



膝装具が機能、及び機械的スタビリティと、身体パフォーマンスに与える影響

R.Reer, V.Nagel, K.M.Braumann

イントロダクション

装具のような体外の安定化装置は、予防、リハビリテーション、セラピーの分野において重要な役割をはたしている^{12,21}。装具の機械的スタビライジング効果は文献で明らかにされている²⁴。学術研究の多くは、装具装着時の外側から加わる力により、脛骨の側方移動の減少が見られるとしている。しかしながら、機械的不安定以外にも、いわゆる機能的不安定は傷害のメカニズムにおいて非常に重要といえる¹³。機能的不安定とは、固有受容覚の不足によるものである²。固有受容器は機械的受容器であり、身体の位置、動作、強度を知覚するものである^{5,26}。これら固有受容器は、関節、関係する筋肉、腱、靭帯、関節を直接覆う皮膚の部分に位置している。機能的不安定が傷害メカニズムにおいて重要であることから、装具の神経生理学的相互作用と実際のスポーツ場面での作用の効果への関心が高まっている。このように関心が高まる中、装具が固有受容覚の能力にポジティブな影響を与えることが証明された²¹。装具は、この重要な特徴により、筋骨格系の受傷の発生減少に貢献するのである。さらに進んで、多くの研究は、装具の機械的及び機能的インスタビリティに与える効果を示しているのであるが、身体パフォーマンスへの影響が重要な役割を果たすことも同様に示している。つまり、運動中の装具の予防的使用は、装具が身体パフォーマンスに何ら不利な結果をもたらさない場合のみ、アスリートとそのコーチに受け入れられるのである²²。これらのことから、装具には高いレベルの快適性をもたらすことと、あわせてスポーツ中の制約とならないことが求められるのである。

研究のゴール

本研究のゴールは、スタビライゼーション能力、安全であるとの認識、身体にかかる負担をテストすることである。

マテリアルとメソッド

被験者

ドイツ ハンブルグ大学スポーツ科学学部の学生23名が被験者として本研究に参加した。

男性：13名、女性：10名 年齢：28.9歳±6.3歳 身長：178.7±9.4" 体重：73.2±12.1kg

当時、全ての被験者に重度の疾患や外傷はなかった。研究の流れの説明後、被験者から書面によるインフォームドコンセントを得た。

マテリアル

テストの対象とした装具は、機能的膝装具SofTecゲニューである。(パウアーファインド社製、ケンペン、ドイツ) SofTec装具の適応症は、ACL断裂、膝関節の不安定、人工膝関節の靭帯器管の不安定である。

研究のデザイン

SofTec装具は熟練スタッフが、被験者ごと個々に適合した。装具の個別サイズは、安静状態の20°~30°下肢屈曲位で、人体測定学上の3つの測定ポイントの採寸値に基づき決定した。

! 膝蓋骨の中間部の周径

" 膝蓋骨中間部から15" 下方の下肢の周径

膝蓋骨15" 上方

SofTec特有の調整過程により、3次元空間内での最良の回旋軸の位置を決定し、その位置でロックした。これらの手順により、それぞれの被験者は、理想的に調整された装具をもって、運動セッションに臨んだ。

研究は、ドイツ、ハンブルグ大学のスポーツ科学学部のスキー旅行を枠組みとしてリレハンメルで2週間に渡り行われた(図1、2)。被験者は通常のトレーニングセッション中に装具を装着した。彼らは、認識と評価を、画一化されたアンケートに記入した。機械的及び機能的スタビライジング特性と、身体パフォーマンスの特性を同様に、二つの異なる時点で評価した。運動後最初の15分(以下、15E)と幾つかの単一のトレーニングセッションからなる全てのトレーニングサイクルの終了時(以下、SE)である。画一化したアンケートには0~10のスケールを用いた。



図1 クロスカントリースキーの機能ウェアの上に、膝装具を装着している。

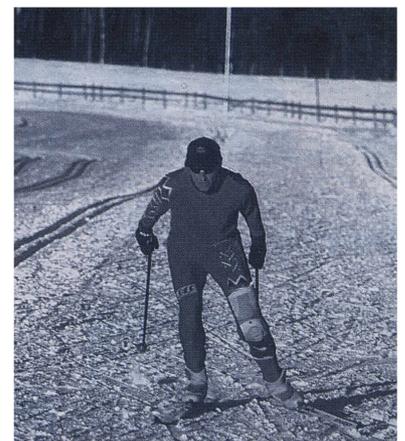


図2 装具装着時のクロスカントリースキーでのスケーティング・テクニック。軸足、振り出した足双方の内外側靭帯及び内外側半月板に、側方から高い応力がかかる。

0:最悪 5:普通(装具非装着の反対側に相当)
6-10:装具非装着の反対側よりも良い。 10:最良

値は全て、平均数値5と比較した差異(D±SEM)として報告を受けた。
上記の通り、装具非装着の反対側と一致する値を平均値として規定した。

結果

2週間の観察期間中、全体では、装具は 26.6 ± 15.9 時間装着され、その頻度は 4.9 ± 1.9 回であった。値は全て、差異(D±SEM)として報告を受けた。平均値である5は、装具非装着の反対側に相当するものとして規定した。

スタビライジング能力(図4)

装具非装着の反対側の値を5とした時、その比較において、装具のスタビライジング能力は非常に良好な評価を得た。15Eの値は $+1.6 \pm 0.4$ 、SEの値は $+1.8 \pm 0.4$ であり、その差異は最低限(有意差無し)であった。

安全であるとの認識(図4)

安全であるとの認識の値は、スタビライジング能力と近い範囲であった。統計学的な有意差は無く、15Eが $+1.9 \pm 0.4$ 、SEが 1.7 ± 0.5 であった。

身体パフォーマンス(図4)

装具非装着の身体パフォーマンスを5.0として比較した場合、被験者は装具装着時の身体パフォーマンスをより高いと評価した。15Eの値 $+0.3 \pm 0.3$ との比較では、SEの値は (0.5 ± 0.3) であり、差異を傾向として示した。

総合的評価

23名の被験者中、19名がSofTec装具は良好なスタビリティをもたらし、快適性においても受容できるとした。わずか2名のみが、装具に満足できず、2名が中立的評価をした。

ディスカッション

固有受容覚の、抹消から中枢に向かうフィードバックのメカニズムは、感覚運動系の最良のパフォーマンスを得るために重要な役割を果たす。位置、動作、関節の強さに関する抹消から中枢への情報は、随意または不随意に中枢神経系で処理される¹⁵⁾²⁶⁾。その基礎をなす解剖学的・生理学的の相互関係は、異なる機械的受容器群、中枢神経系内の求心路群、情報を処理する脳幹、小脳、中脳、皮質内の中枢神経系中枢からなる複雑な体系を構成している。中枢神経系内での求心性インパルスの統合的処理とトランスレーションは、運動系の機能と協調に影響を与え、奮闘を要する活動の際の動的保護に貢献する。

装具が固有受容能力に対して良好な効果をもたすことが良く知られている¹²⁾。第一に、固有受容能力の改善は、それ自体で、傷害発生率の顕著な減少を導く。もう一方で、固有受容覚は、静的及び動的活動において、安定化と空間的適応を保証する事実から、外傷後のリハビリテーション分野でも重要である¹⁴⁾。固有受容能力の向上による機能的スタビライゼーションに加え、装具は機械的スタビライゼーションにもポジティブな効果を与える⁴⁾⁷⁾²⁸⁾。装具は、側方に働く力に対して20%~30%高く抵抗し¹⁾、さらに、脛骨の前方移動を減少する。¹⁷⁾

術後リハビリテーションの全過程が、患者のセラピーの成功のために極めて重要であることは明白である。治療コース中で、早期にモビライゼーションすることは最良の結果を導く。適切なりハビリテーションは、動作制限につながる痛みの緩和や、関節包の拘縮の防止を達成し、関節軟骨にポジティブな効果をもたらす³⁾、癒痕形成を最小化する³⁾。機能的膝装具のスタビライゼーション機能は立証されており、関連部位の保護効果も果たすとされている⁴⁾⁷⁾²⁸⁾。これは、特に、外傷後及び術後早期専用のリハビリテーションセラピーの枠組みにおいて、前方の剪断力への適応や内部の捻じれに適応するものである³⁾。これらの研究は、装具は、第一に、良好な機械的スタビライゼーション⁴⁾以外にも、良好な機能的スタビライゼーションを同様にもたらす¹⁸⁾ことに、特にアドバンテージがあるとしている。一方、装具は、負荷に耐える間や、リハビリテーションにおいても同様に起きる身体パフォーマンスを制限してはならない²⁵⁾。身体パフォーマンスが装具のタイプに大きく左右されることは、研究が実証している¹⁶⁾¹⁷⁾。装具の身体パフォーマンスへの影響については、筋肉内の環境を妨げるような圧力の下での筋肉内部の隆起や²⁵⁾、装具の重量、固定ストラップによる確実な適応が重要なファクターとなる。さらに進んで、装具は固有受容構造に効果をもたらすことで、身体的パフォーマンスにポジティブな影響を与えることができる。何故なら、固有受容覚は、位置、動作、強度の感覚をその特徴として持つので、全ての身体活動に重要だからである。¹³⁾¹⁸⁾²⁰⁾装具が身体パフォーマンスに対して、重大な効果を与えるかどうかについては、文献において、論争的となっている。¹⁾²⁵⁾しかしながら、リハビリテーションプログラムの枠組みにおいて、数週間を超える一つの期間経過後に装具を取り外した後の、長期的にポジティブな結果が示されている。基礎となる値と比較して、身体パフォーマンスの変化は、何ら確認されていない²⁷⁾。この結果は、例えば、歩行技術や神経接続などの重要なバイオメカニカル上のパラメーターは、装具装着により影響されないことを証明している。しかし、この重要な問題に対しては、より多くのエビデンスを増やしていくことが必要である。

本研究データは、SofTec膝装具が、その良好なスタビライゼーション能力や安全であるとの認識以外にも、身体パフォーマンスに良好に適することを示している。本研究では、身体パフォーマンスが、装具非装着時よりも装具装着時の方がより高いとさえ評価されている。これは、被験者が健康で本スポーツ分野において非常に経験を積んでいる事からすると、特に着目すべき結果である。

それは、装具がその良好な機械的及び機能的(固有受容覚による)スタビライゼーションにより、高い協調と固有受容への負担がかかるクロスカントリースキースポーツに対して、ポジティブな効果をもたらしたと推測できるからである。これらのことから、機能的膝装具は、協調が求められる身体活動において身体的パフォーマンス向上を導くと結論することができる。

しかしながら、協調が求められない運動中は、身体的パフォーマンスの減少も予想できる¹⁰⁾。どの程度減少の可能性があるのかは、同様に、装具のタイプに大きく左右される¹⁶⁾¹⁷⁾。故に、臨床では、「運動に適した」装具と「運動に適さない」装具が供給されていることを、考慮に入れなければならない。

15分の運動後と幾つかの運動セッション後とで、スタビライゼーション能力、安全であるとの認識、身体的パフォーマンスのような重要な特徴の評価において、なんと顕著な差異を示さなかったという事実は、長期間の試験した膝装具の耐久性を証明している。

結論として、本研究により示されたデータは、SofTec膝装具は、高い程度の機械的及び機能的スタビライゼーション能力を有することと、身体活動に適することを仮定として導く。同様に、ソフテック膝装具は、保存的リハビリテーションプログラムの枠組みにおいても使用できる。しかしながら、さらに予測を進め、SofTec膝装具のリハビリテーションプログラム及び身体活動における効果について決定的な証明をするためには、より長い観察期間をもつ長期の客観的研究が必要である。

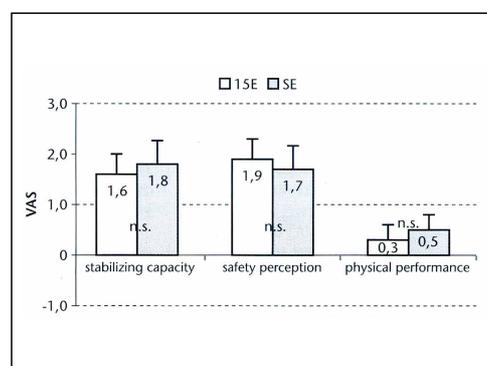
加えて、固有受容覚によるスタビライゼーションと機械的スタビライゼーションのメカニズムや、装具がこれらの変数に与える効果への詳細なレビューも、SofTec膝装具のパフォーマンスの。最終の評価をする上で非常に重要である。

参照・リファレンス

1. Albright JP, Saterbak A, Stokes J: Use of knee braces in sport. Current recommendations [editorial]. Sports Med; 20: 281-301, 1995.
2. Barrack RL, Skinner HB, Buckley SL: Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. Am J Sports Med; 17: 1-6, 1989.
3. Beynonn BD, Johnson RJ: Anterior cruciate ligament injury rehabilitation in athletes. Biomechanical considerations. Sports Med; 22: 54-64, 1996.
4. Beynonn BD, Fleming BC: Anterior cruciate ligament strain in vivo a review of previous work. J Biomech; 31: 519-525, 1998.
5. Caraffa A, Cerulli G, Proietti M, Asia G, Rizzo A: Prevention of anterior cruciate ligament. Injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc; 4: 19-21, 1996.
6. Cordo P, Bevan L, Gurfinkel V, Carlton L, Carlton M, Kerr G: Proprioceptive coordination of discrete movement sequences: mechanism and generality. Can J Physiol Pharmacol; 73: 305-315, 1995.
7. Erickson AR, Yasuda K, Beynonn B, Johnson R, Pope M: An in vitro dynamic evaluation of prophylactic knee braces during lateral impact loading. Am J Sports Med; 21: 26-35, 1993.
8. Gillquist J: Knee ligaments and proprioception. Acta Orthop Scand; 67: 533-535, 1996.
9. Halata Z, Wagner C, Baumam KI: Sensory nerve endings in the anterior cruciate ligament (lig. cruciatum anterius) of sheep. Anat Rec; 254: 13-21, 1999.
10. Highgenboten CL, Jackson A, Meske N, Smith J: The effects of knee braces wear on perceptual and metabolic variables during horizontal treadmill running. Am J Sports Med; 19: 639-643, 1991.
11. Jankowska E: Interneuronal relay in spinal pathways from proprioceptors. Prog Neurobiol; 38: 335-378, 1992.
12. Jerosch J, Hofstetter I, Bork H, Bischoff M: The influence of orthoses on the proprioception of the ankle joint. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc; 3: 39-46, 1995.
13. Jerosch J, Pryka M: Knee proprioception in patients with posttraumatic recurrent patella dislocation. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc; 4: 14-18, 1996.
14. Laskowski ER, Newcomer-Aney K, Smith J: Proprioception. Phys Med Rehabil Clin N Am; 11: 323-340, 2000.
15. Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL, Fuu FF: The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. Am J Sports Med; 25: 130-137, 1997.
16. Liggins AB, Bowker P: A quantitative assessment of orthoses for stabilization of the anterior cruciate ligament deficient knee. Proc Inst Mech Eng H; 205: 81-87, 1991.
17. Liu SH, Lunsford T, Gude S, Vangness CT Jr: Comparison of functional knee braces for control of anterior tibial displacement. Clin Orthop; 303: 203-210, 1994.
18. McNair PJ, Stanley SN, Strauss GR: Knee bracing: effects of proprioception. Arch Phys Med Rehabil; 77: 287-289, 1996.
19. Mishra DK, Daniel DM, Stone ML: The use of functional knee braces in the control of pathologic anterior knee laxity. Clin Orthop; 241: 213-220, 1989.
20. Nemeth G, Lamontagne M, Tho KS, Eriksson E: Electromyographic activity in expert downhill skiers using functional knee braces after anterior cruciate ligament injuries. Am J Sports Med; 25: 635-641, 1997.
21. Perlau R, Frank C, Fick G: The effect of elastic bandages on human knee proprioception in the uninjured population. Am J Sports Med; 23: 251-255, 1995.
22. Pienkowski D, McMorrow M, Shapiro R, Caborn DNM, Stoyton J: The effect of ankle stabilizers on athletic performance: a randomized prospective study. Am J Sports Med; 23: 757-762, 1995.
23. Sainburg RL, Poizner H, Ghez C: Loss of proprioception produces deficits in interjoint coordination. J Neurophysiol; 70: 2136-2147, 1993.
24. Steinbrück K: Rehabilitation des Kniegelenkes nach Kreuzband-Operationen. Orthopädie-Technik; 9: 1-6, 1997.
25. Styf J: The effects of functional knee bracing on muscle function and performance. Sports Med; 28: 77-81, 1999.
26. Takebayashi T, Yamashita T, Minaki Y, Ishii S: Mechanosensitive afferent units in the lateral ligament of the ankle. J Bone Joint Surg; 79B: 490-493, 1997.
27. Veldhuizen JW, Koene FM, Oostvogel HJ, von Thiel TP, Verstappen FT: The effects of a supportive knee brace on leg performance in healthy subjects. Int J Sports Med; 12: 577-580, 1991.
28. Wojtyś EM, Kothari SU, Houston LJ: Anterior cruciate ligament functional brace use in sports. Am J Sports Med; 24: 539-546, 1996.



図# 装具装着時のクロスカントリースキーのクラシカル・テクニック。斜め前方に向かう押し離す推進力が、膝装具により軸足においてスタビライジングされている。



図\$ 標準化したアンケートによる、スタビライゼーション能力、安全であるとの認識、身体パフォーマンスの結果。データは、装具非装着の反対側(基線)と比較した、差異(D±SEM)として報告された。