

歩行可能な二分脊椎患者の歩行分析

宮崎県立こども療育センター整形外科

柳 園 賜一郎・山 口 和 正

要 旨 二分脊椎は神経管の閉鎖障害の結果として起こり、その病変部位高位により知覚・運動麻痺の範囲が決まる。その治療を進める上で筋力低下に対する代償機能の理解は重要である。そこで今回我々は独歩可能な二分脊椎患者に対してアニメ社製三次元歩行分析装置を用いて運動学的・運動力学的評価を行った。対象は裸足歩行可能な二分脊椎患者5例で年齢は14歳7か月～22歳11か月、男性3例、女性2例であった。神経学的レベルはSharrardの分類でL4レベル1例、L5レベル2例、S1レベル2例であった。二分脊椎患者の歩行に特徴的な立脚期の骨盤前傾増加、前顔面での遊脚期骨盤挙上、横断面での骨盤回旋可動域増加、立脚期の膝関節伸展モーメント増加をみた。

はじめに

二分脊椎は神経管の閉鎖障害の結果として起こり、その病変部位高位により知覚・運動麻痺の範囲が決まる。患者ごとに残存能力が異なり、また左右差、痙性の有無、脚長差、関節拘縮、足部変形、側弯等の問題も混在し、治療計画は複雑になる¹⁾。今回我々は当センターに通院中の歩行可能な二分脊椎患者に対して運動学的・運動力学的評価を行ったので若干の文献的考察を加えて報告する。

対象・方法

対象は裸足歩行可能な二分脊椎患者5例で、年齢は14歳7か月～22歳11か月、平均18歳2か月、性別は男性3例、女性2例であった。神経学的レベルの決定にはSharrardの分類³⁾を用い、徒手筋力検査で3以上を有効とし、L4レベルの患者は四頭筋・内側ハムストリング・前脛骨筋が機能するもの、L5レベルの患者はそれに加えて股

関節外転筋が、S1レベルの患者はさらに大殿筋、外側ハムストリング、下腿三頭筋が機能しているものとした。5例の神経学的レベルはL4レベル1例、L5レベル2例、S1レベル2例であった。

時間距離因子、運動学的・運動力学的評価にはアニメ社製三次元動作分析装置MA2000、フォースプレートMG1090を用いた。歩行速度は自由とし、最低3ストライドを採取し正規化を行った。歩行周期は8相のsub phase(initial contact, loading response, mid stance, terminal stance, pre swing, initial swing, mid swing, terminal swing)⁷⁾に従って区分した。評価項目は時間距離因子、骨盤前傾・側傾・回旋、矢状面での股関節・膝関節・足関節の角度変化、モーメント、パワーについて評価を行った。これらを当センターで計測した正常成人データと比較検討した。

結 果

時間距離因子では正常と比較して、歩行速度の低下、ストライド長の短縮を全例で認め、歩行率

Key words : spina bifida(二分脊椎), gait analysis(歩行分析), pelvic tilt(骨盤前傾), pelvic obliquity(骨盤側傾), pelvic rotation(骨盤回旋)

連絡先 : 〒 889-1601 宮崎県宮崎郡清武町大字木原 4257-8 宮崎県立こども療育センター整形外科 柳園賜一郎
電話(0985)85-6500

受付日 : 平成 18 年 12 月 7 日

表 1. 時間距離因子

	神経学的 レベル	歩行速度 (m/s)	ストライド長 (m)	歩行率 (歩数/分)
正常		1.16 ± 0.13	1.18 ± 0.13	118.46 ± 3.86
症例 1	L4	0.80 ± 0.07	0.86 ± 0.07	114.01 ± 1.55
症例 2	L5	0.57 ± 0.04	0.62 ± 0.05	108.93 ± 2.12
症例 3	L5	0.79 ± 0.11	0.39 ± 0.09	126.65 ± 3.76
症例 4	S1	0.73 ± 0.05	0.40 ± 0.09	112.79 ± 2.73
症例 5	S1	0.93 ± 0.05	0.49 ± 0.25	113.38 ± 4.02

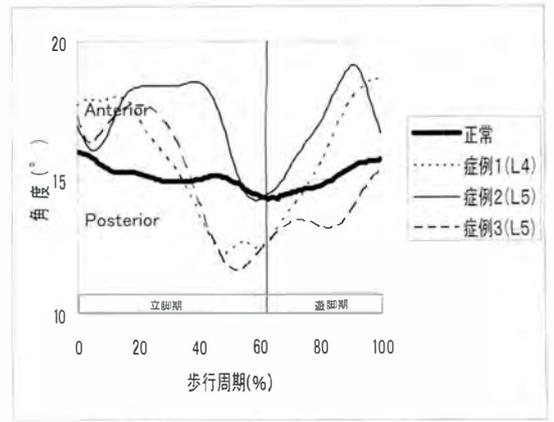


図 1. 骨盤前傾

L4 : 1 例, L5 : 2 例で立脚期の骨盤前傾増加

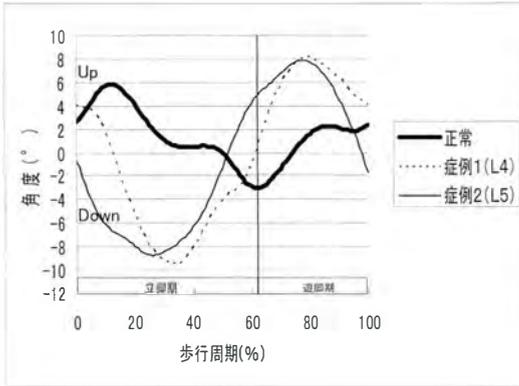


図 2. 骨盤側傾

L4 : 1 例, L5 : 1 例で立脚期での骨盤下制, 遊脚期での骨盤挙上

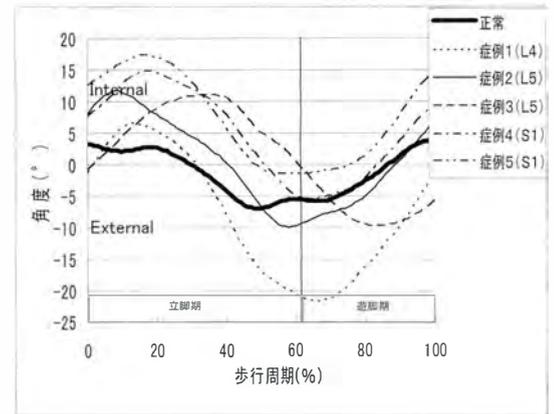


図 3. 骨盤回旋

全例で骨盤回旋可動域の増加

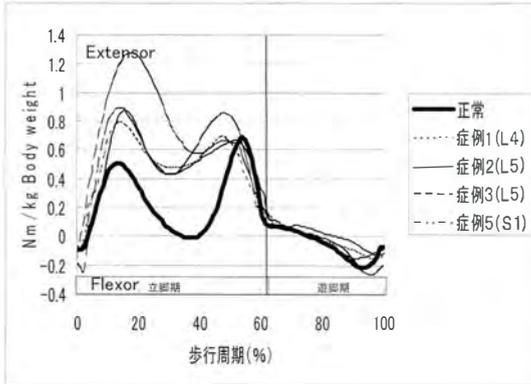


図 4. 膝関節モーメント

L4 : 1 例, L5 : 2 例, S1 : 1 例で立脚期での伸展モーメント増加

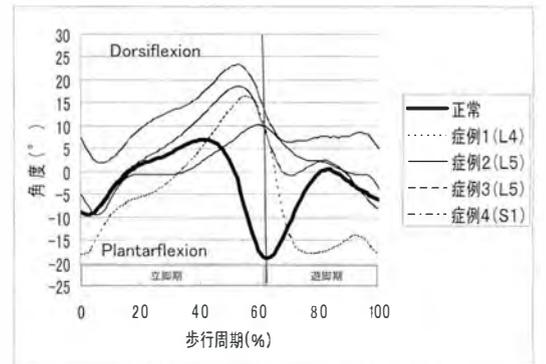


図 5. 足関節角度

L4 : 1 例, L5 : 2 例, S1 : 1 例で立脚期終わりから遊脚期にかけての背屈増加

は L5 レベルの 1 例を除き低下していた(表 1).

骨盤前傾の変化では, L4 レベル 1 例, L5 レベル 2 例に立脚期の骨盤前傾増加をみた(図 1). 骨盤側傾では L4 レベル 1 例, L5 レベル 1 例で立脚期の骨盤下制・遊脚期の骨盤挙上を呈した(図 2). 骨盤回旋では症例全例で骨盤回旋可動域の増加を認めた(図 3). 膝関節モーメントでは L4 レベル 1 例, L5 レベル 2 例, S1 レベル 1 例で立脚期の伸

展モーメント増加を呈した(図 4).

足関節の運動学的評価において L4 レベル 1 例, L5 レベル 2 例, S1 レベル 1 例で立脚期終わりから遊脚期にかけての背屈増加を認めた(図

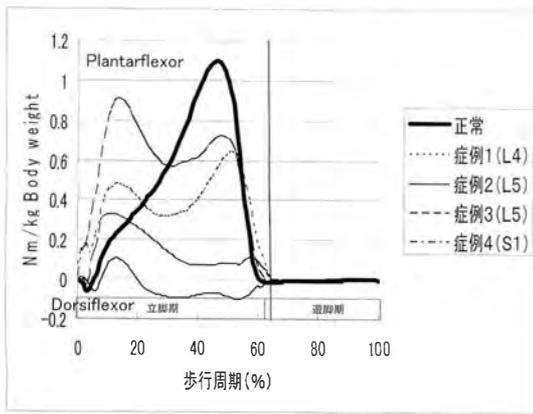


図 6. 足関節モーメント

L4 レベル：1 例，L5 レベル：2 例，S1 レベル：1 例で terminal stance での底屈モーメントの低下

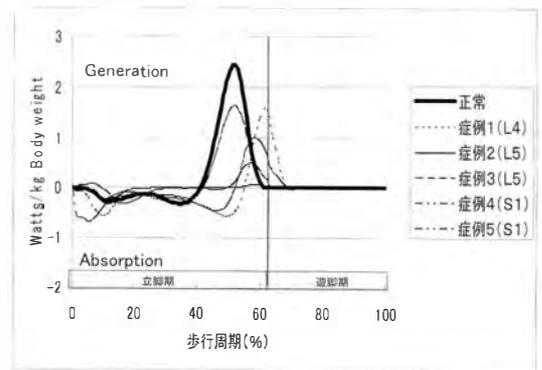


図 7. 足関節パワー

S1 レベル 1 例を除いて terminal stance でのパワー産生低下

5). 足関節モーメントでは L4 レベル 1 例，L5 レベル 2 例，S1 レベル 1 例で terminal stance での底屈モーメントの低下がみられた(図 6). 足関節パワーにおいては，全例で terminal stance でのパワー産生が低下していた(図 7).

考 察

二分脊椎患者歩行の特徴として Duffy ら³⁾は股関節伸展パワーの減少による骨盤前傾の増加をあげている。正常では initial contact から loading response にかけて股関節伸筋が活動し，慣性によって前方へ移動しようとする体幹を減速する。股関節伸筋不全があるとその減速ができず，骨盤は前傾する(図 8)。我々の症例では股関節伸筋が徒手筋力検査上全例 3 以上あったにもかかわらず，5 例中 3 例で立脚期の骨盤前傾増加をみた。

前額面での骨盤運動について Duffy ら³⁾は立脚期の骨盤下制，遊脚期の骨盤挙上を，Vankoski ら⁸⁾は骨盤側傾可動域が増加するとした。正常では重心からの下向きの力に対抗して股関節外転筋が活動するが，外転筋不全の患者においては体幹を立脚側に傾斜させ，重心が股関節直上を通るように調整する(図 8)。この pelvic hike と呼ばれる機構³⁽⁶⁾により遊脚下肢のクリアランスが確保される。今回 L4 レベル 1 例，L5 レベル 1 例で立脚期の骨盤下制・遊脚期の骨盤挙上を示したのはこの代償運動でクリアランスの確保を行っていると思われる。

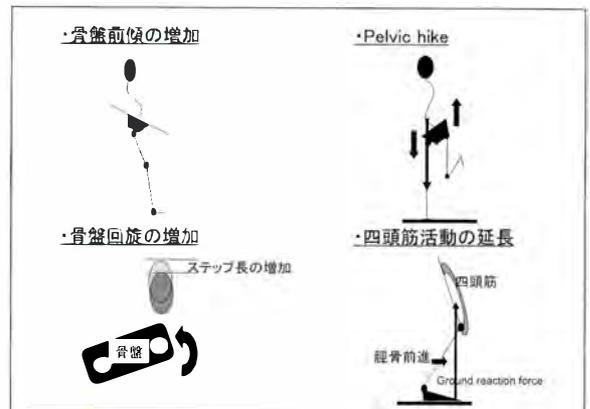


図 8. 二分脊椎患者における代償運動

横断面での骨盤運動について Fabry ら⁴⁾は足関節底屈筋力低下の代償として骨盤回旋が増加するとした。底屈筋力低下のため，下肢を推進させるには股関節屈筋を使って下肢を挙上させるか，骨盤を内旋させることで短縮したステップ長を代償する(図 8)。今回 5 例中全例で立脚期の骨盤内旋の増加をみた。

また矢状面での膝関節周囲に対する影響として Duffy ら³⁾は立脚期での膝関節伸展モーメント増加を挙げている。正常では下腿三頭筋によってコントロールされている loading response から mid stance にかけての脛骨前進が，底屈筋不全により脛骨が過剰に前進するため，床反力(ground reaction force)が膝関節の後方を通り，外的な屈曲モーメントが生じる。これに対抗するため四頭筋による伸展モーメントが必要となり四頭筋の活動延長が起こる⁵⁾(図 8)。立脚期伸展モーメントの増加を示した 5 例中 4 例では，立脚期に四頭筋の

活動が必要になり、歩行時の疲れやすさにつながると思われる。

足関節に関して、Fabryら⁴⁾は立脚期終わりから遊脚期にかけて背屈が増加し、立脚期の底屈・背屈モーメントの消失がみられるとした。足関節底屈筋力が温存されているS1レベルの2例においても、底屈モーメント、パワーともに正常と比べると低下しており、そのためより中枢の代償機能を使用していることが理解できた。

今回症例は少ないが、二分脊椎患者によく見られる代償運動として、代表的な4つの運動を特徴的な変化として歩行分析上とらえることができた。代償運動は二分脊椎患者が歩行する上で必要な動きである一方で、エネルギーを余分に消費し²⁾、歩行時の疲れやすさにつながると言われている。今後二分脊椎患者に対する治療効果を見る上でも歩行分析評価は重要なツールになると思われた。

まとめ

1) アニマ社製三次元歩行分析装置を用いて裸足歩行可能な二分脊椎患者5例に対し歩行分析を行った。

2) 正常データと比較し、神経学的レベルに応じて、骨盤前傾の増加、立脚期骨盤下制・遊脚期骨盤挙上、骨盤回旋可動域増加、立脚期膝関節伸

展モーメント増加という歩行可能な二分脊椎患者に特徴的な4つの所見が得られた。

文 献

- 1) Benjamin D. Roye : Neuromuscular disorders, Myelomeningocele, Pediatric orthopaedics Core knowledge in orthopaedics, 483-504, 2005.
- 2) Carolyn AM, Bahareh N, Robert AN et al : Energy cost of walking in low lumbar myelomeningocele. J Pediatr Orthop 21 : 388-391, 2001.
- 3) Duffy CM, Hill AE, Cosgrove AP et al : Three-dimensional gait analysis in spina bifida. J Pediatr Orthop 16 : 786-791, 1996.
- 4) Fabry G, Molenaers G, Desloovere K et al : Gait analysis in myelomeningocele : possibilities and applications. J Pediatr Orthop part B 9 : 170-179, 2000.
- 5) Gage JR : Treatment of gait problems in cerebral palsy, Mac Keith, London, 42-70, 2004.
- 6) Gutierrez EM, Bartonek A, Akerlind YH et al : Characteristic gait Kinematics in persons with lumbosacral myelomeningocele. Gait & posture 18 : 170-177, 2003.
- 7) 月城慶一, 山本澄子, 江原義弘ほか訳 : 観察による歩行分析, 医学書院, 東京, 9-16, 2005.
- 8) Vankoski SJ, Sarwark MD, Moore C et al : Characteristic pelvic, hip, and knee kinematic patterns in children with limbosacral myelomeningocele. Gait & posture 3 : 51-57, 1995.

Abstract

Gait Analysis for Ambulatory Patients with Spina Bifida

Taiichiro Yanagizono, M. D., et al.

Department of Orthopaedic Surgery, Miyazaki Prefectural Center for Handicapped Children

Spina bifida results from disturbance in the neural tube in which the tube has become closed. The resulting neurological deficit depends on the level or extent of the anatomical closure. Five ambulatory patients with spina bifida underwent three-dimensional gait analysis using the Anima system. Their ages ranged from 14 years 7 months to 22 years 11 months. There were 3 males and 2 females. The neurological level was decided according to Sharrard's classification. One patient was at L4, 2 were at L5, and 2 were at S1. Gait parameters and pelvic tilt, pelvic obliquity, pelvic rotation, and kinematic and kinetic data on the hip, knee and ankle joint were evaluated. We found some characteristic differences according to the neurosegmental level compared to our normal data. These were increasing pelvic tilt in the stance phase, pelvic elevation in the swing phase, increasing pelvic rotation range of motion, and moment of knee extension. It is important to understand the compensatory movement due to the muscle insufficiency in spina bifida patients.