

■ 原著

再現方法の違いが膝関節位置覚の精度に及ぼす影響

The effect of difference between active repositioning and passive repositioning to joint position sense of normal knee in young individuals

佐々木賢太郎¹⁾ 今田潤²⁾

Kentaro Sasaki¹⁾ Jun Imada²⁾

1) 金城大学医療健康学部理学療法学科: 石川県白山市笠間町 1200 (〒924-0063) TEL076-276-4400 FAX076-275-431 E-mail: kany@s@kinjo.ac.jp

2) 岡山大学病院総合リハビリテーション部

1) Department of Physical Therapy, Kinjo University, 1200 Hakusan city, Ishikawa 924-8511, Japan, TEL+81-76-276-4400

2) Division of Physical Medicine and Rehabilitation, Okayama University Hospital

保健医療学雑誌 3 (2): 65-68, 2012. 受付日 2012年2月17日 受理日 2012年3月2日

JAHS 3 (2): 65-68, 2012. Submitted Feb. 17, 2012. Accepted Mar. 2, 2012.

ABSTRACT: The aim of this experiment was to show the effect of difference between active repositioning (AR) and passive repositioning (PR) to joint position sense of normal knee in young individuals. Twenty subjects were participated in this experiment. JPS was evaluated by dynamometer. Right leg was moved passively to the target angle (10° of knee flexion) with 15° angular velocity from starting position of 30° flexion in three times. After passive motion, subject repositioned target angle with AR and PR in each three times. The error, which was determined as the mean value of difference between the target angle and repositioned angle in three times, was compared between AR and PR. As a result, both error and absolute error in AR was significantly lower than in PR. This result suggests that kinaesthesia from agonist repositioned target angle would be strongly associated with accuracy in JPS.

Key words: normal knee joint, joint position sense, angle repositioning

要旨: 本研究の目的は、標的角度を再現する方法の違いが関節位置覚 (JPS) の精度に及ぼす影響について検討することであった。対象は健常大学生 20 名とし、右膝を被検側とした。JPS の測定は膝伸展方向に 3 回の他動運動 (角速度 15° /s) を反復して標的角度 (10°) を提示した後、標的角度を再現した。再現方法は自動運動 (AR 条件) と他動運動 (PR 条件) の 2 条件を設定した。いずれも 3 回施行し、その誤差平均と絶対誤差平均を算出、比較した。結果、誤差、絶対誤差、いずれも AR 条件の方が有意に小さかった。本結果より、JPS の精度には標的角度を再現する主動筋の筋紡錘からの筋感覚が強く関与している可能性が示唆された。

キーワード: 正常膝関節, 関節位置覚, 再現方法

はじめに

関節位置覚 (joint position sense: JPS) は空間内における肢・体幹の位置 (角度) を知覚する感覚であり、関節疾患においてはその機能低下は動作障害を導くだけでなく、疾病の進行を助長する可能性さえある。そのため、JPS は理学療法において重要な検査であるといえる。JPS の検査は、被検関節に対して任意に定めた角度 (標的角度) を提示した後に同側肢で再現する「再現検査」と、対側肢で再現する「模倣検査」の 2 つに分けられる¹⁾。臨床現場では、罹患肢をセラピストが動かし非罹患側で再現する模倣検査が一般的である。これは、JPS の検査が神経系疾患に対して利用されることが多く、麻痺肢では十分に再現できないためであると考えられる。一方、模倣検査を施行するにも条件がある。それは非罹患側の運動系とともに感覚系が正常であるということが前提になる。一側の膝前十字靭帯損傷²⁾や片側変形性膝関節症^{3,4)}では、健常膝と比べて罹患膝のみならず、非罹患膝においても固有感覚、特に関節運動覚が低下していることが知られている。すなわち、非罹患側の結果から罹患側の JPS の精度を評価する模倣検査は関節疾患に対しては不向きであるといえる。実際、膝関節疾患の JPS を扱った先行研究では再現検査が用いられていることが多い。

JPS の研究における測定条件は諸家によって様々である。測定肢位 (端坐位・腹臥位・立位)、測定装置 (ダイナモメーター・電気角度計・独自製作した装置)、標的角度、開始角度、運動方向、運動範囲、標的角度の提示回数、提示方法 (他動運動・自動運動)、他動運動の場合では被検肢を動かす角速度、標的角度での休止時間、標的角度の検査方法 (模倣検査・再現検査)、再現検査における再現方法 (自動運動・他動運動)、再現回数など、多くの設定条件が決定する必要がある。過去に正常膝関節の JPS について検討されたものを参照すると、標的角度^{5,6)}、運動方向^{5,7)}、運動範囲⁷⁾、提示方法⁸⁾、他動運動条件における角速度⁹⁾、検査方法^{1,10,11)}、再現方法¹⁾、再現回数¹²⁾がその精度に影響を与えることが報告されており、JPS を測定する上でこれらの設定項目には留意する必要がある。

我々は、筋疲労が JPS の精度に与える影響について検討した結果、骨格筋の筋紡錘が JPS の感知に関与するが、それは拮抗筋よりも標的角度を再現する主動筋の方がより強く関与している可能性があること

を報告した¹³⁾。これは随意収縮中に起こる α - γ co-activation¹⁴⁾により主動筋の筋紡錘が微調整を受ける結果、再現時に筋感覚を手がかりとして誤差修正を図るためであると考察した。この考察を実証するには、標的角度の再現を自動運動と他動運動で比較し、自動運動の方が JPS の精度が高いことを証明する必要がある。平野ら¹⁾は健常膝を対象として、15, 45, 75° 3 種の標的角度の再現を自動運動と他動運動で比較している。その結果、標的角度 75° においてのみ、自動運動条件の絶対誤差 (標的角度と再現角度の差の絶対値) は他動運動条件よりも有意に小さいことが示されている。ただし、彼らの測定肢位は腹臥位であり、我々の端坐位条件とは異なること、また電気角度計を用いているため、他動運動条件は検者の徒手によって行われている。他動運動時の角速度は固有受容器の発火に影響を与える¹⁵⁾ため、ダイナモメーターを用いて角速度で制御した状態で再度、検討する必要があると考える。本研究では、ダイナモメーターを用いて一定の角速度を保持した他動運動で標的角度の提示した後、自動運動と他動運動による再現角度の精度について比較検討することを目的とした。

対象と方法

対象

膝関節に疾患、既往のない健常大学生 20 名 (男性 15 名、女性 5 名、平均年齢: 21.2±0.9 歳、body mass index: 22.0±2.4kg/m²) を本研究の対象とした。全対象に本研究の目的と方法を十分に説明し、研究参加への同意を得た。

方法

膝関節の位置覚の測定には、等速性運動機器サイベックスノルム (メディカ株式会社製) を用いた。被検側は右膝関節とした (被検者は全例右利きであった)。被検者はショートパンツ、裸足にて装置椅子に坐った。被検者にはアイマスクとヘッドフォンを、右足部にはエアスプリントを装着し、視覚、聴覚、足部周囲の感覚を遮断した。また、大腿後面の皮膚が坐面に直接当たらぬようにショートパンツの裾を坐端に合わせ、さらにバックレストに背中が接触しないように指示した。測定時には、被験者の膝窩部が坐面に接触しないように坐面端から 2 横指の距離を保った位置に腕を組んで着坐し、左足は床面につ

かないようにした。矢状面における右膝関節の中心にダイナモメーターの軸を合わせ、脛骨内果から4横指のところで足部のベルトをエアスプリントの上から固定した (Figure 1)。



Figure 1 The measurement of joint position sense in knee joint

Subjects sat on the dynamometer's seat with eye mask, headphone and air splint on right foot. Right leg was moved passively to the target angle with 15 angular velocity from starting position of 30° flexion in three times.

上記の設定が完了した後、JPSの計測を開始した。膝関節 30° 屈曲位を開始肢位として角速度 15° /s で標的角度 10° まで他動的に伸展し、そこで3秒間保持した後、30° 屈曲位まで戻す、この屈伸を3回繰り返す、被検者は伸展時の標的角度を記憶した。再現の方法は自動運動 (active repositioning: AR) と他動運動 (passive repositioning: PR) の2条件を設定した。PR条件では30° 屈曲位の開始肢位から完全伸展位までの範囲を 1° /s で他動的に動かし、標的角度に達したと感じたところで被検者自身が合図をした。AR条件は標的角度を自動運動で再現した。いずれの条件も標的角度を提示した後、角度を再現した。3回の標的角度の再現を行い、標的角度と再現角度の誤差をJPSの精度とし、3回の誤差平均を算出した。記録方法として、標的角度より再現角度が不足した場合を「-」、逆に標的角度を超えて再現した場合を「+」として記録した。なお、予備実験で得られた角速度 15° /s の級内相関係数(1,1)

は0.76である。実施に際し、十分説明し、デモンストラーションを行ってから測定を開始した。ARとPRの2条件の施行順序は被験者によってランダムに施行し、条件間は1週間以上の間隔をあけて実施した。

統計学的検討として、ARとPRそれぞれの3回の誤差平均、および絶対誤差の平均について対応のあるt検定を用いて検討した。統計解析ソフト PASW statistics 18.0 を使用し、全て5%水準にて有意判定を行った。

結果

ARの誤差はPRのそれよりも有意に低値を示した (AR $-0.9 \pm 4.7^\circ$ vs. PR $-5.7 \pm 4.5^\circ$, $p < 0.01$)。同様に、絶対誤差においてもARはPRよりも有意に小さい結果となった (AR $4.0 \pm 2.5^\circ$ vs. PR $6.1 \pm 3.5^\circ$, $p < 0.05$)。

考察

本結果より、自動運動による標的角度の再現は他動運動による再現よりも誤差が低値を示したことから、標的角度を再現する主動筋の筋紡錘はJPSの精度に強く関与するという仮説が証明された。その機序は α - γ co-activation¹⁴⁾による主動筋の筋紡錘からの筋感覚を手がかりとして誤差修正を図ったものと推察される。股関節を対象とした研究においても、他動運動よりも自動運動で再現する方がJPSの精度が高くなることが報告されている¹⁶⁾。本研究では標的角度の提示はAR, PRいずれの条件とも他動運動で施行しており、条件間に差はなかった。仮に、自動運動で標的角度を記憶した場合、標的角度を認識する上で主動筋の筋紡錘から得られる筋感覚は大きな手がかりとなる。肘関節を対象とした研究⁸⁾においても、自動運動で標的角度を記憶した方が再現角度の誤差が減少することが示されている。本結果より、筋収縮によって生ずる筋紡錘由来の筋感覚がJPSに強く関与することが示された。

本結果から得られた知見は運動療法として応用することができる。Frievertら¹⁷⁾は膝前十字靭帯損傷者を対象として、靭帯再建後に行う運動療法として自動運動を行う群と他動運動を行う群に分け、それぞれのJPSに対する効果を比較検討している。その結果、いずれの群においてもJPSは改善したが、自動運動群の方がより効果が高かったことを報告して

いる。これらの研究結果より、筋感覚を利用することのできる自動運動の方が JPS の精度を改善させ、より早期からパフォーマンスの向上につなげることができると考えられる。ただし、過度な自動運動による筋疲労は JPS の精度を低下させる¹³⁾ため、JPS を改善し得る負荷量について、今後、検討していく必要がある。

文献

- 1) 平野弘之, 杉原敏道: 再現検査と模倣検査を用いた関節固有覚評価の比較研究—設定角度および関節運動の違いが評価に与える影響—. *リハ医学* 35, 1998, 236-240.
- 2) Roberts D, Fridén T, Stomberg A, et al: Bilateral proprioceptive defects in patients with a unilateral anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison between patients and healthy individuals. *J Orthop Res* 18: 565-571, 2000.
- 3) Sharma L, Pai YC, Holtkamp K, et al: Is knee joint proprioception worse in the arthritic knee versus the unaffected knee in unilateral knee osteoarthritis? *Arthritis Rheum* 40: 1518-1525, 1997.
- 4) Koralewicz LM, Engh GA: Comparison of proprioception in arthritic and age-matched normal knees. *J Bone Joint Surg* 82-A: 1582-1588, 2000.
- 5) Fridén T, Roberts D, Zätterström R, et al: Proprioception in the nearly extended knee. Measurements of position and movement in healthy individuals and in symptomatic anterior cruciate ligament injured patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 4: 217-224, 1996.
- 6) 小松伸也, 杉原敏道, 三島誠一, 他: 異なる運動方向で出現される関節位置覚の誤認角度について. *東北理学療法学* 20: 61-64, 2008.
- 7) 津田英一, 石橋恭之, 佐々木和広, 佐藤英樹, 藤哲: 運動方向が関節位置覚におよぼす影響. *青森スポ研誌* 12: 17-21, 2003.
- 8) Winter JA, Allen TJ, Proske U: Muscle spindle signals combine with the sense of effort to indicate limb position. *J Physiol* 568: 1035-1046, 2005.
- 9) 杉原敏道, 郷貴大, 高橋玲子, 他: 角度設定する際の角速度の相違による膝関節位置覚への影響. *理学療法科学* 19: 75-79, 2004.
- 10) Sharpe MH, Miles TS: Position sense at the elbow after fatiguing contractions. *Exp Brain Res* 94: 179-182, 1993.
- 11) Allen TJ, Proske U: Effect of muscle fatigue on the sense of limb position and movement. *Exp Brain Res* 170: 30-38, 2006.
- 12) 杉原敏道, 郷貴大, 高橋玲子, 他: 関節位置覚測定で信頼性を得るための条件に関する検討. *東北理学療法学* 16: 14-17, 2004.
- 13) 佐々木賢太郎, 山本康盛: 疲労筋の違いが健常若年者の膝関節位置覚に及ぼす影響. *保健医療学雑誌* (印刷中).
- 14) Allen TJ, Ansems GE, Proske U: Evidence from proprioception of fusimotor coactivation during voluntary contractions in humans. *Exp Physiol* 93: 391-398, 2008.
- 15) 宮里幸, 浦辺幸夫, 山中悠紀, 他: 運動速度の違いが膝関節運動覚に与える影響. *体力科学* 57: 563-568, 2008.
- 16) Pickard CM, Sullivan PE, Allison GT, et al: Is there a difference in hip joint position sense between young and old groups? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 58: 631-635, 2003.
- 17) Friemert B, Bach C, Schwarz W, et al: Benefits of active motion for joint position sense. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14: 564-570, 2006.