

## 脊損患者における下肢の骨萎縮の検討

元田 英一<sup>1)</sup>, 田中宏太佳<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>労災リハビリテーション工学センター

<sup>2)</sup>中部労災病院リハビリテーション科

(平成20年3月19日受付)

**要旨:**【目的】脊損患者の麻痺肢は脊損による骨代謝の変化と、荷重しないことによる廃用のために高度の骨萎縮がおこる。そのため少しの外力で骨折の危険が増す。立位/歩行が骨萎縮の防止に有効であるといわれ、近年、立位/歩行を可能にする装具が開発され、医療従事者から患者に勧められている。しかし、下肢への荷重が骨萎縮にどの程度関係するのか、どの程度の荷重頻度が骨萎縮の防止に有効なのかという報告はない。今回、脊損患者で下肢への荷重頻度が下肢の骨萎縮にどの程度関係するのかを検討した。

【対象】対象は中部労災病院リハ科に通院している完全・不全麻痺の脊損患者で、移動手段として車椅子を常用している44名である。また、歩行に問題がない健常者10名をコントロールとした。

【方法】立位荷重の程度は以下の5段階にわけた。検査前の1年間で、1. 全く立位は取っていない。2. 1と3の間。3. 週に1~2回、1日に合計5分以上30分以下の立位または歩行している。4. 3と5の間。5. ほとんど毎日30分以上立位または歩行している。6. コントロール。骨塩量の測定には超音波による踵骨の音響的骨評価値(OSI)を用いた(アロカ社製, ASO-100)。OSIを年齢と性別で補正し、分散分析を使用して統計解析を行った。

【結果】OSIは1と2, 3, 4, 5, 6間でそれぞれ有意差あり、1, 2, 3, 4, 5と6の間で有意差が見られたが、2, 3, 4, 5間では有意差は認められなかった。

【結論】下肢に対する荷重が脊損患者の下肢の骨萎縮をある程度防止する作用は認められたが、荷重の程度による差は認められなかった。

(日職災医誌, 56:187-191, 2008)

### —キーワード—

脊髄損傷, 骨萎縮, 下肢への荷重

### はじめに

脊損患者の麻痺肢は、脊損がもたらす自律神経機能の異常と骨代謝の変化という麻痺そのものによる神経学的な要因と麻痺による筋活動の停止がもたらす廃用性の萎縮というバイオメカニカルな要因の2つにより高度な骨萎縮がおこる。その結果日常動作の少しの外力で骨折が生じる危険性が増す。しかし、この2つの要因が脊損患者の骨萎縮にたいしてそれぞれどのようなウエイトを占めているかは不明である。しかし、脊損そのものの治療が期待できない現在、バイオメカニカルな要因のみが改善可能な要素である。骨はWolffの法則により力学的ストレスが加わると形成され、ストレスがなくなると吸収されることは良く知られている。立位/歩行が骨萎縮の防

止に有効であるといわれ、立位/歩行を可能にする装具、立位保持をする装置、立位が可能な車椅子等が開発され、医療従事者から患者に勧められている。しかし、下肢への荷重が骨萎縮の防止にどの程度関係するのか、どの程度の頻度の荷重が骨萎縮の防止に有効なのかという点では一定の見解はない。

今回、1. 脊損患者で下肢への荷重が骨萎縮を防止するかどうか。2. 下肢に加える荷重頻度がその骨萎縮の程度に関係するのか。以上2点を検討した。

### 方法と対象

対象は中部労災病院リハ科に通院している完全・不全麻痺の脊損患者で移動手段として車椅子を常用している44名である。男性38名、女性6名、年齢は22歳から72



図1 アロカ製超音波骨密度測定装置

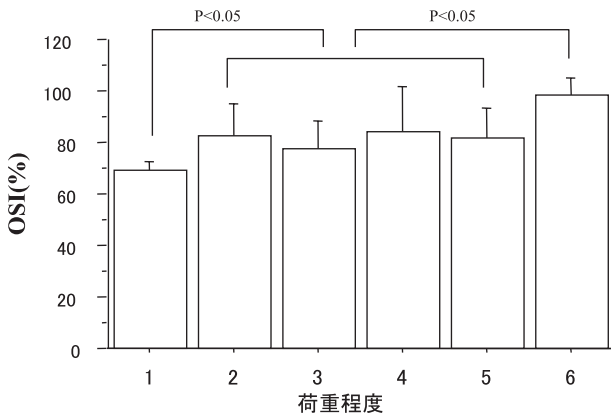


図2 荷重頻度と OSI (正常に対する%) の関係

歳, 平均 50.8 歳である. 麻痺の程度では, ASIA A : 12 名, B : 6 名, C : 10 名, D : 16 名であった. 受傷から検査までの期間は 185 日から 8,003 日, 平均 1,536 日であった. 受傷直後は脊損の影響が及んでいないと考えられるため, 受傷後半年以内の症例は除外した. 立位荷重の程度は以下の 5 段階にわけた.

検査前の約 1 年間で (受傷後 1 年を満たさない人は, 受傷後からの状態を)

1. 全く立位は取っていない.
2. 1 と 3 の中間.
3. 週に 1~2 回, 1 日に合計 5 分以上 30 分以下の立位または歩行している.
4. 3 と 5 の中間.
5. ほとんど毎日 30 分以上立位または歩行している.

また, 歩行に問題がない健常者 10 名 (男性 8 名, 女性 2 名, 平均年齢 48.7 歳) をコントロールとした.

骨塩量の測定には超音波による踵骨の音響的骨評価値 (OSI) を用いた (アロカ社製, ASO-100, 図 1). OSI は材料の密度に比例する超音波速度 (SOS) と海綿骨の骨量が多いほど高周波成分が吸収される性質を利用した指標である透過指標 (TI) 用いて  $OSI = TI \times SOS^2$  と表される. メーカー発表の DXA との相関は踵骨で SOS が 0.836, TI が 0.862, OSI が 0.866 と良好である. 放射線被曝がな

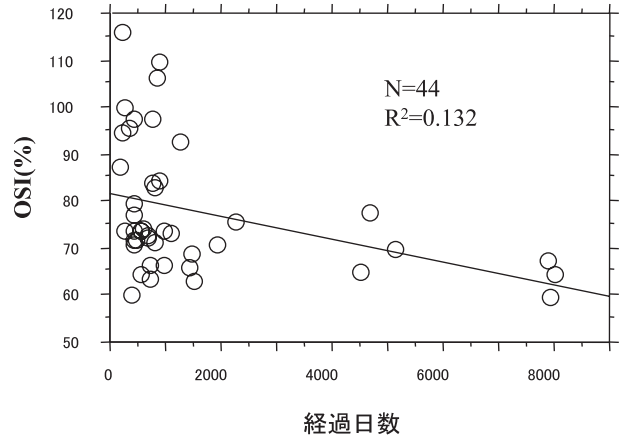


図3 受傷後経過年数と OSI (正常に対する%) の関係

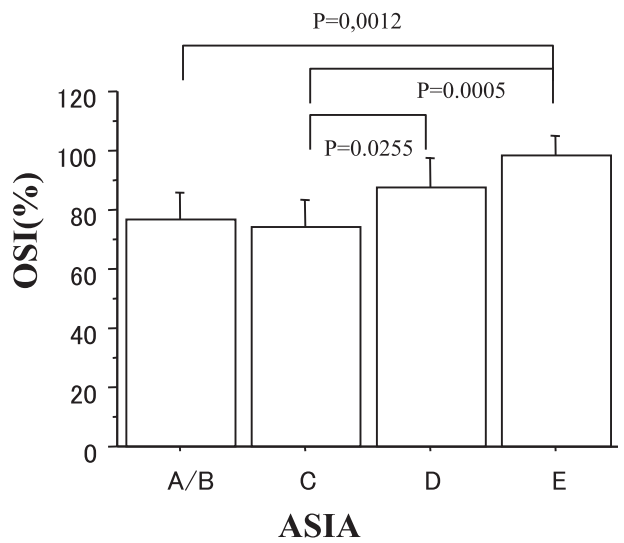


図4 麻痺の重症度と OSI (正常に対する%) の関係

い, 簡便で測定時間が短い (5 秒程度), 測定場所を選ばない等の特徴があり, 車椅子の脊損患者の骨評価には最適と考えた. OSI と荷重量の関係の他に, 麻痺の重症度と OSI, 受傷からの経過年数と OSI の関係も検討した.

OSI を年齢と性別で補正し, 分散分析を使用して統計解析を行った.

### 結 果

#### 1. 荷重頻度と OSI

OSI はグループ 1 とグループ 2, 3, 4, 5 及びコントロール間でそれぞれ有意差があり, グループ 1, 2, 3, 4, 5 とコントロール間でも有意差が見られたが, グループ 2, 3, 4, 5 間では有意差は認められなかった (図 2).

#### 2. 受傷からの経過年数と OSI

経過年数がたつにつれて OSI は減少する傾向を認めた (図 3).

3. 麻痺の重症度と OSI との関連をみたが, ASIA A, B, C のグループは D, E グループより有意に OSI が小さかった (図 4).

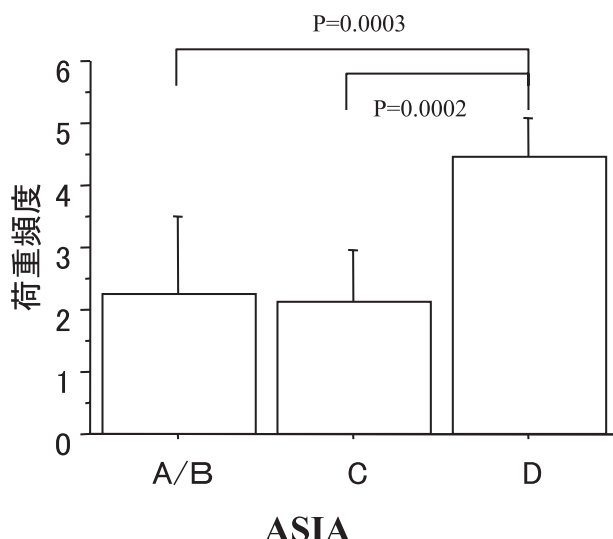


図5 麻痺の重症度と荷重頻度との関係

4. 麻痺の重症度と荷重の関係では ASIA A, B, C 群は D 群に比べて有意に荷重頻度が少なかった (図5)。

### 考 察

#### 超音波法の信頼性について

踵骨の OSI は DXA 法による BMD に較べて、下肢骨の萎縮を評価する方法としては、その信頼性と有用性に肯定的な報告が多い。

Faulkene ら<sup>1)</sup>は 170 名の閉経後の女性に踵骨の超音波測定と脊椎、前腕、全身の DXA との比較では相関は 0.26~0.63 と弱いと述べているが、Turner ら<sup>2)</sup>は 336 名の白人老女性を調査し、大腿骨頸部骨折グループと非骨折グループ間では踵骨の超音波計測の方が大腿骨頸部 BMD より有意差があったと述べている。Schott ら<sup>3)</sup>は頸部骨折の 43 名の女性と 86 名のコントロール間で DXA 法にまして有意な差がみられたとのべ、其の理由を DXA は骨密度を表すが、骨の強度に対しての情報少ない反面、超音波は骨密度だけでなく骨の構造、弾性の情報も含んでおり、骨折の危険性の評価にはより適当であると結論づけている。中土ら<sup>4)</sup>は DXA と OSI を比較し、相関係数は大腿骨頸部 BMD & 踵骨 BMD が 0.913、踵骨 OSI & 大腿骨頸部 BMD が 0.880 と報告している。黒澤ら<sup>5)</sup>は踵骨 OSI と踵骨 DXA との相関は 0.780 (女性)、0.724 (男性)、大腿骨頸部 DXA との相関は 0.627 (女性) 0.617 (男性) であり、スクリーニングとして有用であると、Warden ら<sup>6)</sup>は脊損患者の男性 15 症例を 6 週間、DXA 法で計測、US は DXA と同様に sensitive であり、そのポータブル性を考えると、受傷早期からの測定に有用であると述べている。

#### 結果の考察

今回の調査では、ある程度の荷重をしているグループは全く荷重をしていないグループより有意に OSI が高値であり、荷重が骨萎縮を予防する効果は認められた。

しかし、荷重の頻度による有意差は認められなかった。荷重の頻度と骨萎縮の関係はさらに症例数を増やして検討する必要がある。また、十分に荷重している 5 群でもコントロールに較べて有意に低値であったのは、脊損そのものの神経学的な問題が関与しているのか、荷重の絶対量が健常者に比べて少ないためなのか今後の検討を要する。

荷重と骨萎縮の関係に関する報告は多数ある。Leeds ら<sup>7)</sup>は 6 カ月の FES バイク訓練で BMD の増加はなかったと、Charles ら<sup>8)</sup>は立位は BMD に対して何ら、変化を与えなかったと、BeDell ら<sup>9)</sup>は平均 34 週の FES バイクでの訓練はなら骨密度の増加をもたらさなかったと、Needham ら<sup>10)</sup>は Parastep を用いての 11 週の歩行訓練で BMD の増加はなかったと、Dautty ら<sup>11)</sup>は毎日の坐位の時間と腰椎の BMD、立位時間と下肢の BMD には相関はなく、LLB の使用と BMD にも関連性が無く、機械的なストレスは BMD に影響を与えず、神経学的な要因の方が大きいとそれぞれ報告している。しかし、これらの報告はコントロール群との比較は行っておらず、BMD が減少したか変化しなかったという結果より機械的なストレスは BMD に影響を与えないと結論づけることはできない。一方、コントロール群との比較を行った報告では、BMD の変化はコントロール群に較べて有意差があることが報告されている。Goemaere ら<sup>12)</sup>は立位を取っているグループは取っていないグループより有意に BMD が大きいと、Eling ら<sup>13)</sup>は早期から荷重を行ったグループは、非荷重のグループに較べて有意に骨萎縮が少なかったと、Shin-Ching ら<sup>14)</sup>は 6 カ月の FES バイクの訓練が有意に BMD を増加させ、その後 6 カ月の訓練なし期間後に有意に減少したと、Shields ら<sup>15)</sup>は脛骨の BMD は FES で筋トレした側が有意に BMD の減少が少なかったとそれぞれ報告している。これらの報告からも、神経学的な要因とともに力学的ストレスが骨萎縮にある程度の影響を与えていると結論づけられる。

受傷後の期間と骨密度の関係では Demire ら<sup>16)</sup>は 41 症例の SCI 患者で BMD の loss と受傷後の期間が相関したと、また Kurtulus ら<sup>17)</sup>は SCI 75 名で大腿骨近位の BMD は受傷後の経過年数とともに減少したと述べている。我々の結果でも受傷後の経過とともに踵骨の OSI は減少する傾向が見られた。Kurtulus ら<sup>17)</sup>はまた、麻痺のレベル、麻痺の程度、痙性の程度で BMD には有意差はなかったと述べているが、我々の結果では麻痺の重症度と OSI は ASIA A, B, C と D で有意差が認められた。しかし、荷重頻度も ASIA A, B, C と D の間でも有意差がみられたことから、神経学的な問題よりも、麻痺の重症度による荷重頻度の差が影響している可能性が大きいと思われる。

今後、受傷直後からの長期の prospective study が必要と思われる。

## 結 語

1. 音響的骨評価値 (OSI) を用いて, 脊髓損傷者の踵骨の骨萎縮の程度を評価し, 日常的な下肢への荷重頻度との関係を検討した。

2. 全く荷重していないグループ, 何らかの荷重をしているグループ, 健常者グループの間では有意な OSI の差が見られたが, 荷重の頻度による有意差は見られなかった。日常的な下肢への荷重が骨萎縮の進行を防ぐ効果を確認できたが, 荷重の程度・頻度との関係は不明であった。

## 文 献

- 1) Faulkner KG, McClung MR, Coleman LJ, Kingston-Sandahl E: Quantitative Ultrasound of the heel: Correlation with Densitometric measurements at Different Skeletal Site. *Osteoporosis Int* 4: 42—47, 1994.
- 2) Turner CH, Peacock M, Timmerman L, et al: Calcaneal Ultrasonic Measurements Discriminate Hip Fracture Independently of Bone Mass. *Osteoporosis Int* 5: 130—135, 1995.
- 3) Schott AM, Weill-Engerer S, Hans D, et al: Ultrasound Discriminates patients with Hip Fracture Equally Well as Dual Energy X-ray Absorptiometry and Independent of Bone Mineral Density. *J Bone and mineral research* 10 (2): 243—249, 1995.
- 4) 中土幸男, 土金 彰, 野村彰夫, 吉田郁夫: 踵骨の超音波伝搬パラメータの年齢的变化と骨粗鬆症の踵骨, 腰椎, および大腿骨頸部骨塩量との相関, 日本臨床バイオメカ学会抄録. 1996, pp 121.
- 5) 黒澤幸男, 雄鹿 薫, 本橋利美, 他: 骨粗鬆症予防検診の基礎的検討—踵骨超音波法の有用性. *予防ジャーナル* 325: 66—72, 1997.
- 6) Warden SJ, Bennell KL, Mathews B, et al: Quantitative ultrasound assessment of acute bone loss following spinal cord injury: a longitudinal pilot study. *Osteoporosis Int* 13: 586—592, 2002.
- 7) Leeds EM, Klose KJ, Ganz W, et al: Bone mineral density after bicycle ergometry training. *Arch Phys Med Rehabil* 71: 207—209, 1990.
- 8) Charles FK, Erika S, Brian E, et al: “Standing” on Spasticity, Contracture, and Osteoporosis in Paralyzed males. *Ach Phys Med Rehabil* 74: 73—78, 1993.
- 9) BeDell KK, Scremin AME, Perell KL: Effect of functional electrical stimulation-induced lower extremity cycling on bone density of spinal cord-injured patients. *Am J Phys Med Rehabil* 75 (1): 29—34, 1996.
- 10) Needham-Shropshire BM, Bronton JG, Klose KJ, et al: Evaluation of Training program for persons With SCI Paraplegia Using the Prastep 1 Ambulation System; part 3. lack of Effect on Bone Mineral Density. *Arch Phys Med Rehabil* 78: 799—803, 1997.
- 11) Dauty M, Perrouin Verbe B, Maugars Y, et al: Supralesional and sublesional bone mineral density in spinal cord-injured patients. *Bone* 27: 305—309, 2000.
- 12) Goemaere S, Laere MV, Neve PD, Kaufman JM: Bone Mineral Status in Paraplegic Patients Who Do or Do Not Perform Standing. *Osteoporosis Int* 4: 138—143, 1994.
- 13) Eling DB, Petra FR, Roland EH, et al: Changes of Tibia Bone Properties After Spinal Cord Injury: Effect of Early Intervention. *Arch Phys Med Rehabil* 80: 214—220, 1999.
- 14) Shin-Ching C, Chien-Hung L, Wing PC, et al: Increase in bone mineral density after functional electrical stimulation cycling exercise in spinal cord injured patients. *Disability and Rehabilitation* 27 (22): 1337—1341, 2005.
- 15) Shields RK, Dudley-Javoroski S, Law LAF: Electrically Induced muscle Contractions Influence Bone density Decline After Spinal Cord Injury. *Spine* 31 (5): 548—553, 2006.
- 16) Demirel G, Yilmaz H, Paker N, Onel S: Osteoporosis after spinal cord injury. *Spinal Cord* 36 (12): 822—825, 1998.
- 17) Kurtulus K, Canan A, Sumru O, et al: Evaluation of Bone Mineral Density in Patients with Spinal Cord Injury. *J Spinal Cord medicine* 29 (4): 396—401, 2006.

---

別刷請求先 〒455-0018 名古屋市港区港明1—10—6  
 労災リハビリテーション工学センター  
 元田 英一

### Reprint request:

Eiichi Genda  
 Rosai Rehabilitation Engineering Center, 1-10-6, Koumei,  
 Minato-ku, Nagoya, 455-0018, Japan

## **Osteoporosis of Lower Legs after Spinal Cord Injury —Loading Degree and Bone Atrophy—**

Eiichi Genda<sup>1)</sup> and Hiroataka Tanaka<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Rosai Rehabilitation Engineering Center

<sup>2)</sup>Department of Rehabilitation, Chubu Rosai Hospital

[Introduction] Lower legs of spinal cord-injured (SCI) patients suffer severe bone atrophy, because of neurological disorder, bone metabolic change and disuse atrophy. As a result, the patients easily experience bone fracture. Standing and/or walking reportedly prevent bone atrophy, and both are medically recommended. However, there is little information about how much load is necessary and how often it should be practiced. The objective of this study is to investigate the relation between loading degree and bone atrophy.

[Subjects] Forty-four SCI patients with incomplete paralysis who used wheel chairs for locomotion, and ten healthy people for control were selected for subjects.

[Methods] Loading degree was classified into five groups. Group 1: No standing and no walking. Group 3: Standing and/or walking more than 5 minutes and less than 30 minutes, one or two times per week. Group 5: Standing and/or walking more than 30 minutes almost every day. Group 2: Between 1 and 2. Group 4: Between 3 and 5.

In order to evaluate the mechanical features of bone, OSI (osteosono-assessment Index) of calcaneus (ASO-100 AROKA) was adopted. OSI values were standardized by age and gender. ANOVA was used for statistical analysis.

[Result] Group 1 had a significantly smaller OSI than group 2, 3, 4, 5 and control. Control group had a significantly larger OSI than all SCI groups. However, there was no significant difference among groups 2, 3, 4 and 5.

[Conclusions] Loading on lower legs prevented atrophy of lower leg bones, however, loading degree made no significant difference.

(JJOMT, 56: 187—191, 2008)