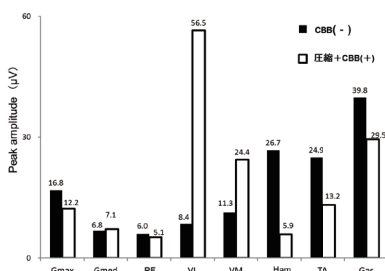


図4 CBB 装着の有無と PNF 圧縮での下肢筋群の筋活動量

### ③ 症例 2

症例 2 の歩行時立脚期における CBB 非装着では明らかに反張膝が観察される (図 5)。CBB 装着後、骨盤に圧縮を加え、歩行時の動作解析を行った。麻痺側立脚時間の延長と麻痺側から健側への歩幅が延長した。麻痺側の床反力は、CBB 装着後、361.3N から 533.1N と増加し、麻痺側/健側比で CBB 装着により 56.2% から 82.4% と荷重量が著明に増大した。(図 6)

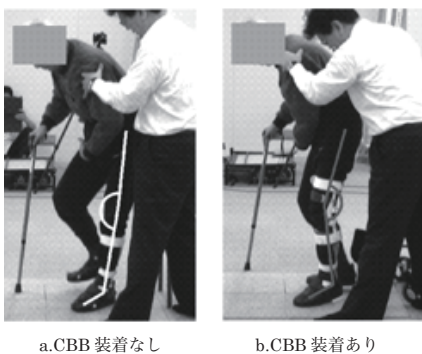


図5 CBB 装着の有無における麻痺側立脚側の膝関節の観察

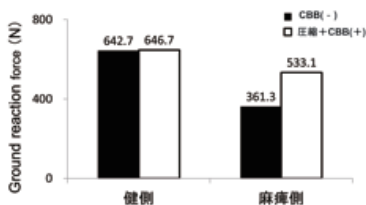


図6 CBB 装着の有無における荷重量

### ④ 症例 3

本症例は、70 歳代男性で、頸髄後縦靭帯骨化症の診断後、徐々に歩行困難になり、平成 21 年椎弓形成術を施行した。平成 22 年 1 月より要介護 2 の状態で通所リハを開始した。開始時 (CBB 装着前) と現在 (CBB 装着後) における ADL は、表 1 のとおりである。通所リハ開始時は、把持なしでの起立・立位保持が困難なため、歩行器を使用しなければ歩行は困難で、特に荷重応答期に両側膝の著明な反張を認めた。通所リハ開始当初より一般的な下肢筋力増強練習と歩行練習を実施していたが、著明な歩容、ADL の改善には至らなかった。平成 23 年 4 月より、通所リハのメニューに静止立位で CBB 装着後、骨盤への圧縮を加えた下肢荷重練習を追加した。また、日常生活においては CBB の常時装着を行ってもらった。その結果、静止立位は把持無しでも可能となり、移乗・歩行動作は、ほぼ自立となった。通所リハでの歩行練習では、当初の歩行器歩行から、現在では、歩行時における反張膝の抑制が得られ、ロフトランド杖、両杖歩行へと歩行能力改善がみられている (図 7)。

表1 症例 3 の CBB 装着前後の FIM Score と歩行状況

FIM Score	CBB 装着前 (H22.1)		CBB 装着後 (H25.3)	
	116		123	
減点項目	歩行	5/7	歩行	6/7
	移乗	4/7	移乗	7/7
	階段昇降	5/7	階段昇降	6/7
	浴槽への移乗	4/7	浴槽への移乗	6/7
椅子からの起立	把持無では不可		把持無で可	
静止立位	把持無では不可 強度反張膝 (+) 体幹前屈位、強度反張膝、足関節底屈位		把持無可 (CBB 未装着可) 反張膝 (-) 体幹中間位、強度反張膝、足関節底屈位が改善	
歩行	歩行器使用短距離は可能 立脚期に両側痙直歩行 著明な反張膝と足関節底屈		歩行器使用は安定で可 両側ロフトランド杖練習 立脚期の著明な反張膝と足関節底屈 (-) 体幹の側方動揺も減少	

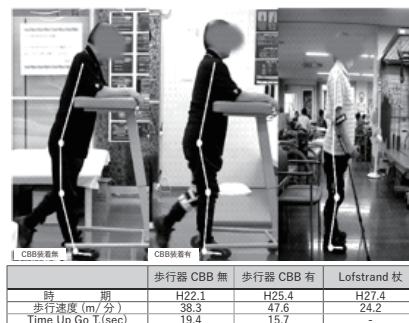


図7 CBB 装着の有無における歩行の観察と歩行速度および Time Up Go Test

CBB 装着により反張膝が消失し、歩行時の安定性が増す。CBB の長期使用によりロフトランド杖歩行が可能となった。

## 考察

脳卒中片麻痺を合併している大腿骨頸部骨折患者は、年間約 1.1 万人で、医療経済的には、急性期と慢性期の治療費を合算すると、年間約 2 千億円が脳卒中を合併した大腿骨頸部骨折患者にかかると推計されている<sup>6)</sup>。また、Ramnemark<sup>7)</sup>は、脳卒中患者の大腿骨頸部骨折の発生率は、健常者に比べ 2～4 倍高く、その骨折原因は、多くが転倒により生じていると報告している。吉本<sup>8)</sup>は、在宅における脳卒中患者の転倒の有無と入院中の身体機能との関連性を調査し、在宅における歩行可能な脳卒中患者の転倒予測として入院中の麻痺側片脚立位時間が最も重要な転倒因子と捉えており、麻痺側への荷重練習の重要性を示唆している。脳卒中片麻痺患者は、発症直後は麻痺肢の筋緊張は弛緩性であり、発症後一定期間が過ぎると筋緊張は痙縮性となることが多い。下肢では伸展共同運動パターンの影響で、股関節伸展・内転・内旋、膝関節伸展、足関節内反尖足となり、いわゆる Wernicke-Mann 肢位をとりやすい。そのため、立脚相（特に立脚中期）では、麻痺側下肢に十分な荷重をかけることが困難となり歩行の不安定要因になりやすい。通常、足関節内反尖足を矯正し下肢の支持性を高めるために短下肢装具が処方されるが、膝関節のコントロールは困難で、立脚中期に膝の過伸展が生じ、また、長期に伸展ストレスがかかると反張膝を引き起こす。PNF 法の圧縮は、関節の支持性を高め、姿勢や肢位を維持するために下肢伸展パターンや立位歩行時に用いられるが、反張膝への圧縮は筋収縮を引き出すことは困難である。そのため、CBB 装着により立脚期の膝屈曲を保持した状態で骨盤に圧縮を加えることの効果として、筋活動を増大させ、麻痺側の支持性を高めることが可能であると考えられる。

症例 1 では、患側膝関節に CBB を装着し骨盤に PNF 圧縮操作を加えることで、患側の荷重量が、患側/健側比で 56.2%から 82.4%と著明に増加した。また、歩行時の歩幅も延長したことより麻痺側片脚立位時間も延長したものと思われる。症例 2 は、VL, VM など膝伸展筋の筋積分値が 2～6.7 倍上昇した。症例によって CBB 装着による筋活動部位が異なるものの全症例において抗重力筋の活動が高まった結果となり、麻痺側の支持性を高める因子となると考える。症例 3 は、維持期リハの症例で、運動機能面はプラトーに達しているものと思われるが、通所リハでの長期にわたる PNF と反張膝用 CBB の併用治療により、日常生活を飛躍的に向上させることができた。これらは、疑似モデルの結果と同様であった。CBB は反張膝を軽減させ、また、PNF の圧縮操作は、麻痺筋の運動単位を動員させることで、筋活動量を増加、支持性の向上に有効であったと考える。

## 結語（おわりに）

PNF 圧縮と反張膝用 CBB の併用治療により、麻痺側への荷重量の増加を確認できた。臨床において、麻痺側の随意性が低く転倒のリスクの高い歩行不安定な脳卒中片麻痺患者の立脚期において麻痺側下肢の荷重量を増加する上で有用と考える。PNF と CBB の併用治療を実施する上での今後の課題として、麻痺の程度と CBB の処方時期、反張膝症例数を増やし、短下肢装具との使い分けを検討する必要がある。

## 引用文献

- 1) 厚生労働大臣官房統計情報部編. 平成 19 年国民生活基礎調査. 厚生統計協会, pp25, 東京, 2008
- 2) 厚生労働大臣官房統計情報部編. 平成 22 年国民生活基礎調査. 厚生統計協会, pp30, 東京, 2011
- 3) 厚生労働大臣官房統計情報部編. 平成 25 年国民生活基礎調査. 厚生統計協会, pp31, 東京, 2014
- 4) 柳澤 健, 乾 公美: PNF マニュアル, 南江堂, 2011
- 5) 知念弘, 新垣晋, 佐喜真保: 片麻痺患者の反張膝に対する新しい膝装具の試み. 整形外科, 53(6):737-739, 2002.
- 6) 猪飼哲夫: 脳卒中後の大腿骨頸部骨折 オーバービュー. 臨床リハ, 13(4): 304 - 308, 2004.
- 7) Ramnemark A, Nyberg L, Borssen B, et al: Fractures after stroke. Osteoporosis Int. 892-895, 1998.
- 8) 吉本好延, 大山幸綱, 浜岡克何他: 在宅における脳卒中患者の転倒予測に関する臨床研究. 理学療法科学 24(2):245-251, 2009.

## Abstract:

### [Purpose]

To investigate the efficacy of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) combined with a center bridge brace (CBB) attachment for back knee patients, we conducted a biomechanical research and report on a patient who showed an improvement in activities of daily living in long-term care.

### [Method]

As a preliminary study, we investigated the vertical floor reaction force (VFRF) and integrated electromyogram (IEMG) on the gluteus maximus (Gmax), gluteus medius (Gmed), rectus femoris (RF), vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM), tibialis anterior (TA), and gastrocnemius (Gas), using a simulated back knee by a normal subject for comparison with patients. Then we compared the results with three patients who have a tendency for back knee during the supporting phase of gait. The Functional Independence Measure (FIM) was also used to assess long-term changes in the level of disability.

### [Result & Discussion]

In the imitated back knee by a normal subject, IEMG increased about 3 times at VL, VM using PNF, while applying approximation at the anterior of both iliac crests and attaching the CBB on the knee. In Case 1, the IEMG data pattern was different for each muscle group. Then the IEMG of the knee extensor muscles for the affected side with PNF and CBB increased notably from 2 to 6.7 times during gait. In Case 2, the normalized percentage in VFRF of the affected side after applying PNF combined with CBB increased from 56.2% to 82.4% for the ratio of the affected/unaffected side. Case 3 showed an improvement in both back knee angles and a dramatic change in activities of daily living. The FIM score increased from 116 to 123 over an approximate five-year period, resulting in the ability of the subject to stand without any hand support and walk with Lofstrand crutches. The results in these case studies suggest that PNF combined with a CBB may help to improve the activities of daily living by facilitating muscle activities of the leg and enhancing knee stability for back knee patients. Further investigation is merited.

### Key Words:

*PNF, Center Bridge Brace (CBB), electromyogram (EMG), vertical floor reaction force (VFRF)*